

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 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 de Master en Sciences de la Mer

Spécialité : Ingénierie de l'environnement marin et côtier

Apport de la télédétection à la cartographie des herbiers de *Posidonia oceanica* le long des côtes algériennes

Présentée par :

Roumaïssa Braouni

Khaoula-Nour-El-Houda Moulgada

Soutenue le : 30 / 06 / 2024

Devant le jury composé de :

M. OTMANI Housseyn	MCA	ENSSMAL	Président
M ^{me} . HARID Romaïssa	MCB	ENSSMAL	Promotrice
M. MISRAOUI Ali	Doctorant	ENSSMAL	Co-promoteur
M ^{me} . KERAGHEL Mehdi	MCB	ENSSMAL	Examinatrice

Année Universitaire 2023 - 2024

Remerciement

C'est avec un plaisir particulier et un grand soulagement que nous rédigeons enfin nos remerciements, symbole de l'achèvement de notre projet de fin d'étude.

Il est évident que ceci n'est ni une liste exhaustive, ni un classement, mais juste nos remerciements adressés aux gens que notre mémoire n'occulte pas au moment de la rédaction de ces lignes. À toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont apporté une aide, un soutien, un réconfort, un encouragement : MERCI, MERCI, MERCI du fond du cœur !

Nos plus vifs et sincères remerciements s'adressent à :

M^{me} KERAGHEL M. et **M. OTMANI H.**, qui nous ont fait l'honneur de bien vouloir constituer notre jury de mémoire.

M^{me} HARID R., notre promotrice, pour sa disponibilité, ses encouragements, ses remarques judicieuses et l'aide scientifique qu'elle a su nous apporter tout au long de ce mémoire.

M. MISRAOUI A., notre Co-promoteur pour sa contribution à notre travail.

M^{me} MAOUEL D., La responsable de l'incubateur 'Blue Incubator' pour son engagement et son accompagnement dans la formation BMC.

À nos Chers **PARENTS** respectives pour leur soutien constant depuis le début de notre parcours et la confiance qu'ils nous ont témoignés.

Et au Personnel de la Bibliothèque et du service de Reprographie pour leurs aides et amitiés.

Dédicace

Quand toutes les portes se sont refermées quand mes étincelles se sont éteintes quand personne n'a su voir mes séquelles, tu as été là pour moi et sans Toi, je ne serai probablement pas ici aujourd'hui à écrire ces lignes. Alors, Merci **DIEU**, merci d'avoir été toujours là pour moi, même dans les jours les plus sombres !

اللهم لك الحمد حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه كما ينبغي لجلال وجهك ولعظيم سلطانك

À Mes Chères Parents,

Mes deux jolies branches, ultime ramification d'un arbre familiale séculaire qui aura accouché d'un fruit qui je l'espère vous a rendu si fière, à mes imperturbables à ceux qui m'ont appris le sens de la liberté et la responsabilité, ceux qui ont cru en moi et qui n'ont jamais perturbé mon chemin ni mes décisions, votre confiance est le plus beau cadeau qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui et même si je me force à le taire, Mes Chères parents Je vous aime plus que tous.

À Mes chers frangins,

Si le Bonheur se résumait à des personnes ça ne serait autre que vous **Soumia, Islem, Khalil et mon petit Chaton Riad** si je porte une âme drôle et vive c'est de vous que je l'ai appris.

À Mes Chers grands Parents

Maternelle et paternelle, à toute la famille **Benchehaima, Mes oncles et Mes tantes**, ceux dont le soutien et l'amour n'a jamais cessé depuis l'âge de mon insouciance.

À mon chef Mr Lyes Achouri pour son soutien et au cher ami de la famille Chegari Ahmed.

À Oum Loubna

Celle qui m'a comblé d'amour et qui a changé ma vie, à celle qui certes ne m'a pas porté dans son ventre mais dans son Cœur, à **ma mère**, celle qui je n'imagine pas ma vie sans elle, à **Oum Loubna** je t'aime beaucoup et à toi ma sœur de cœur **Loubna** et à mon oncle **Fouad**

A mes chers-es enseignants-es

Je remercie ma deuxième famille à l'école, mes chers Profs ceux avec qui j'ai tissé des liens très forts pendant ces 5 ans. Je remercie profondément **Pr. Grimes**, mon meilleur conseiller pour ces mots toujours aussi forts, ses conseils et nos échanges philosophiques. L'unique **Pr. Kacher** pour ses idées. Et l'irremplaçable **Mr Boukert** qui m'a transmis la passion de l'océanographie. **M^{me} Mehdid** pour sa gentillesse et son optimisme même dans les moments les plus durs. **M^{me} Mekhazeni Sadi9ati** pour son amitié et son soutien. **M^{me} Benzouai** qui a toujours su m'inspirer par sa force de résilience. **M^{me} Bentchikou**, ma deuxième mère. **M^{me} Amarouche** pour son profond respect et ses conseils. **M^{me} Salem Cherif** pour son aide et nos échanges et enfin à la plus belle rencontre, celle que je n'oublierai jamais et qui a été toujours là pour moi, ma meilleure prof **M^{me} Henda** MERCI!

À ma chère binôme Roumaïssa

Celle qui a supporté mes grains de folie et qui a partagé avec moi tous les épisodes d'émotions bonnes ou mauvaises, **Ma Braouni** qui m'a toujours épaté avec sa persévérance et sa créativité, notre union dans ce projet est la plus belle décision.

À ma meilleure amie Hanane

À celle qui m'a toujours ouvert ses bras quand j'en avais besoin, je regrette le temps perdu avant de t'avoir connu !!

À mes chers amis de la Promo

Selma & Mélissa, Hiba & Djebar, Bilal & Maroua, Mehdi, Rihem, Romi ma fidèle lectrice. À **Kenza & Nada** et **ma chère amie Souhila, Imen, Razane, Noa** et à tous les camarades qui m'aiment Merci d'avoir rajouter du goût à ma vie !!

Khaoula

Dédicace

À mes chers parents,

Je dédie ce travail à vous, mes chers parents. Vous êtes les piliers de ma vie et les sources de mon bonheur. **Papa**, ton amour inébranlable et ton soutien indéfectible m'ont toujours poussé à donner le meilleur de moi-même. **Maman**, Ta fierté envers moi a toujours été un phare brillant dans ma vie, illuminant chaque succès et réconfortant dans les moments difficiles. Grâce à vous, je suis la personne que je suis aujourd'hui. Ensemble, vous êtes mes héros, mes modèles, et je vous suis infiniment reconnaissante pour tout ce que vous faites et avez fait pour moi. Je vous aime plus que les mots ne pourront jamais l'exprimer.

À mon cher frère Bilal,

Tu as toujours été le génie dont j'ai rêvé de devenir un jour. Ta brillance et ton savoir-faire m'ont non seulement impressionnée, mais aussi profondément inspirée et motivée. Chaque fois que je me suis sentie dépassée, ton exemple m'a guidée et encouragée à persévérer.

À mes chères sœurs Asma, Hadjer, Imen et Sara

Votre soutien est le fil d'or qui tisse la trame de ma vie. Chaque fois que je ressens vos encouragements, je suis portée vers de nouveaux sommets. Votre fierté à mon égard est un cadeau précieux que je garde dans mon cœur, me rappelant que je ne suis jamais seule sur ce chemin. Merci pour tout ce que vous êtes et tout ce que vous faites.

À ma chère binôme Khaoula,

Depuis notre première rencontre, ta brillance et ta créativité m'ont toujours inspirée. Travailler ensemble sur ce projet de fin d'études a été la meilleure expérience pour moi. Merci pour ton soutien constant, ton intelligence et ta fidèle amitié.

A ma chère enseignante

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **M^{me} Benzouai** pour m'avoir inspirée à aimer la télédétection et la cartographie. Votre élégance, votre calme et votre passion ont rendu vos cours passionnants ont éveillé en moi un réel intérêt pour ce domaine.

À mes chers-es amis-es, Radia, Abir, Amani, Redouane et Yakoub,

Merci pour vos encouragements et votre présence. Les beaux moments et les sourires partagés pendant ces cinq années resteront gravés dans ma mémoire. Votre amitié a rendu cette aventure encore plus mémorable.

À mes cousines Chahinez et Maroua,

Merci d'être toujours là pour moi. Notre trio est un soutien précieux et irremplaçable. Votre présence illumine mes journées et chaque moment passé ensemble est un trésor.

À ma promo de 2019, spécialement à **Soria, Amina, Nawel, Hiba, Linda(Djebar), Melissa, Salma, Belsamine** et **Manou**, Merci pour tous merveilleux souvenirs que nous avons partagés ensemble.

Souzy (Roumaïssa)

Liste de figures

Figure 1- Éléments de base de la télédétection	21
Figure 2 Nature et propagation d'une onde électromagnétique(e-cours.univ-paris1.fr, 2024).....	22
Figure 3- Le spectre électromagnétique (alloprof.qc.ca, 2024)	22
Figure 4- Variation du coefficient d'absorption des composants optiquement significatifs en fonction de la longueur d'onde selon Gernez (2009)	25
Figure 5- Schéma descriptif de la cartographie.....	26
Figure 6 - Herbier de Posidonie	29
Figure 7- Distribution géographique de <i>Posidonia oceanica</i> en Méditerranée (Pergent et al., 2012)	30
Figure 8- Schéma descriptif de la morphologie de la posidonie (Baraud,2020)	31
Figure 9 - Conditions environnementales optimales pour la croissance de la posidonie (Julve,2021)	32
Figure 10 - Le rôle de la Posidonie (Arnaud Abadie, 2016a)	33
Figure 11- Pressions anthropiques exercées sur l'herbier à posidonie (Arnaud Abadie, 2016).....	34
Figure 12 - Carte de la zone d'étude (Les wilayas du littoral Algérien). Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org).....	38
Figure 13 - Climatologies mensuelles des températures de l'air dans les villes côtières en Algérie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), https://www.r-project.org/).....	39
Figure 14- Climatologies mensuelles des précipitations dans les villes côtières en Algérie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), https://www.r-project.org/).....	40
Figure 15 - Climatologies mensuelles des vents dans les villes côtières en Algérie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), https://www.r-project.org/).....	42

Figure 16 - Les Sources de pollution sur le littoral Algérien. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org)	44
Figure 17-Vitesse du courant dans le bassin Algérien (Harid, 2022). Les pixels gris à la côte représentent les valeurs manquantes.....	45
Figure 18 - La bathymétrie du Bassin Algérien (Harid, 2022).....	45
Figure 19 - Les étapes de téléchargement des images satellitaires sentinel 2	47
Figure 20 - Données in situ de la répartition de Posidonie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org)	48
Figure 21 - le processus du Sen2cor d'après Encarni Medina-Lopez, 2020	49
Figure 22 - les étapes de la correction atmosphérique avec le Sen2cor	49
Figure 23 - Les étapes du rééchantillonnage des données	50
Figure 24 - Téléchargement des images de SASPlanet	51
Figure 25 - Téléchargement des images de SASPlanet - la suite -	52
Figure 26 - La délimitation des polygones	53
Figure 27 - Réponse spectral de la posidonie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), https://www.r-project.org/)	55
Figure 28 - les étapes de la cartographie sur Qgis.....	56
Figure 29 - Dessin d'une carte sur Qgis.....	57
Figure 30 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Tlemcen. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org)	55
Figure 31 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Ain Temouchent. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org)	56
Figure 32 - La distribution de la posidonie dans la wilaya d'Oran. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org) ..	57
Figure 33 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Mostaganem. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), https://www.qgis.org)	58

Figure 34 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Chlef. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) .. 59

Figure 35 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Tipaza. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 60

Figure 36 - La distribution de la posidonie dans la wilaya d'Alger. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) .. 61

Figure 37 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Boumerdes. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 62

Figure 38 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Tizi Ouzou. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 63

Figure 39 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Béjaia. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 64

Figure 40 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Jijel. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) .. 65

Figure 41 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Skikda. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 66

Figure 42 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Annaba. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 67

Figure 43 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de El Tarf. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 68

Figure 44 - Prairie de Posidonie VS géomorphologie côtière. Les données du type de fond « sable/roche » ont été collectées à partir de Harid, 2022. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 70

Figure 45 - Prairie de Posidonie VS Sources de pollutions. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) 70

Figure 46 - Prairie de Posidonie VS courant marin (Harid, 2022). Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) .. 71

Figure 47 - Prairie de Posidonie VS Bathymétrie (Harid, 2022). Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>) .. 71

Liste des tableaux

Tableau 1- Classification de la Posidonie 30

Tableau 2- Morphologie de la Posidonie 31

Tableau 3 - Les caractéristiques du Satellite Sentinel 83

Liste des abréviations

TOA: Top Of Atmosphere

BOA: Bottom Of Atmosphere

RRS: Remote Sensing Reflectance

OLCI: Ocean and Land Colour Instrument

SLSTR: Sea and Land Surface Temperature Radiometer

ONM : Office Nationale de Météorologie

IR: InfraRouge

Sommaire	
Remerciement	2
Dédicace	3
Liste de figures	7
Liste des tableaux	11
Liste des abréviations	12
Sommaire	13
1 Introduction	18
2 Généralités	21
2.1 Télédétection	21
2.1.1 Les ondes électromagnétiques	21
2.1.2 Spectre électromagnétique	22
2.1.3 Résolution spatiale	23
2.1.4 Résolution spectrale	23
2.1.5 Résolution temporelle	23
2.1.6 Capteurs satellitaires	23
2.1.1 Réponse spectrale	24
2.1.2 Réflectance TOA (Top of Atmosphere)	25
2.1.3 Réflectance BOA (Bottom of Atmosphere)	25
2.1.4 RRS (Remote sensing reflectance)	25
2.2 Cartographie	26
2.2.1 SIG	27
2.2.2 Mode de représentation des données	27
2.3 Logiciels de traitement [télédétection \ cartographie \ statistique]	28
2.3.1 SNAP	28
2.3.2 QGIS	28

2.3.3	R.....	28
2.3.4	SASPlanet.....	28
2.4	Les menaces sur les écosystèmes côtiers en Algérie.....	29
2.5	L’herbier de Posidonie en Algérie.....	29
2.5.1	Posidonie	29
2.5.2	Les travaux de cartographie sur l’herbier de Posidonie en Algérie	34
2.5.3	Réponse spectrale de la Posidonie.....	34
3	Zone d’étude	36
3.1	Localisation géographique	36
3.2	Conditions climatiques	36
3.2.1	Températures de l’air	36
3.2.2	Précipitations	40
3.2.3	Vent.....	41
3.3	Sources de pollutions	43
3.4	Le courant algérien.....	43
3.5	Bathymétrie	43
4	Matériel et méthode	47
4.1	Données.....	47
4.1.1	Satellite	47
4.1.2	In Situ	48
4.2	Prétraitements des données satellitaires.....	48
4.2.1	Correction atmosphérique.....	48
4.2.2	Rééchantillonnage des données	50
4.3	Traitements des données	51
4.3.1	Le choix des polygones (pixel à posidonie).....	52
4.4	Réponse spectral de la posidonie	54

4.5	Cartographie de l’herbier sur la côte Algérienne.....	56
4.5.1	Extraction des pixels posidonie	56
4.5.2	Les étapes de la cartographie de l’herbier de posidonie sur Qgis	56
5	Résultats et discussion.....	57
5.1	Distribution de la Posidonie sur les côtes Algériennes	57
5.2	Prairie de Posidonie VS Climat de la région	69
5.3	Prairie de Posidonie VS géomorphologie côtière et sources de pollutions	69
5.4	Prairie de Posidonie VS courant marin et bathymétrie.....	70
	Conclusion.....	73
	Références bibliographiques	75
	Les Annexes	83
	Annexe 1	83
	Annexe 2.....	84
	Annexe BMC STARTUP.....	87
I.	<i>Premier axe : Présentation du projet</i>	89
–	1. L’idée de projet (la solution proposée) :.....	89
–	2. Les Valeurs suggérées	89
–	3. L’équipe.....	90
–	4. Les Objectifs du projet	90
–	5. Le planning de réalisation du projet :	90
–	<i>Deuxième axe : Aspects innovants</i>	91
1.	La nature de l’innovation	91
2.	Les domaines d’innovation	91
–	<i>Troisième axe : Analyse stratégique du marché</i>	92
–	1. Le segment du marché :.....	92
–	- <i>Entreprises de Navires commerciaux, de pêche et de plaisance</i>	92

– - <i>Organisations environnementales</i>	93
– - <i>Gouvernement et autorités portuaires</i>	94
– - <i>Autorités Portuaires</i>	94
– - <i>Agences et Autres Institutions</i>	94
– - <i>Entreprises de location de bateaux</i>	94
– 2. <i>La mesure de l'intensité de la concurrence</i> :.....	95
– 3. <i>La stratégie marketing</i> :	95
– <i>Quatrième axe : Plan de production et organisation</i>	96
– 1. <i>Le processus de production</i> :.....	96
– 2. <i>L'approvisionnement</i> :.....	96
– 3. <i>La main d'œuvre</i> :	96
– <i>Cinquième axe : Plan financier</i>	97
– . <i>Coûts et Charges</i>	97
– 2. <i>Chiffre d'Affaires</i>	97
– 3. <i>Revenus Publicitaires</i>	97
– 4. <i>Prévisions de Revenus sur 1 An</i>	97
5. <i>Estimations Financières pour l'Application Sidonia</i>	98
– <i>Estimations des Ventes de Produits Dérivés</i>	99
– <i>Total Annuel des Revenus des Produits Dérivés</i> :	100
– <i>Calcul du Chiffre d'Affaires Annuel</i>	100
Total des Revenus Annuels (Croissant)	102
Rentabilité Année 1 (Croissant)	102

Introduction

1 Introduction

La mer Méditerranée est un pôle important de biodiversité mondiale. Des écosystèmes côtiers vulnérables et endémiques sont présents le long de la plus grande partie de son littoral. Ces écosystèmes côtiers jouent un rôle important d'un point de vue écologique et économique.

Les écosystèmes côtiers et les herbiers qu'ils édifient, sont protégés par la loi en Algérie (Belloulou, B et al., 2023; Bougadoum, 2021) et par tous les pays riverains de la Méditerranée (López-Merino, et al., 2017). En 2015, l'Algérie a adopté la stratégie de gestion intégrée des zones côtières 2020-2030 qui vise à protéger l'environnement et la biodiversité côtière tout en garantissant une utilisation respectueuse de l'environnement.

Divers documents internationaux sur la protection des écosystèmes côtiers mentionnent de façon spécifique les herbiers de la Phanérogame marine *Posidonia oceanica* (Colloca & Garofalo, 2015; Denti et al., 2023) qui constitue entre la surface et ~ 40 m de profondeur, tout autour de la Méditerranée, de vastes herbiers sous-marins (D'Esposito et al., 2016; Tonielli et al., 2016).

La cartographie des herbiers est cruciale pour la gestion efficace des habitats côtiers végétalisés (Barrell et al., 2015). Elle fournit un ensemble de données fondamentales qui permettent de comprendre la dynamique de l'herbier et l'évaluation de sa santé, contribuant à la conservation et la planification de l'aménagement côtier (Roelfsema et al., 2014) et l'atténuation du changement climatique (Koedsin, W et al., 2016; Traganos et al., 2018).

En Algérie, il existe peu de travaux qui ont été réalisés sur la cartographie des herbiers marins englobant tout le littoral, notamment la posidonie. Elle a été étudiée sur des secteurs séparés et s'est concentré sur le secteur centre (Rende et al., 2020).

L'étude de la répartition des herbiers jumelée à la bathymétrie est complémentaire dans les écosystèmes côtiers. La bathymétrie dérivée des données satellites est une méthode permettant de gagner du temps pour cartographier les grandes eaux peu profondes, avec une précision de 96% pour la cartographie des habitats benthiques (Quilleuc et al., 2021). La répartition des herbiers marins est corrélée aux données bathymétriques, ce qui aide à prédire les zones où l'habitat est très convenable, en particulier dans les zones moins profondes (Fakiris et al., 2023).

Suite au manque notable des travaux sur la cartographie de posidonie, l'objectif de notre projet a été d'étudier la répartition de l'herbier de Posidonie sur toute la côte Algérienne et de comprendre sa régression ainsi que contribuer à la gestion efficace de cette ressource en établissant une cartographie complète et en se basant sur les images satellitaires. Notre étude fera l'objet de base de toute étude complémentaire sur la posidonie.

A partir de cette problématique nous avons établi un **BUISSNES MODEL CENVAS** (MODEL ECONOMIQUE) de notre projet conformément au guide de l'arrêté du 1275.

Cette étude est abordée dans quatre chapitres comme suit :

- Le 1^{er} chapitre introduit des connaissances de base portant sur la télédétection spatiale, la cartographie, ...etc.
- Le 2^{ème} chapitre présente la zone d'étude.
- Le 3^{ème} chapitre montre les techniques de traitement numérique d'images de télédétection visant à extraire les informations pertinentes à l'aide du logiciel SNAP ainsi que le travail effectué sur le logiciel QGIS pour la cartographie,
- Le 4^{ème} chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.
- Enfin, le travail est clôturé par une conclusion générale.

Généralités

2 Généralités

Ce chapitre introductif vise à aborder les diverses définitions relatives à l'herbier de Posidonie, ainsi que les concepts fondamentaux employés dans le domaine de la télédétection.

2.1 Télédétection

Le mot télédétection comme schématisé dans la Figure 1 peut être divisé en deux parties : Télé (à distance) et détection. La télédétection peut être définie comme l'ensemble des connaissances et des techniques permettant de déterminer certaines caractéristiques physiques et biologiques de points observés à partir de mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (Bersi, 2018; Marc, 2002).

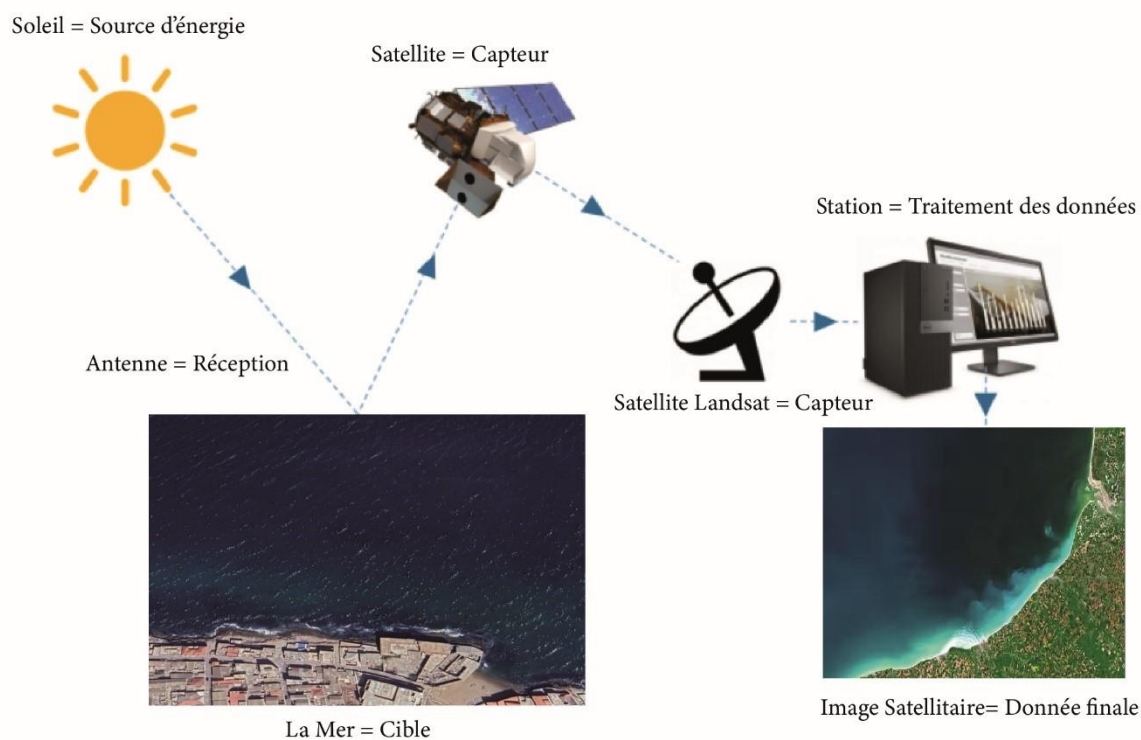


Figure 1- Éléments de base de la télédétection

2.1.1 Les ondes électromagnétiques

Une onde électromagnétique comporte à la fois un champ électrique et un champ magnétique oscillant à la même fréquence. Ces deux champs, perpendiculaires l'un par rapport à l'autre se propagent dans un milieu selon une direction orthogonale (Figure 2).

La propagation de ces ondes s'effectue à une vitesse qui dépend du milieu considéré. Dans le vide, la vitesse de propagation est égale à 3.10^8 m.s^{-1} (Bonn & Rochon, 1992).

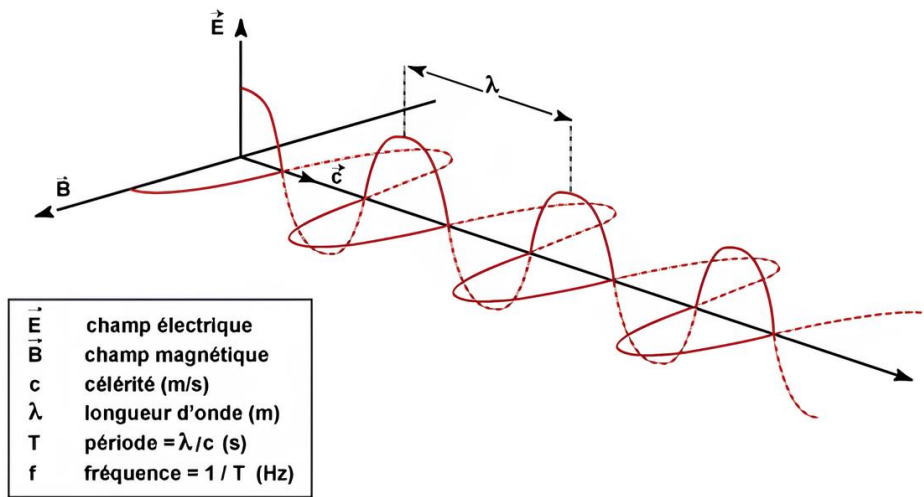


Figure 2 Nature et propagation d'une onde électromagnétique(e-cours.univ-paris1.fr, 2024).

2.1.2 Spectre électromagnétique

La lumière émise par le soleil est composée de plusieurs longueurs d'onde différentes, et l'ensemble de ces longueurs d'onde est appelé le spectre électromagnétique. Le spectre électromagnétique s'étend des longueurs d'onde les plus courtes (incluant les rayons gamma et les rayons X) aux longueurs d'onde les plus longues (Kaddar, 2022) (incluant les micro-ondes et les ondes radio de diffusion, voir Figure 3). Trois fenêtres spectrales sont principalement utilisées en télédétection spatiale :

- Le domaine du visible.
- Le domaine des infrarouges (proche IR, IR moyen et IR thermique).
- Le domaine des micro-ondes ou hyperfréquences.

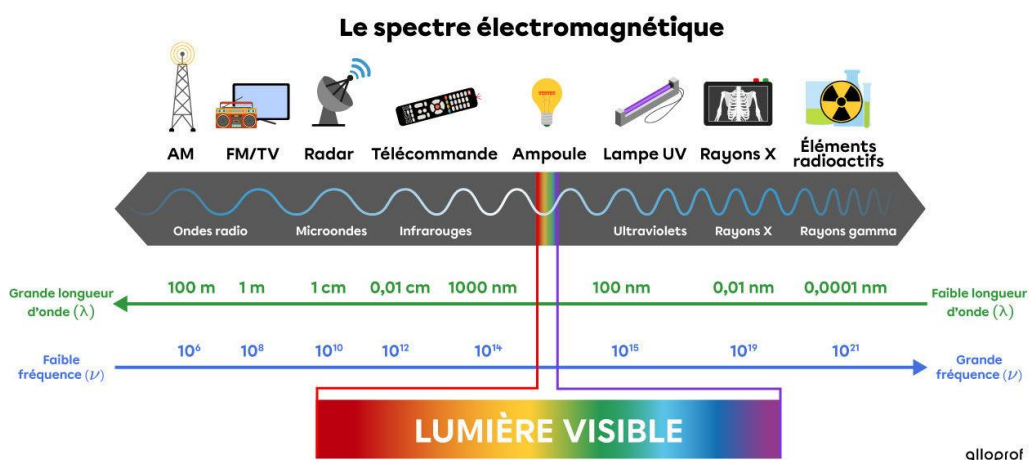


Figure 3- Le spectre électromagnétique (alloprof.qc.ca, 2024)

2.1.3 Résolution spatiale

La résolution spatiale d'une image de télédétection se réfère à la plus petite taille d'un objet qui peut être distinctement détecté et différencié par le capteur. Plus la résolution spatiale est élevée, plus les détails fins peuvent être discernés. Elle est souvent exprimée en termes de taille de pixel (González et al., 2014).

- Haute résolution spatiale 0.5 - 4 m
- Moyenne résolution spatiale 4 - 30 m
- Faible résolution spatiale 30 - 1000 m.

2.1.4 Résolution spectrale

La résolution spectrale est définie par le nombre de bandes d'un satellite, plus le nombre de bandes est important plus cette résolution est bonne. On peut classer les satellites de télédétection, suivant la résolution spectrale de leurs images, en trois types : Satellites à images multispectrales (généralement 4 à 30 bandes), satellites à images hyperspectrales (plus de 100 bandes) et enfin les satellites à images ultraspectrales (plus de 1000 bandes) (Bersi, 2018).

2.1.5 Résolution temporelle

La résolution temporelle dépend de l'orbite du satellite et de l'objectif de sa mission. C'est le temps que fait un satellite (généralement en unité de jour) pour qu'il repasse sur la même région (On parle aussi de la répétitivité). Plus ce temps est court plus la résolution temporelle est bonne (Bersi, 2018).

2.1.6 Capteurs satellitaires

Des capteurs satellitaires sont des instruments embarqués sur des satellites qui collectent des données sur la Terre et l'environnement spatial. Ils peuvent être classés en plusieurs types, tels que les capteurs passifs et actifs, et ils peuvent avoir des domaines spectraux variés, allant des ultraviolets aux infrarouges (Durand, 2022) (Voir Annexe 1).

2.1.6.1 Sentinel

La composante spatiale de Copernicus¹ a été établie comme l'une des infrastructures d'observation de la Terre les plus vastes et les plus performantes au monde. Avec six satellites performants mis en orbite², le système a évolué à un rythme époustouflant. Il couvre Sentinel-1A ; Sentinel-2A et 2B ; Sentinel-3 (terre) et Sentinel-5P (*Copernicus.eu*, 2024).

La composante spatiale de Copernicus comprend actuellement la série suivante de missions Sentinel :

- Sentinel-1 : Imagerie radar haute résolution
- Sentinel-2 : Imagerie multi-spectrale haute résolution
- Sentinel-3 : imagerie multi-spectrale et altimétrie à moyenne résolution
- Sentinel-4 : Surveillance de la composition atmosphérique depuis l'orbite géostationnaire
- Sentinel-5 et précurseur Sentinel-5 : Surveillance de la composition atmosphérique à partir d'orbite terrestre basse
- Sentinel-6 Michael Freilich : Mission d'altimètre radar de haute précision (Copernicus Space Component Mission Management Team, 2021).

2.1.1 Réponse spectrale

La réponse spectrale se définit comme la manière spécifique dans laquelle un matériau ou un objet interagissent avec les différentes longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique lumineux (Marc, 2002). Cette propriété caractérise les fluctuations observées dans la réflexion, l'émission ou l'absorption (Figure 4) de la lumière en fonction de sa longueur d'onde. De plus, chaque substance présente une réponse spectrale distincte, susceptible d'être quantifiée grâce à des appareils tels que les spectromètres.

¹ Copernicus : C'est la composante d'observation de la Terre du programme spatial de l'Union européenne, qui s'intéresse à notre planète et à son environnement au profit de tous les citoyens européens (*Copernicus.eu*, 2024).

² Orbite satellitaire : l'orbite est la trajectoire suivie par un engin autour d'un astre en passant toujours par son équateur. L'orbite d'un satellite est écrite de la manière suivante : périégée x apogée ; inclinaison (durée). Le périégée est le point le plus proche de l'astre survolé et l'apogée est le point le plus éloigné. L'inclinaison est l'angle décrit par l'orbite par rapport à l'équateur, sachant que la ligne équatoriale est à une inclinaison de 0° (Philippe, 2017).

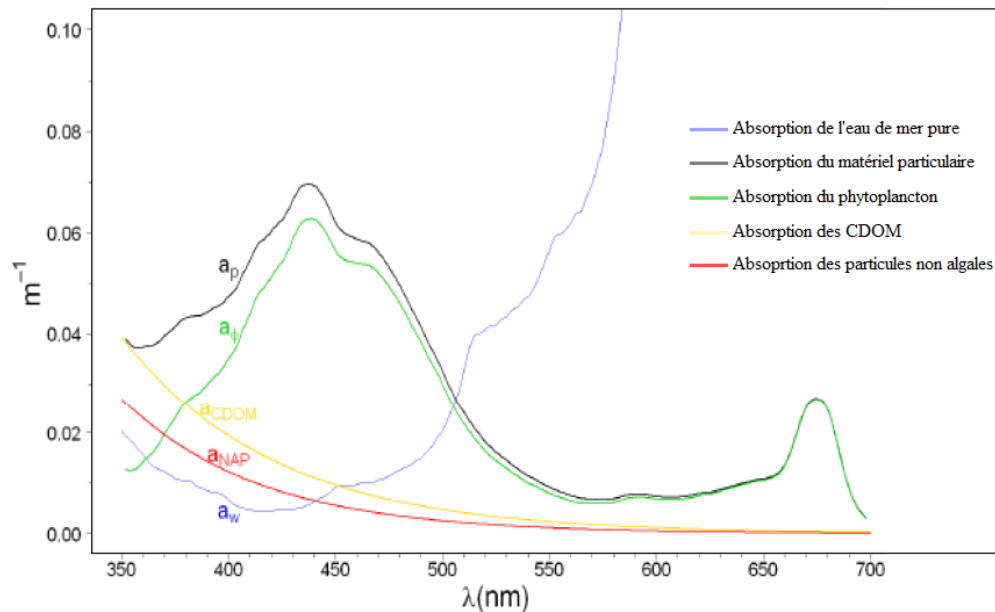


Figure 4- Variation du coefficient d'absorption des composants optiquement significatifs en fonction de la longueur d'onde selon Gernez (2009)

2.1.2 Réflectance TOA (Top of Atmosphere)

La réflectance au sommet de l'atmosphère est une mesure brute de la lumière réfléchiée par la surface terrestre (Encarni, 2020). Cette donnée brute n'est pas directement utilisable pour des analyses précises en raison des interactions de la lumière avec l'atmosphère, ce qui peut introduire des distorsions et des variations non représentatives des caractéristiques réelles de la surface (Medina-Lopez, 2020).

2.1.3 Réflectance BOA (Bottom of Atmosphere)

La réflectance au bas de l'atmosphère est la réflectance corrigée des effets atmosphériques, prenant en compte la diffusion et l'absorption de la lumière par l'atmosphère (Encarni, 2020). Cette correction vise à éliminer les distorsions causées par l'atmosphère pour obtenir une mesure plus précise de la réflectance de la surface terrestre (Medina-Lopez, 2020).

2.1.4 RRS (Remote sensing reflectance)

La réflectance de télédétection (R_{rs}) est liée aux propriétés optiques inhérentes à l'eau et à ses constituants dissous et particulaires. R_{rs} est calculé par le rapport entre l'irradiance normalisée³ à la sortie de l'eau et l'irradiance solaire descendante (NOAA CoastWatch East Coast Node,

³ Irradiance normalisée : est un concept utilisé pour comparer les niveaux d'irradiance (puissance de rayonnement solaire reçue par unité de surface) en tenant compte des variations dues à des facteurs tels que la position du soleil, les conditions atmosphériques, et l'angle d'incidence du rayonnement

2024). Cette grandeur est essentielle pour évaluer les propriétés optiques de l'eau, telles que la concentration en sédiments, en chlorophylle, ou d'autres constituants dissous et particulaires, permettant ainsi de caractériser la qualité de l'eau et d'étudier les processus océanographiques (Merzougui et al., 2016).

2.2 Cartographie

La cartographie a pour but la représentation de la Terre sous une forme géométrique et graphique grâce à la conception, la préparation et la réalisation de cartes. La cartographie est à la fois une science, un art et une technique. La carte, qui en est la finalité tend à se rapprocher de la vérité avec une certaine beauté (Figure 5). Avant de réaliser une carte, il faut acquérir les techniques et les procédés de traitement, qui permettent de comprendre et d'analyser les informations géographiques, cartographiques ou satellitaires (Figure 5). La cartographie est une expression sous forme d'une carte de la distribution des sols, des fonds marins et leur variabilité spatiotemporelle (texture, structure), ainsi que les relations avec les autres éléments du milieu.

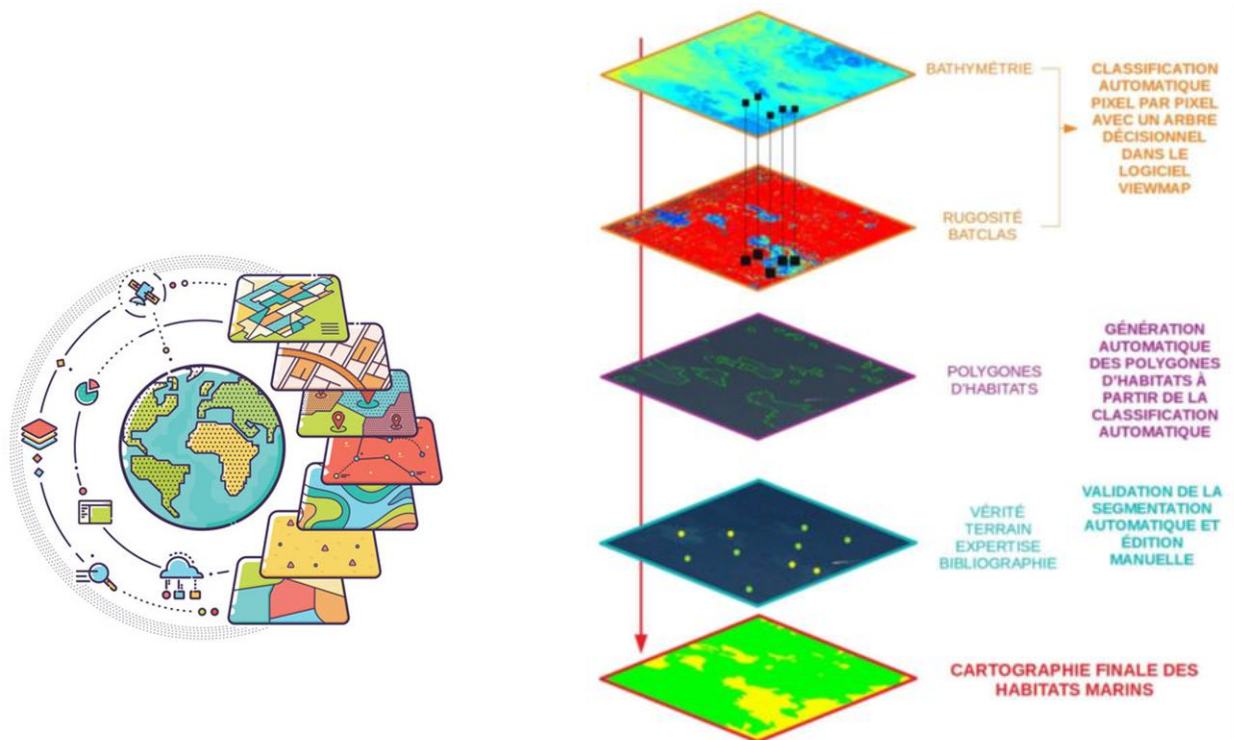


Figure 5- Schéma descriptif de la cartographie

2.2.1 SIG

Le SIG est un Système d'Information Géographique permettant d'organiser et de présenter des données alphanumériques⁴ spatialement référencées. Le SIG permet aussi d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données géographiques sous forme de plans et cartes.

2.2.2 Mode de représentation des données

Le mode raster et vecteur sont des modes de représentation d'une donnée, il est possible de convertir une image d'un format à l'autre mais des données peuvent être perdues.

2.2.2.1 Mode Raster

Les données raster sont représentées sous forme d'une grille de pixels de taille régulière, ce qui permet de modéliser efficacement des informations géographiques continuellement variables. La taille des pixels d'un raster détermine sa résolution spatiale, influençant ainsi la précision des détails capturés (QGIS.org, 2024).

Les rasters peuvent être divisés en plusieurs types :

- **Image en niveaux de gris** : une image avec une seule bande, souvent utilisée pour des applications telles que la télédétection.
- **Image multi-bandes** : une image avec plusieurs bandes, souvent utilisées pour des applications telles que la classification des couleurs et la détection de changements dans les paysages.

2.2.2.2 Mode Vecteur

Le mode vectoriel est une forme de représentation des données géographiques qui utilise des objets géométriques tels que **des points, des lignes et des polygones**. Chaque objet géométrique est associé à des coordonnées géographiques pour localiser l'objet dans l'espace, ainsi qu'à des attributs pour fournir des informations supplémentaires et le choix du type de géométrie dépend de l'échelle, de sa commodité et de l'objectif des données dans le SIG (QGIS.org, 2024).

Les vecteurs peuvent être divisés en plusieurs types :

⁴ Alphanumériques : Les données alphanumériques font référence à toute information qui contient des lettres et des chiffres. Dans un SIG les données alphanumériques incluent souvent des informations descriptives et quantitatives associées aux entités géographiques

- **Point** : un point est représenté par un couple de coordonnées x, y dans un fichier de forme. Il est souvent utilisé pour représenter des maisons ou des poteaux.
- **Ligne** : une ligne est une chaîne de cellules connectées possédant la même valeur. Elle est souvent utilisée pour représenter des entités linéaires telles que des routes ou des rivières.
- **Polygone** : un polygone est un groupe de cellules contiguës de même valeur représentant la forme d'une zone. Il est souvent utilisé pour représenter des entités géométriques telles que des zones urbaines ou des forêts.

Il est important de noter que la plupart des applications SIG n'autorisent pas le mélange de différents types de géométrie dans une même couche. La numérisation est un processus de création de données vecteur qui consiste à dessiner les entités dans une application SIG.

2.3 Logiciels de traitement [télédétection \ cartographie \ statistique]

2.3.1 SNAP

SNAP, développé par l'Agence Spatiale Européenne (ESA), est un logiciel open-source destiné au traitement et à l'analyse d'images provenant de satellites d'observation de la Terre. Il joue un rôle prépondérant dans le domaine de la télédétection en facilitant la manipulation, l'organisation et le traitement de données satellites, notamment en ce qui concerne le traitement d'images radar issues des satellites Sentinel-1.

2.3.2 QGIS

QGIS est un Système d'Information Géographique (SIG) convivial distribué sous licence publique générale GNU. C'est un projet officiel de la fondation Open Source Geospatial (OSGeo). Il est compatible avec Linux, Unix, Mac OS X, Windows et Android et intègre de nombreux formats vecteur, raster, base de données et fonctionnalités (QGIS.org, 2024).

2.3.3 R

Le langage de programmation R est un environnement logiciel libre utilisé pour le calcul statistique, l'analyse, le traitement et la manipulation de données et de graphiques. Il est largement utilisé par les statisticiens, les chercheurs et les professionnels de l'analyse de données (Raphaël, 2019).

2.3.4 SASPlanet

SASPlanet est un programme conçu pour visualiser et télécharger des images satellites haute résolution et des cartes conventionnelles soumises par des services tels que Google Maps, DigitalGlobe, Kosmosnimki, Yandex.Maps, Yahoo! Cartes, VirtualEarth, Gurtam,

OpenStreetMap, eAtlas, cartes Genshtab, cartes iPhone, cartes Navitel, Bings Maps (Bird's Eye), ... (Sasgis.org, 2024).

2.4 Les menaces sur les écosystèmes côtiers en Algérie

L'Algérie possède une biodiversité et une flore arborescente relativement riche (Meddour et al., 2021), qui reste malgré tout vulnérable aux périls qui la mettent en danger. Les principales menaces qui pèsent sur les écosystèmes côtiers en Algérie sont la perte et la dégradation des habitats, la pollution, la surexploitation, l'introduction d'espèces, le changement climatique mondial, les perceptions humaines erronées et les complexités juridiques (Suchanek, 1994).

2.5 L'herbier de Posidonie en Algérie

Les herbiers de *Posidonia oceanica* le long de la côte ouest algérienne sont en bon état de santé (Bentaallah et al., 2023). Les herbiers du littoral de la région centre algérienne sont caractérisés par un statut écologique généralement bon et cela en dépit des pressions anthropiques qui caractérisent la région (Sengouga, 2017). Dans l'Est aussi l'herbier se caractérise par une bonne vitalité (Hamimeche et al., 2015).

2.5.1 Posidonie

Posidonia oceanica (Figure 6) est une magnoliophyte⁵ marine (Viridiplantae) endémique⁶ de la Méditerranée. Elle prospère entre la surface de la mer 0 m et une profondeur de 30 à 40 mètres, formant ainsi d'importantes prairies sous-marines (Mayot, et al, 2006).



Figure 6 - Herbier de Posidonie

⁵ Magnoliophyte : Plante à fleurs sous-marine

⁶ Endémique : spécifique à la région

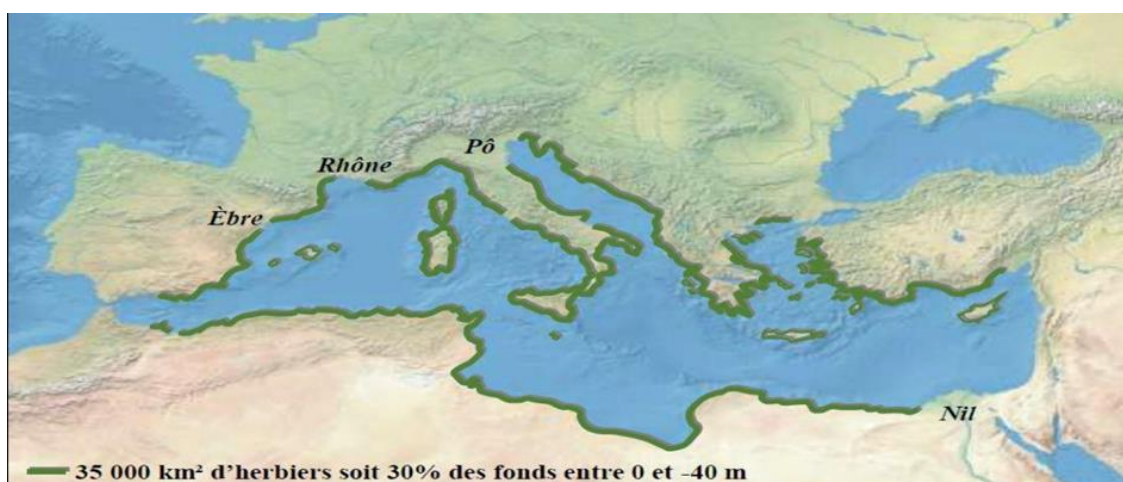


Figure 7- Distribution géographique de *Posidonia oceanica* en Méditerranée (Pergent et al., 2012)

L'herbier occupe entre 1 et 2 % des fonds marins de la Méditerranée (Figure 7), avec une superficie estimée à environ 37 000 km² (Rico-ramondino,1995 ; Pasqualini *et al.*,1998). Il représente le peuplement benthique principal (Molinier et Picard, 1956).

2.5.1.1 Systématique

Kuo & Den Hartog, (2001) ont classé *Posidonia oceanica* comme suit :

Tableau 1- Classification de la Posidonie

<u>Règne</u>	<i>Plantae</i>
<u>Phylum</u>	<i>Chlorophyta</i>
<u>Embranchement</u>	<i>Magnoliophyta</i>
<u>Classe</u>	<i>Liliopsida</i>
<u>Sous-classe</u>	<i>Alismatidae</i>
<u>Ordre</u>	<i>Potamogetonales</i>
<u>Famille</u>	<i>Posidoniacea</i>
<u>Genre</u>	<i>Posidonia</i>
<u>Espèce</u>	<i>Posidonia oceanica</i>

2.5.1.2 Morphologie

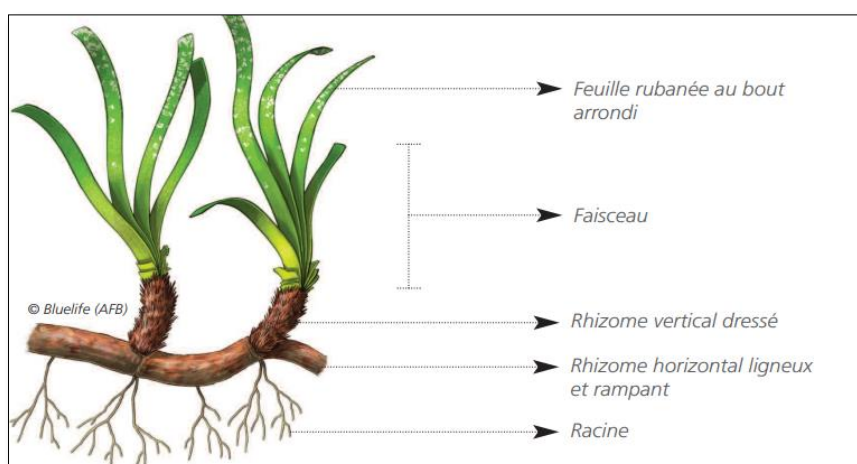


Figure 8- Schéma descriptif de la morphologie de la posidonie (Baraud,2020)

Le Tableau 2 ainsi que la Figure 8 résume la morphologie de *Posidonia oceanica*.

Tableau 2- Morphologie de la Posidonie

Teinte	vert foncé avec des fibres roussâtres, fleurs verdâtres, rhizomes bruns, fruits vert foncé
Feuilles	en forme de ruban au bout arrondi, engainantes (entoure la tige), 6-10 mm de large et 20 à 100 cm de long, 10-13 nervures, groupées par 4-8 en faisceaux sur les rhizomes
Inflorescence	Cyme bipare, groupées par 2 à 10 sur un pédoncule radical aplati et long (15-25 cm)
Fruit	Charnu, ressemblant à une olive lisse (contenant une graine)
Rhizome	Ligneux et rampant (horizontal), 1-2 cm d'épaisseur, s'y développent des rhizomes dressés (verticaux) et des racines.

2.5.1.3 Exigences écologiques et distribution de l'herbier en Algérie

L'herbier de posidonie comme toute autre espèce a des exigences écologiques et climatiques nécessaires à sa croissance comme le montre la Figure 9 qui représente l'optimum de tous les paramètres selon (Julve, 2021).

En Algérie, les herbiers de Posidonie sont répartis inégalement le long de la côte. La Magnoliophyte constitue l'un des plus significatifs écosystème de la mer Méditerranée, jouant ainsi un rôle écologique, géologique et économique majeur dans les zones côtières (Boudouresque & Meinesz, 1982).

En raison de sa sensibilité, la Posidonie est couramment utilisée comme indicateur biologique de la qualité des eaux côtières, comme la transparence et les concentrations de nutriments.

La dernière carte détaillée de la répartition des herbiers à *Posidonia Oceanica* en Méditerranée occidentale (Telesca et al., 2015) montre la côte ouest de l'Algérie comme un littoral sans données. Les quelques études traitant de la caractérisation de l'espèce ont été concentrées dans la partie centrale des côtes algériennes (Semroud et al., 1992).

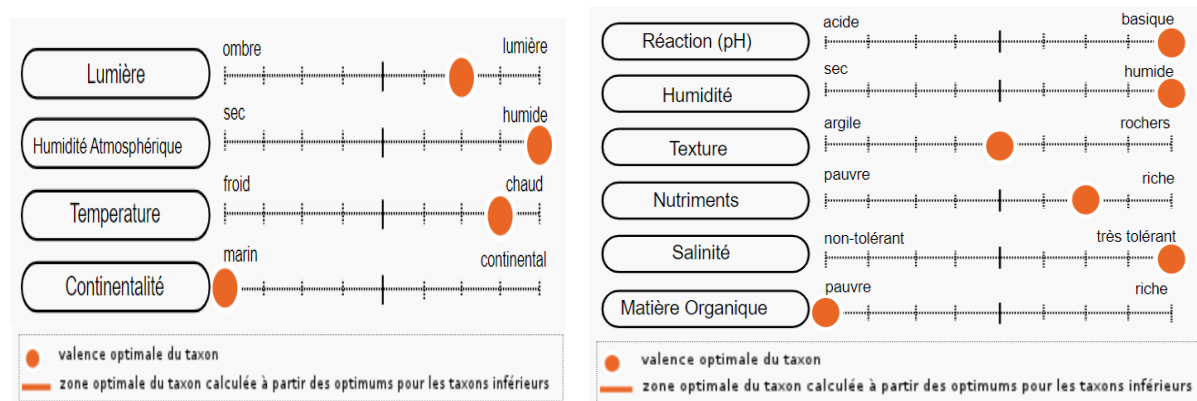


Figure 9 - Conditions environnementales optimales pour la croissance de la posidonie (Julve,2021)

2.5.1.4 Importance écologique et économique

Les herbiers de posidonie constituent un écosystème majeur, et comptent parmi les composants les plus utiles (Platini, 2000) et productifs de la biosphère (Den Hartog, 1979) Pergent et al., 1997; Vela, 2006). La Figure 10 résume bien le rôle des banquettes et de l'herbier. Ils assurent une production importante d'oxygène au niveau du sédiment (Terrados et al., 1999) et de la canopée⁷ (Vela, 2006).

Ils forment une barrière qui atténue l'énergie cinétique des particules, qui se déposent plus rapidement, et contribuent ainsi à améliorer la clarté de l'eau, réduire l'hydrodynamisme et ainsi protéger les côtes de l'érosion (Grissac & Boudouresque, 1985 ; Vela, 2006).

Le bon fonctionnement de ces écosystèmes permet la conservation d'intérêts économiques majeurs (Platini, 2000 ; Costanza et al., 1999 ; Duarte, 2000), notamment halieutiques et touristiques (Vela, 2006).

⁷ Canopée : la partie supérieure des herbiers de posidonie

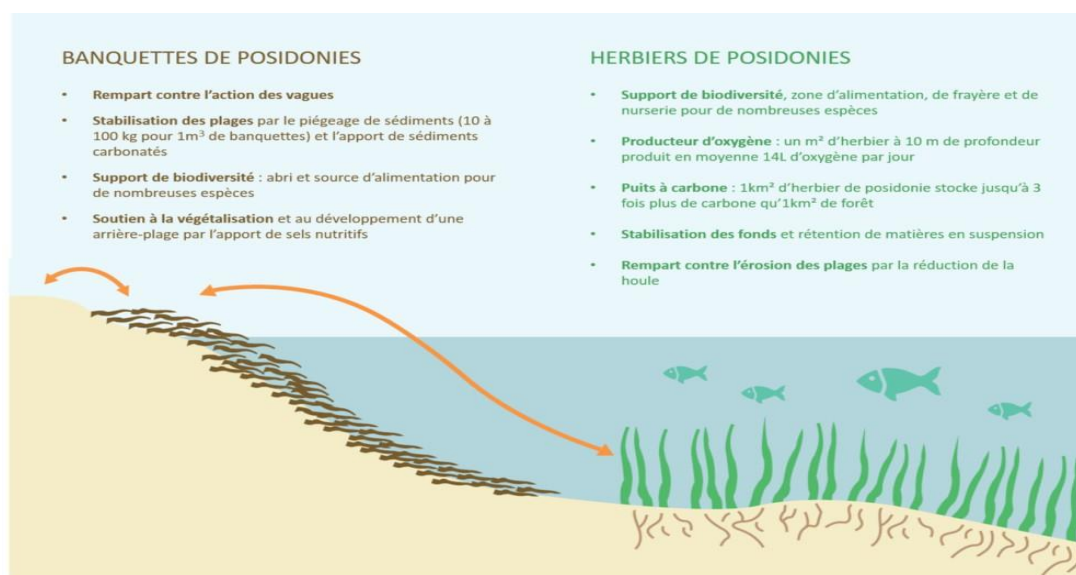


Figure 10 - Le rôle de la Posidonie (Arnaud Abadie, 2016)

2.5.1.5 Vulnérabilité de l'herbier

Les herbiers à Posidonie sont soumis à de nombreuses pressions anthropiques voir (Figure 11) qui impactent gravement la structure et le fonctionnement de ces écosystèmes, de manière directe ou indirecte, au travers de modifications environnementales et notamment des conditions de lumière, des concentrations en nutriments et de la dynamique sédimentaire. Elles sont matérialisées par :

L'aménagement du littoral (constructions d'habitations, d'infrastructures portuaires, endigages⁸, modification, création de plages artificielles, pose de câbles sous-marins (Daby, 2003 ; Ruiz & Romero, 2003; Vela, 2006). Le chalutage et mouillage des bateaux (Pasqualini et al., 1999 ; Walker et al., 1989; Francour, 2000; Borum et al., 2004).

Le chalutage provoque une abrasion du fond, la remise en suspension des sédiments, la destruction d'espèces non commerciales et donc des modifications à long terme des communautés benthiques (C. F. Boudouresque, 1996). Le mouillage peut être de plusieurs types (e.g. par ancres, corps morts isolés, corps morts et chaînes mères) et s'accompagne de l'arrachage des faisceaux, de l'abrasion des mattes, de phénomènes d'affouillements au niveau des structures immergées et d'un remaniement du substrat (Porcher, 1984). Les ancres de bâtiments commerciaux de grand tonnage peuvent induire de profondes cicatrices dans les herbiers (Platini, 2000).

⁸ Endigages : ouvrages de protection contre la mer, tels que les digues, les épis ou les brise-lames, construits sur le littoral

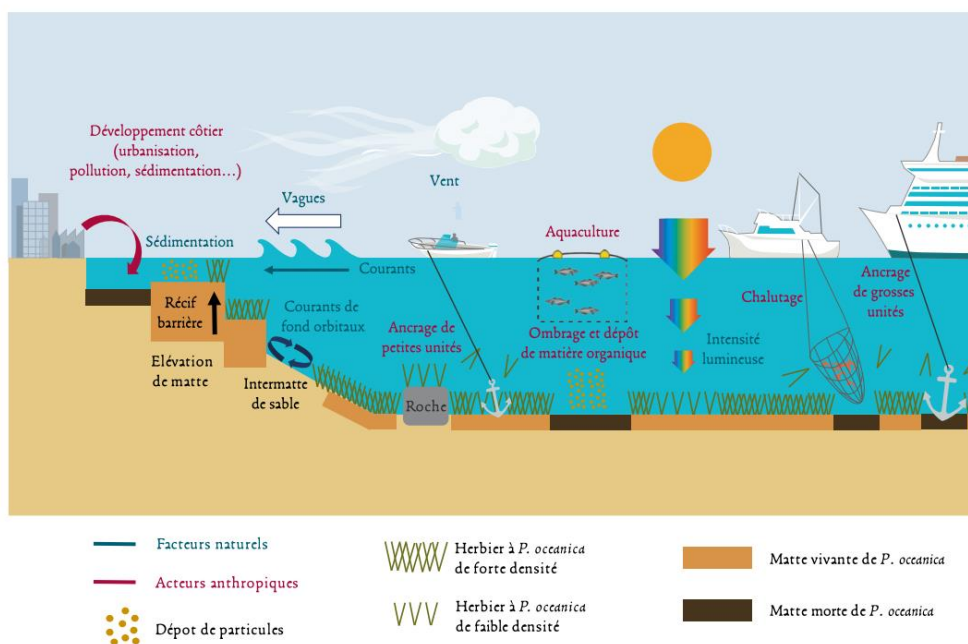


Figure 11- Pressions anthropiques exercées sur l'herbier à posidonie (Arnaud Abadie, 2016)

2.5.2 Les travaux de cartographie sur l'herbier de Posidonie en Algérie

Les études cartographiques de *Posidonia oceanica* ont principalement été menées, autour de la baie d'Alger et les régions avoisinantes. Ces recherches se concentrent souvent sur la cartographie des herbiers pour comprendre leur distribution et évaluer les impacts des activités humaines (Rende et al., 2020), voir Annexe 2.

2.5.3 Réponse spectrale de la Posidonie

Dans les eaux claires, la réponse spectrale de *Posidonia oceanica* peut être déterminée à une profondeur d'environ 15 mètres à l'aide de l'imagerie multispectrale (Fornes et al., 2006).

Zone d'étude

3 Zone d'étude

Le présent travail porte sur le bassin algérien, la zone d'étude s'étend du secteur Est à l'Ouest passant par la zone centre du littoral algérien.

3.1 Localisation géographique

Le bassin algérien est localisé au sud du bassin occidental méditerranéen entre 35°N à 40°N de latitude et 2°W à 8,7° E de longitude. Il est situé à l'Est de la Mer d'Alboran, entre l'Algérie au Sud, les Iles Baleares au Nord-Ouest et la Sardaigne au Nord-est (Benzohra & Millot, 1995), voir (Figure 12). Durant notre étude, afin de mieux interpréter nos résultats, nous avons divisé le littoral en 2 secteur. Le secteur **Est** qui commence par la wilaya d'El Taref et s'arrête à Boumerdes et le secteur **Ouest** qui commence par la wilaya d'Alger et se termine par Tlemcen.

3.2 Conditions climatiques

Le changement climatique, y compris l'augmentation de la température de surface de la mer et la diminution des précipitations, peut affecter les cycles de croissance de posidonie (Peirano et al., 2011). Ce chapitre introduit une série temporelle de 33 ans de 3 paramètres différents qui peuvent avoir un impact sur la croissance de l'herbier. Nous avons saisi les données de climatologie depuis le site espagnole **Tutiempo.net** sachant que le site achète tous ses données récentes qui concerne l'Algérie à l'office Nationale de météorologie (**ONM**).

3.2.1 Températures de l'air

La série temporelle de 1990 à 2023 des températures de l'air des villes côtières de l'Algérie est représentée sous forme de climatologie mensuelle sur la Figure 13.

Les températures de l'air de la Wilaya de **Tlemcen** révèlent une variabilité saisonnière marquée par une augmentation de la température en période d'été avec un maximum de 26,54°C observé au mois d'Août et une diminution nette en saison hivernale jusqu'à un minimum de 10,77°C observé au mois de janvier. Des valeurs pratiquement similaires sont observées à la Wilaya d'**Oran** et la wilaya d'**Alger**.

Les températures de l'air de la Wilaya d'**Annaba** révèlent une variabilité saisonnière marquée par une augmentation de la température en période d'été avec un maximum de 25,95°C, le pic étant observé au mois d'Août et une diminution nette en saison hivernale jusqu'à un minimum de 11,17°C observé au mois de janvier. Des valeurs pratiquement similaires sont observées à la Wilaya de **Jijel** et la wilaya de **Bejaia**. En revanche, les autres Wilayas côtières [**Chelif**, **El Tarf**, **Tizi Ouzou**] n'ont pas les mêmes valeurs du maximum et du minimum en raison des

valeurs manquantes qui sont dans la série temporelle. Cependant, nous n'avons pas représenté les climatologies mensuelles des températures de l'air de la wilaya de **Tipaza**, wilaya de **Skikda**, wilaya d'Ain **Timouchent** et la wilaya de **Mostaganem** en raison de l'accès très limité [n'est pas open source] aux données ONM.

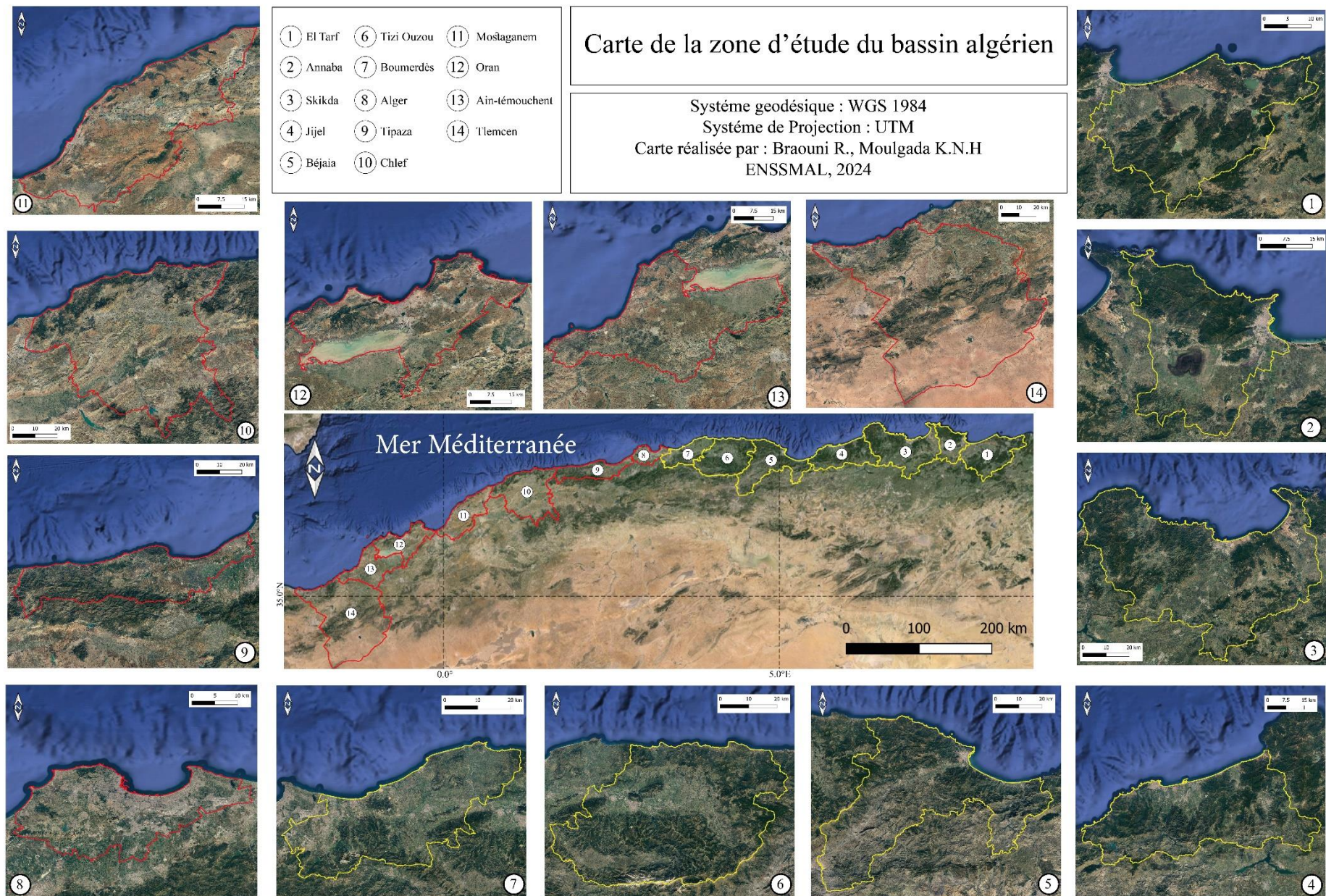


Figure 12 - Carte de la zone d'étude (Les wilayas du littoral Algérien). Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

D'après les résultats représentées dans la Figure 13, la variabilité spatio-temporelle des températures de l'air des villes côtières de l'Algérie est pratiquement faible caractérisée par une saisonnalité de la région.

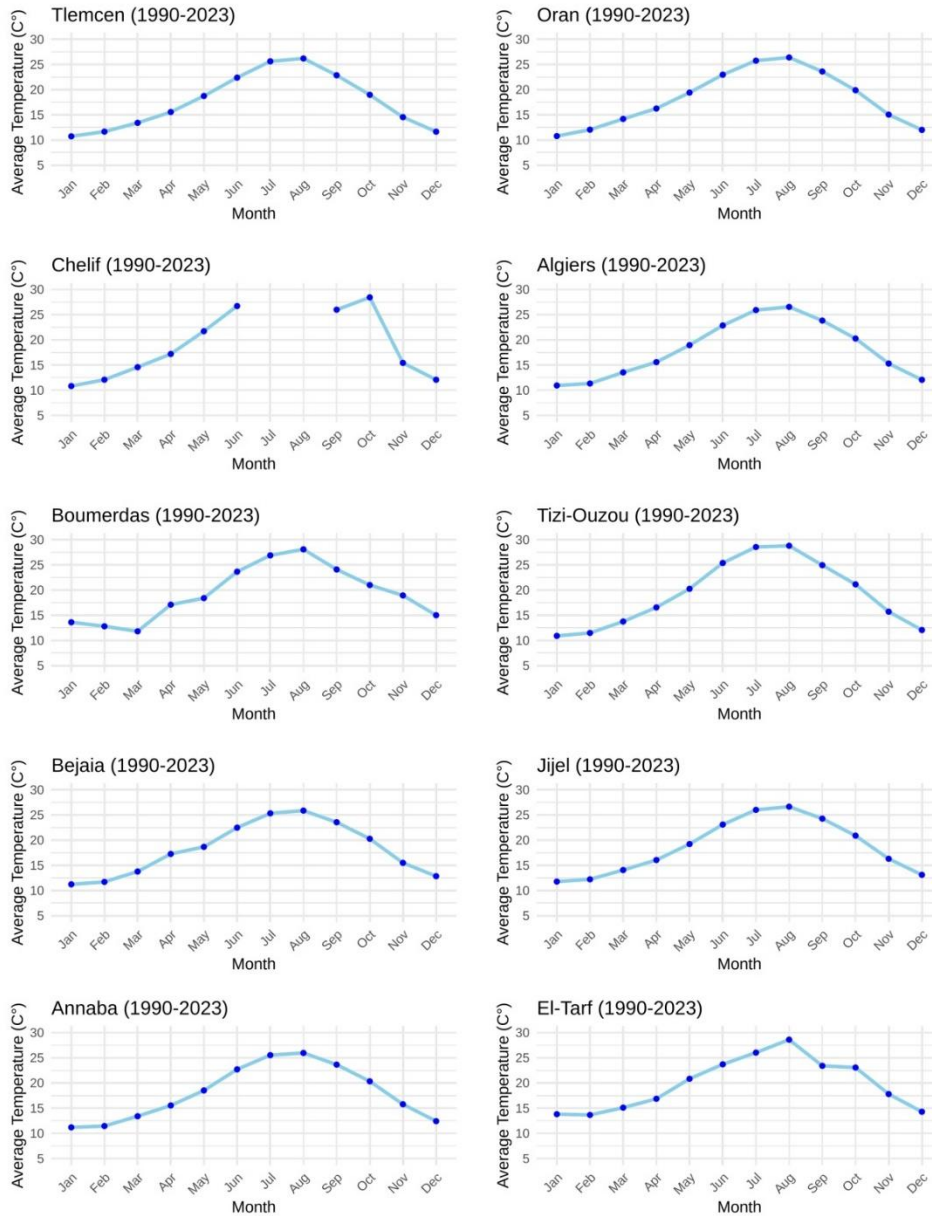


Figure 13 - Climatologies mensuelles des températures de l'air dans les villes côtières en Algérie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), <https://www.r-project.org/>)

3.2.2 Précipitations

La série temporelle de 1990 à 2023 des précipitations des villes côtières de l'Algérie est représentée sous forme de climatologie mensuelle sur la (Figure 14).

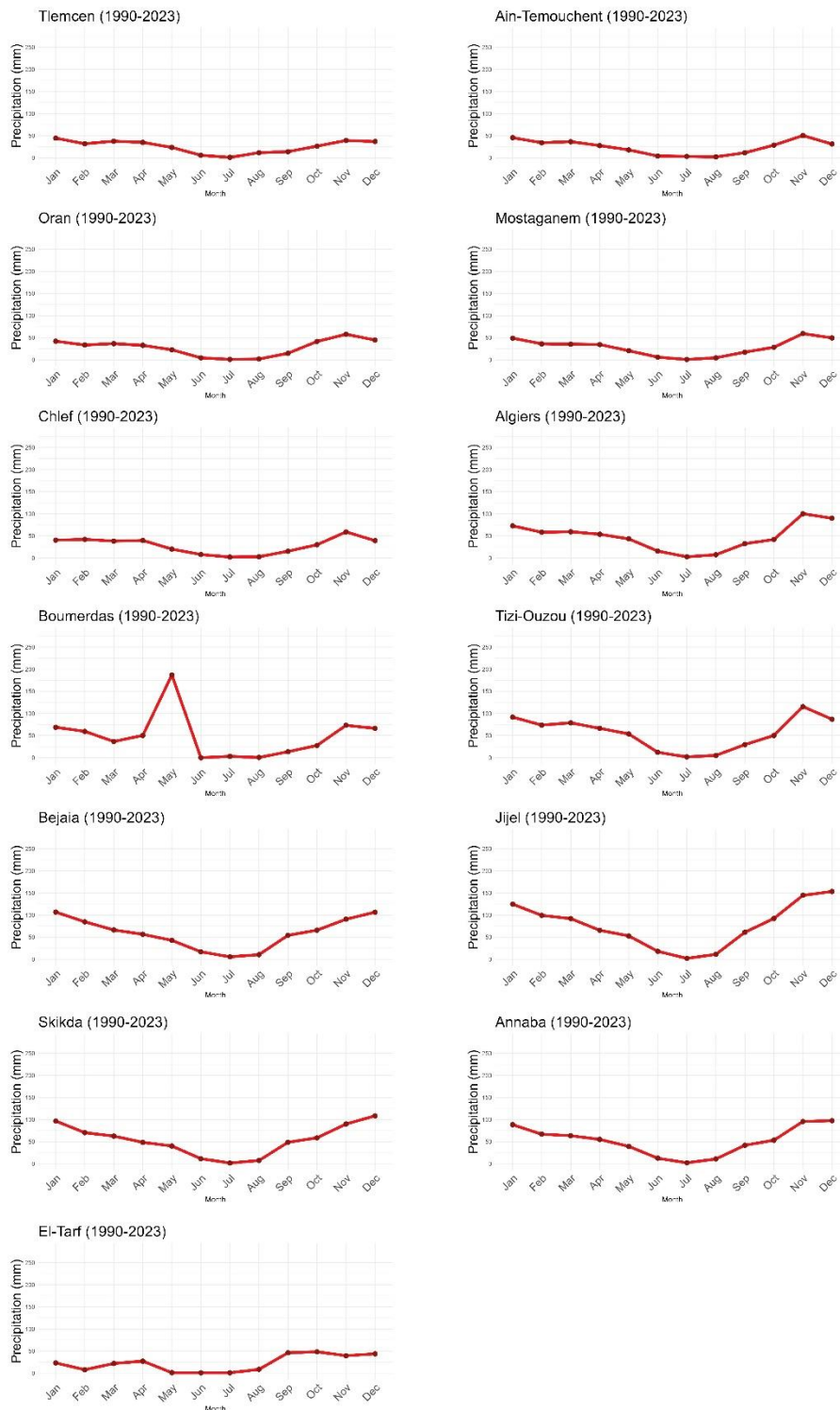


Figure 14- Climatologies mensuelles des précipitations dans les villes côtières en Algérie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), <https://www.r-project.org/>)

Les précipitations de la Wilaya d'**Alger** révèlent une variabilité saisonnière marquée par une augmentation de la précipitation en période d'automne avec un maximum de 100.27mm observé au mois de Novembre et une diminution nette en été jusqu'à un minimum de 2.87 mm observé au mois de juillet. Des valeurs pratiquement similaires sont observées à la Wilaya d'**Oran, Ain-Timouchent, Mostaganem, Tlemcen** et la wilaya de **Chelif**.

Les précipitations de la Wilaya de **Jijel** révèlent une variabilité saisonnière marquée par une augmentation des précipitations en période d'hiver avec un maximum de 153.28 mm observé au mois de Décembre, et une diminution jusqu'à un minimum de 2.07mm observé au mois de juillet. Des valeurs pratiquement similaires sont observées à la Wilaya de **Tizi-Ouzou, Skikda, Annaba**, et la wilaya de **Bejaia**. En revanche, les autres Wilayas côtières [**El-Tarf** et **Boumerdes**] n'ont pas les mêmes valeurs du maximum et du minimum en raison des valeurs manquantes qui sont dans la série temporelle. Cependant, nous n'avons pas représenté les climatologies mensuelles des précipitations de la wilaya de **Tipaza** en raison de l'accès très limité [n'est pas open source] aux données ONM.

D'après les résultats représentés dans la (Figure 14) les précipitations dans les villes côtières de l'Algérie présentent une faible variabilité spatio-temporelle en été et une variabilité plus élevée en hiver.

3.2.3 Vent

La série temporelle de 1990 à 2023 des vents des villes côtières de l'Algérie est représentée sous forme de climatologie mensuelle sur la (Figure 15).

La vitesse du vent de la Wilaya d'**Oran** révèle une variabilité saisonnière marquée par une augmentation du vent en période d'été avec un maximum de 14.79 m/s observé au mois de Juin et une diminution nette en hiver jusqu'à un minimum de 9.92 m/s observé au mois de Décembre. Des valeurs pratiquement similaires sont observées à la Wilaya de **Chelif** et la wilaya d'**Alger**.

La vitesse du vent dans la Wilaya de **Tlemcen** présente une stabilité saisonnière, avec une valeur maximale de 8,97 m/s enregistrée au mois de juillet, suivie d'une diminution jusqu'à un minimum de 7,12 m/s observé en octobre. Des tendances similaires sont également observées dans d'autres wilayas telles qu'**Ain-Temouchent, Skikda, Annaba, Mostaganem** et **Bejaia**. Ces valeurs se situent toutes dans un intervalle compris entre 5 et 15 m/s, suggérant une cohérence dans les niveaux de vitesse du vent au cours de l'année dans ces régions. En revanche, les autres Wilayas côtières [**El-Tarf, Boumerdes** et **Tizi-Ouzou**] n'ont pas les mêmes valeurs du maximum et du minimum (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) en raison des valeurs m

anquantes qui sont dans la série temporelle. Cependant, nous n'avons pas représenté les climatologies mensuelles du vent de la wilaya de **Tipaza** en raison de l'accès très limité [n'est pas open source] aux données ONM.

En synthèse, ces résultats mettent en lumière une diversité de comportements dans les régimes de vent des différentes régions côtières de l'Algérie

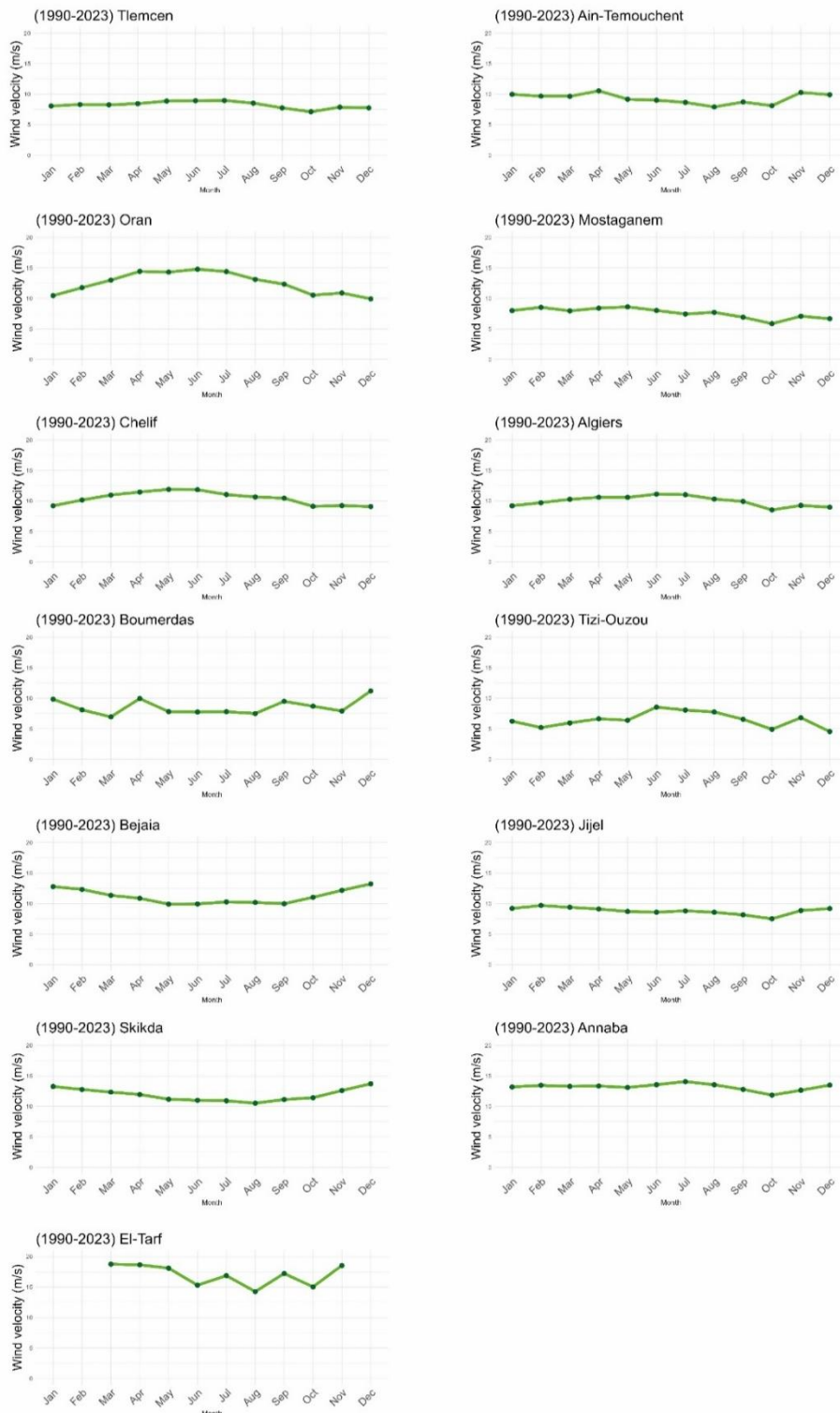


Figure 15 - Climatologies mensuelles des vents dans les villes côtières en Algérie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), <https://www.r-project.org/>)

3.3 Sources de pollutions

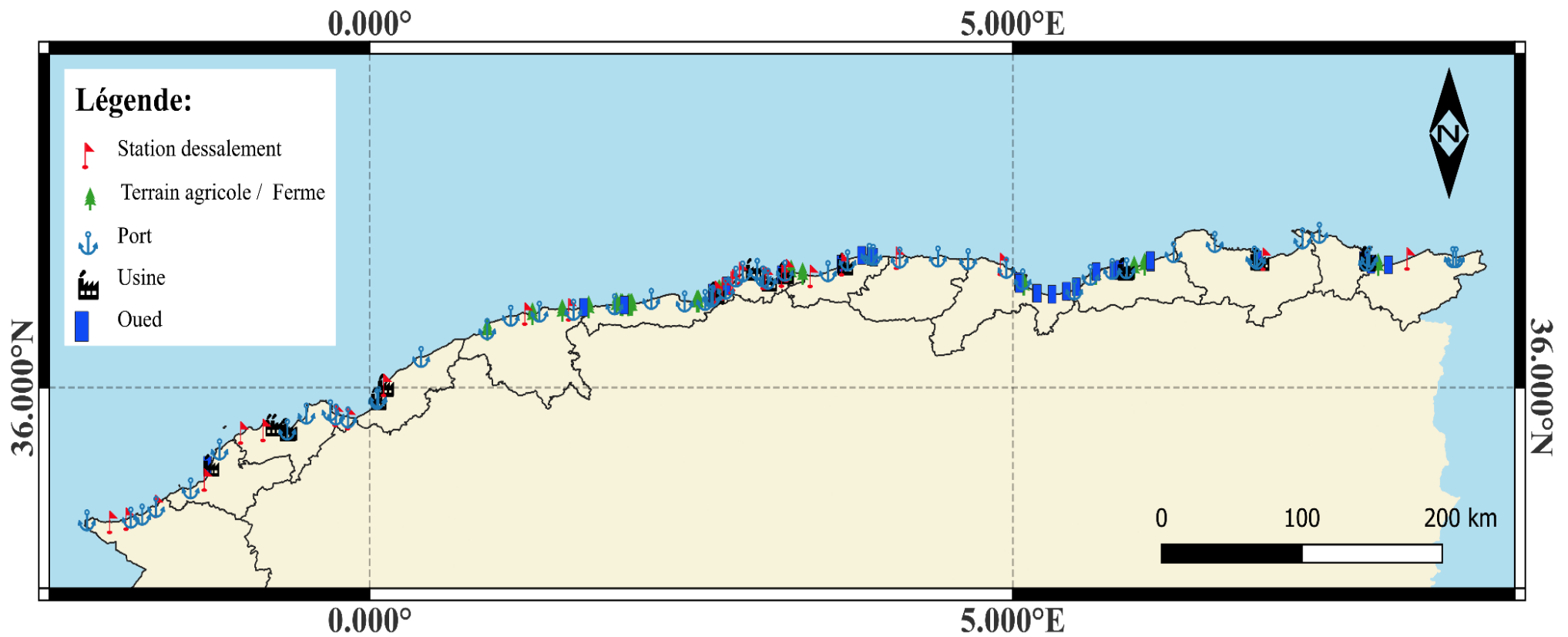
La plupart des pollutions marines en Algérie proviennent des rivières et des plages en raison de la densité de population, du tourisme et de la mauvaise gestion des déchets (Mankou-Haddadi et al., 2021). Les principales sources de cette pollution comprennent les trois plus grands terminaux d'exportation de pétrole et les raffineries, qui ont un impact combiné sur le bassin occidental de la mer Méditerranée (Benmecheta & Belkhir, 2016), voir Figure 16.

3.4 Le courant algérien

Le bassin algérien (**Figure 17**) est une zone énergétique majeure pour l'activité à méso-échelle dans toute la Méditerranée (Amores et al., 2013; Pessini et al., 2018). Millot et Taupier-Letage (2005) ont décrit le courant algérien de l'Est, qui transporte les eaux de surface de l'Atlantique, d'une largeur de 50 à 100 km et d'une épaisseur de 100 à 200 m, à une vitesse d'environ 10 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (El-Geziry et Bryden, 2010). Il suit généralement la pente continentale et génère de petits tourbillons de 10 à 100 km de diamètre, qui durent quelques semaines ou quelques mois. Périodiquement, ce courant forme un méandre croissant de 50 à 100 km; il peut se détacher pour former un tourbillon anticyclonique de 100 à 200 km de diamètre qui englobe toute l'épaisseur de l'eau de la Méditerranée (El-Geziry et Bryden, 2010; Fani et al., 2014; Millot, 1989). Certains tourbillons océaniques persistent jusqu'à trois ans, circulant dans le bassin algérien dans un circuit cyclonique (Millot et Taupier-Letage, 2005). Ainsi, le bassin algérien agit comme un réservoir où les eaux de l'Atlantique s'accumulent avant de s'écouler vers l'est (eaux de surface) ou vers le nord (eaux profondes) de la Méditerranée (Millot, 1999). En effet, cette zone tampon découple l'entrée et la sortie des eaux de surface méditerranéenne.

3.5 Bathymétrie

Les données de la bathymétrie ont été collectées à partir du CMEMS (Copernicus Marine Environmental Service) de la base de données (<http://marine.copernicus.eu>, last accessed February 27, 2019), Ces données sont représentées dans le bassin Algérien avec une résolution spatiale de 18 km (voir la Figure 18).



Carte réalisé par : Moulgada K.N.H., Braouni R., Harid R.

Figure 16 - Les Sources de pollution sur le littoral Algérien. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

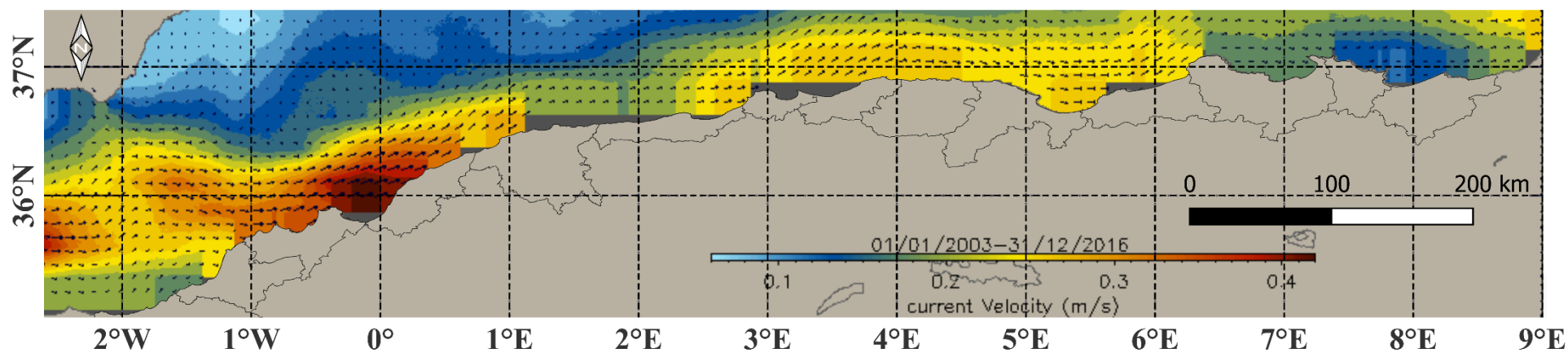


Figure 17-Vitesse du courant dans le bassin Algérien (Harid, 2022). Les pixels gris à la côte représentent les valeurs manquantes

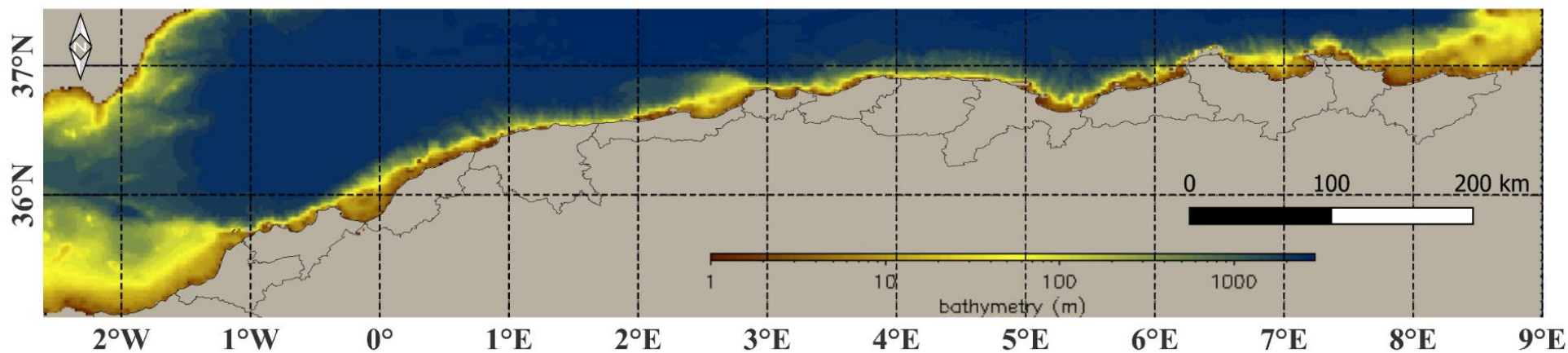


Figure 18 - La bathymétrie du Bassin Algérien (Harid, 2022).

Matériels et méthodes

4 Matériel et méthode

4.1 Données

4.1.1 Satellite

L'image S2A_MSIL1C_20150911T104036_N0204_R008_T31SDA_20150911T104657 a été téléchargée depuis le Hub Scientifique Sentinel (<https://scihub.copernicus.eu/>) (Figure 19) pour être utilisée dans cette étude. Cette image de Niveau L1 a été prise le 11 septembre 2015. Les images de niveau 1C de Sentinel-2 ne sont pas corrigées pour les effets atmosphériques, le voile, etc.

Pour l'ensemble des wilayas nous avons téléchargé des images de l'année 2018 car nous avons beaucoup de données in situ de l'année 2018 pour valider nos résultats qui nous été fournie par notre Co-promoteur.

1 Dessin du polygone et choix de Sentinel-2

2 Sélection de la date d'image satellitaire en

3 Recherche et choix d'une image avec minimum de nuages

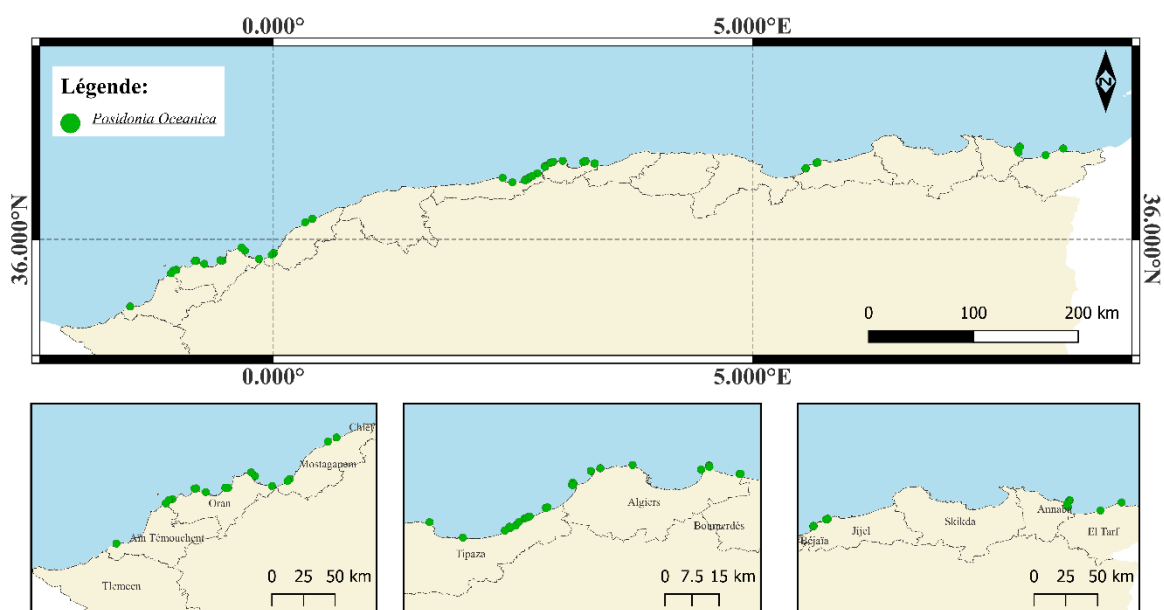
4

Figure 19 - Les étapes de téléchargement des images satellitaires sentinel 2

4.1.2 In Situ

4.1.2.1 Collecte de la donnée historique

Des vérités de terrain sur la présence de la posidonie le long de la côte algérienne ont été collectées en se basant sur des études antérieures (Misraoui A et Sengouga A, 2011 ; Sengouga A 2017 ; Sengouga et al., 2019) et des prospections antérieures non publiées (Misraoui A. comme pers). Pour étudier la réponse spectrale de la Posidonie, les coordonnées géographiques de la zone de Kouali à Tipaza ont été utilisées (Figure 20). Pour la validation de nos résultats nous avons superposés les pixels obtenus sur les données GPS *in situ*



Carte réalisé par : Braouni R., Harid R., Moulgada K.N.H

Figure 20 - Données in situ de la répartition de Posidonie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

4.2 Prétraitements des données satellitaires

4.2.1 Correction atmosphérique

Le niveau 1C de Sentinel-2 fournit les valeurs de radiance depuis le sommet de l'atmosphère (TOA). Afin d'obtenir la réflectance au bas de l'atmosphère (BOA), qui correspond à la réflectance de la surface de l'eau, une correction atmosphérique était nécessaire. Pour effectuer cette correction de TOA à BOA, la boîte à outils Sen2Cor (v.2.11.0) disponible dans SNAP a été utilisée (voir les étapes dans la Figure 22). Le processus du Sen2Cor est expliqué dans la Figure 21.

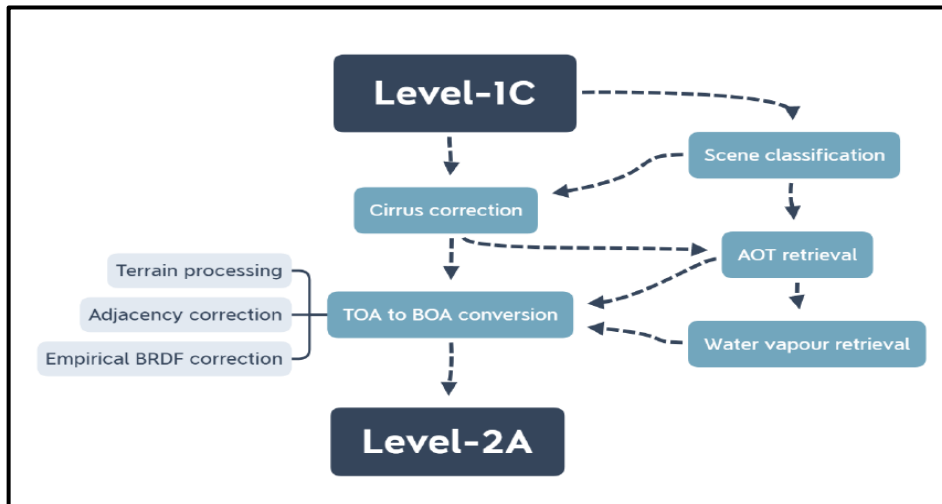


Figure 21 - le processus du Sen2cor d'après Encarni Medina-Lopez, 2020

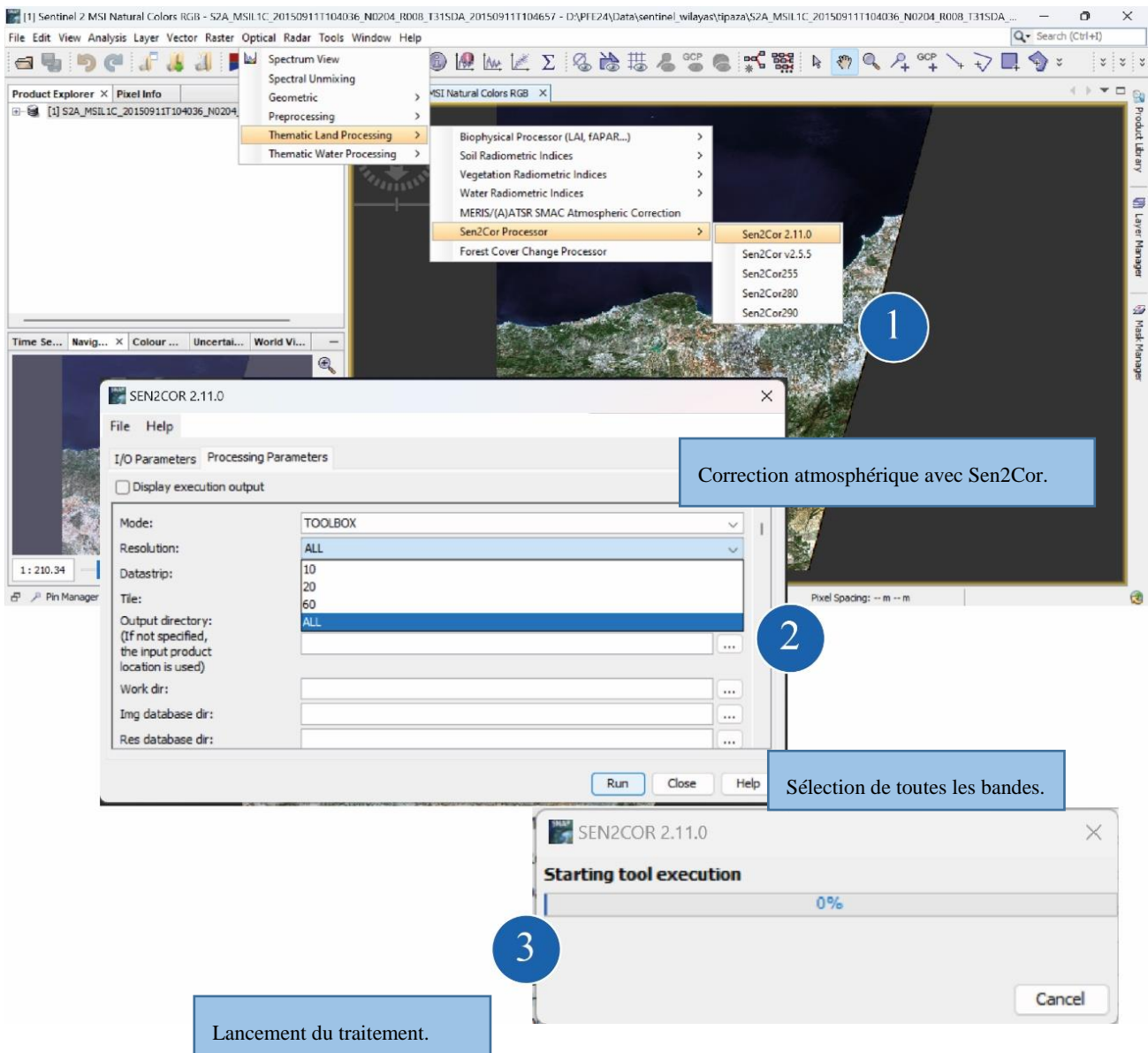


Figure 22 - les étapes de la correction atmosphérique avec le Sen2cor

4.2.2 Rééchantillonnage des données

Pour améliorer la résolution spatiale des données, l'outil 'Resampling' disponible dans le logiciel SNAP a été utilisé voir (Figure 23). Les données initiales, avec des résolutions de 60 mètres et 20 mètres, ont été rééchantillonnées à une résolution de 10 mètres, correspondant à la bande 3. Ce processus de rééchantillonnage a permis d'obtenir une représentation plus détaillée de la zone d'étude, ce qui est essentiel pour une analyse précise et approfondie des données.

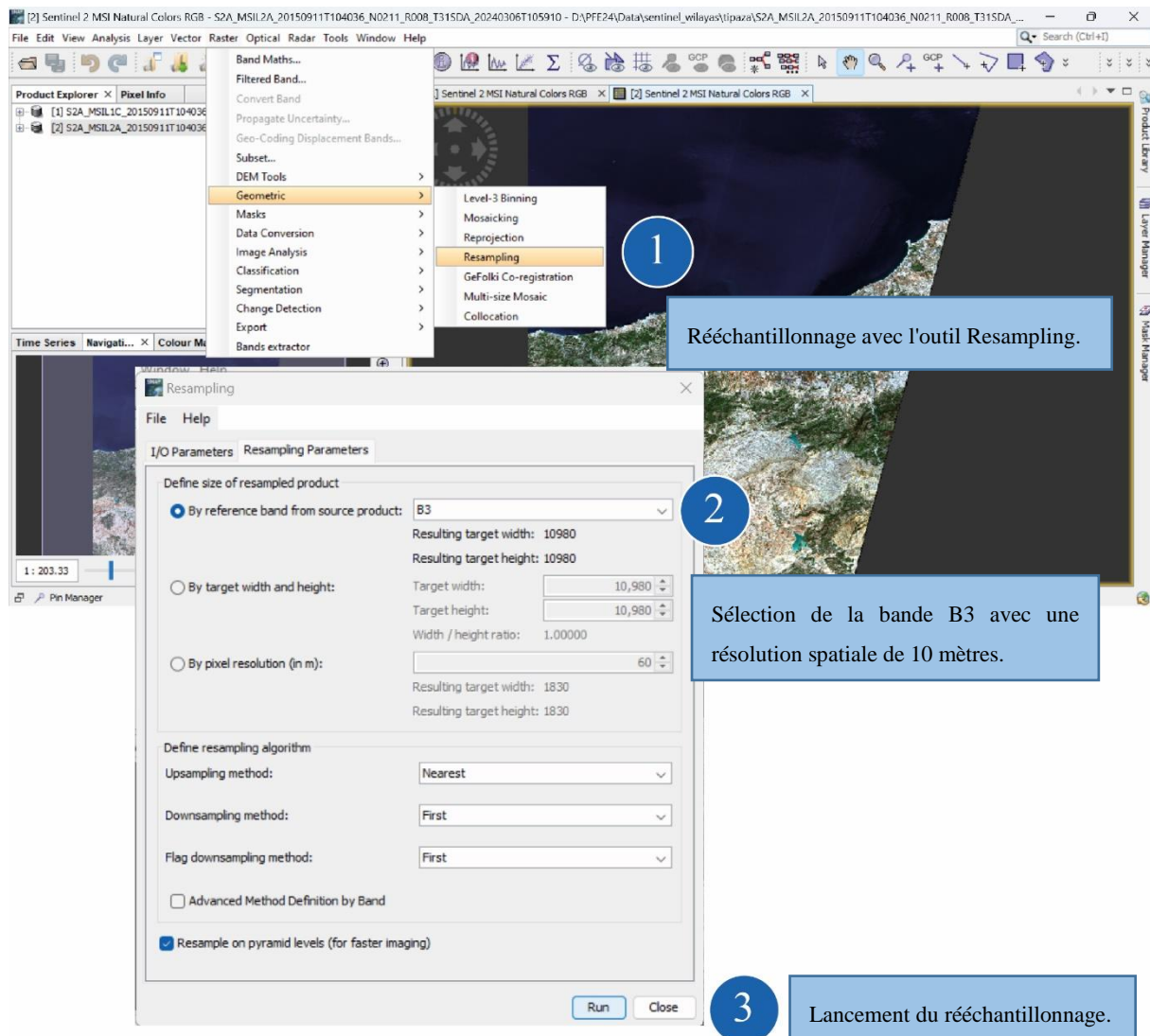


Figure 23 - Les étapes du rééchantillonnage des données

4.3 Traitements des données

Le traitement des données a débuté par le tracé d'un polygone autour du point où les coordonnées in situ de la posidonie étaient disponibles dans la zone de "Kouali". Cette opération a été effectuée à l'aide de l'image haute résolution obtenue à partir de l'application "SASPlanet". Voir les **Figure 24** et **Figure 25**. Ensuite, le code du polygone ainsi défini a été enregistré pour une utilisation ultérieure sur l'image de niveau L2.

L'utilisation de l'application "SASPlanet" s'est avérée cruciale, car elle offre des images de haute résolution permettant d'observer clairement l'herbier de posidonie. Cette caractéristique a grandement facilité le traçage précis du polygone.

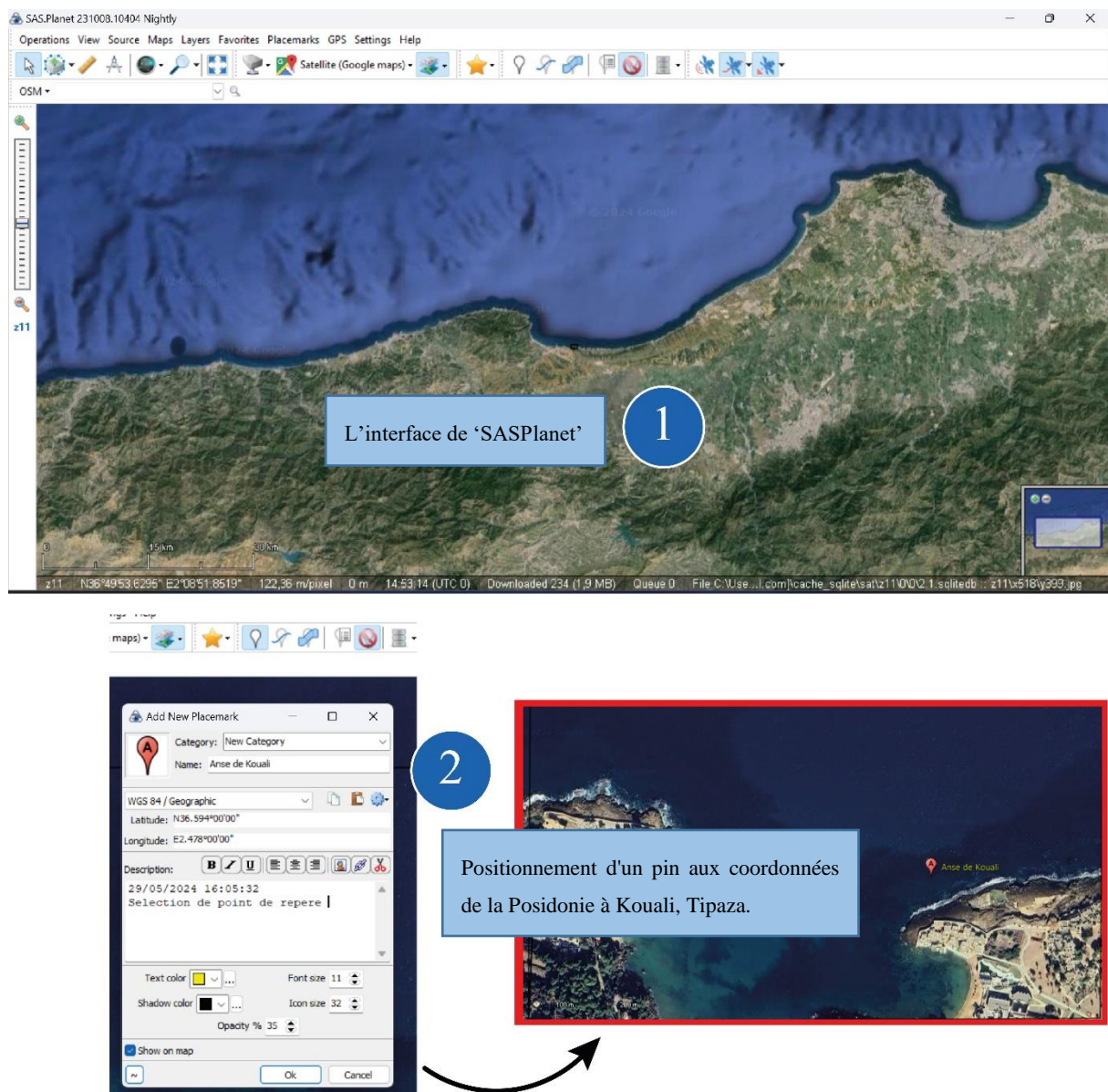


Figure 24 - Téléchargement des images de SASPlanet

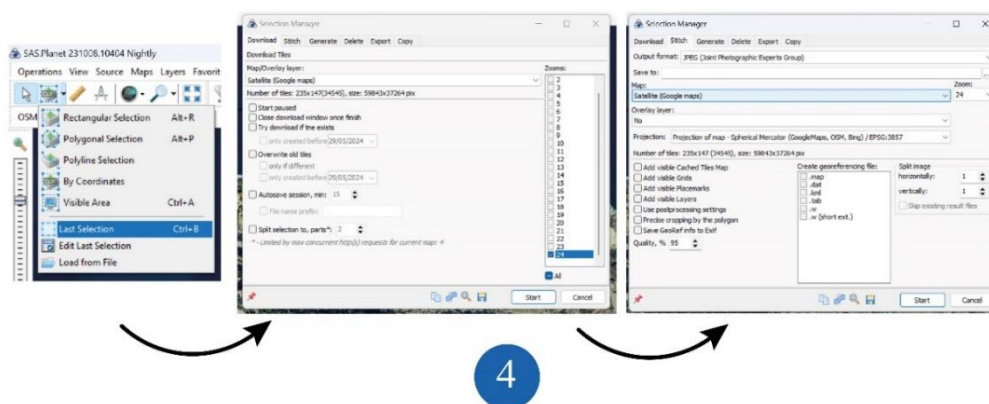
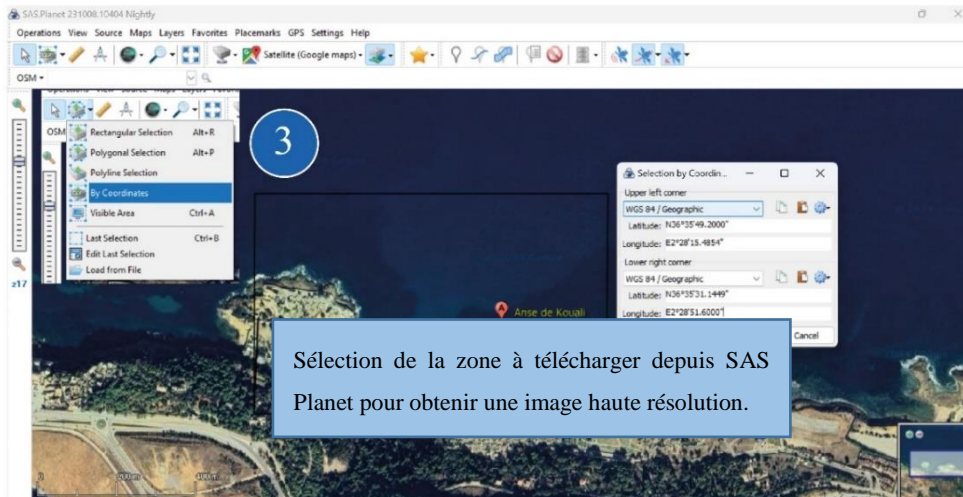


Figure 25 - Téléchargement des images de SASPlanet - la suite -

4.3.1 Le choix des polygones (pixel à posidonie)

Les polygones ont été délimités sur trois zones distinctes : une zone côtière avec la présence de la posidonie, une zone au large, et une zone côtière sans posidonie voir (Figure 26)

- Pixel à la côte avec posidonie : un polygone a été tracé autour d'une zone côtière où la posidonie est présente. Les valeurs des pixels à l'intérieur de ce polygone ont été extraites et enregistrées sous format CSV pour une analyse ultérieure.
- Pixel à la côte sans posidonie : un polygone a été tracé autour d'une zone côtière sans posidonie. Les valeurs des pixels à l'intérieur de ce polygone ont été extraites et enregistrées sous format CSV pour une analyse ultérieure.
- Pixel au large : un polygone a été tracé autour d'une zone au large où la posidonie n'est pas présente. Les valeurs des pixels à l'intérieur de ce polygone ont été extraites et enregistrées sous format CSV pour une analyse ultérieure.

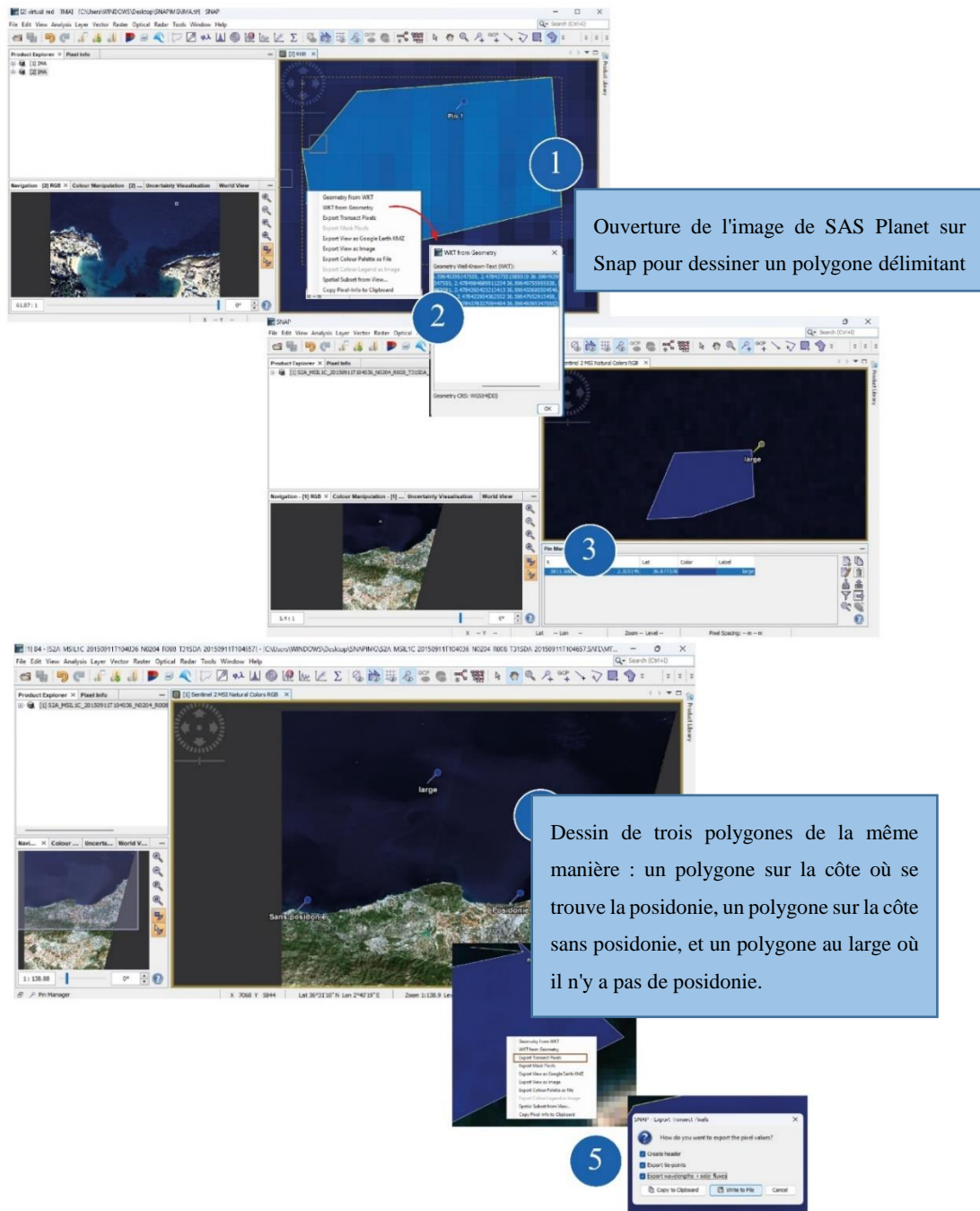


Figure 26 - La délimitation des polygones

4.4 Réponse spectral de la posidonie

Les données de tous les pixels dans les 12 bandes spectrales ont été extraites et une courbe de réflectance en fonction de ces 12 bandes a été tracée pour analyser les différences de réflectance entre les zones identifiées (Figure 27). Les valeurs de réflectances qui caractérisent l'herbier (préférence optique) ont été utilisées pour la création d'un petit programme (appliqué sur band math - SNAP 9.0) exécuté pour sélectionner les pixels-posidonie sur toute la série de la base de données satellitaire sur les côtes algériennes. Le détail du programme sera disponible dans un article scientifique qui est en cours de rédaction, et le programme sera publié en open source sur un script python (accès gratuit pour tous les utilisateurs de ce domaine).

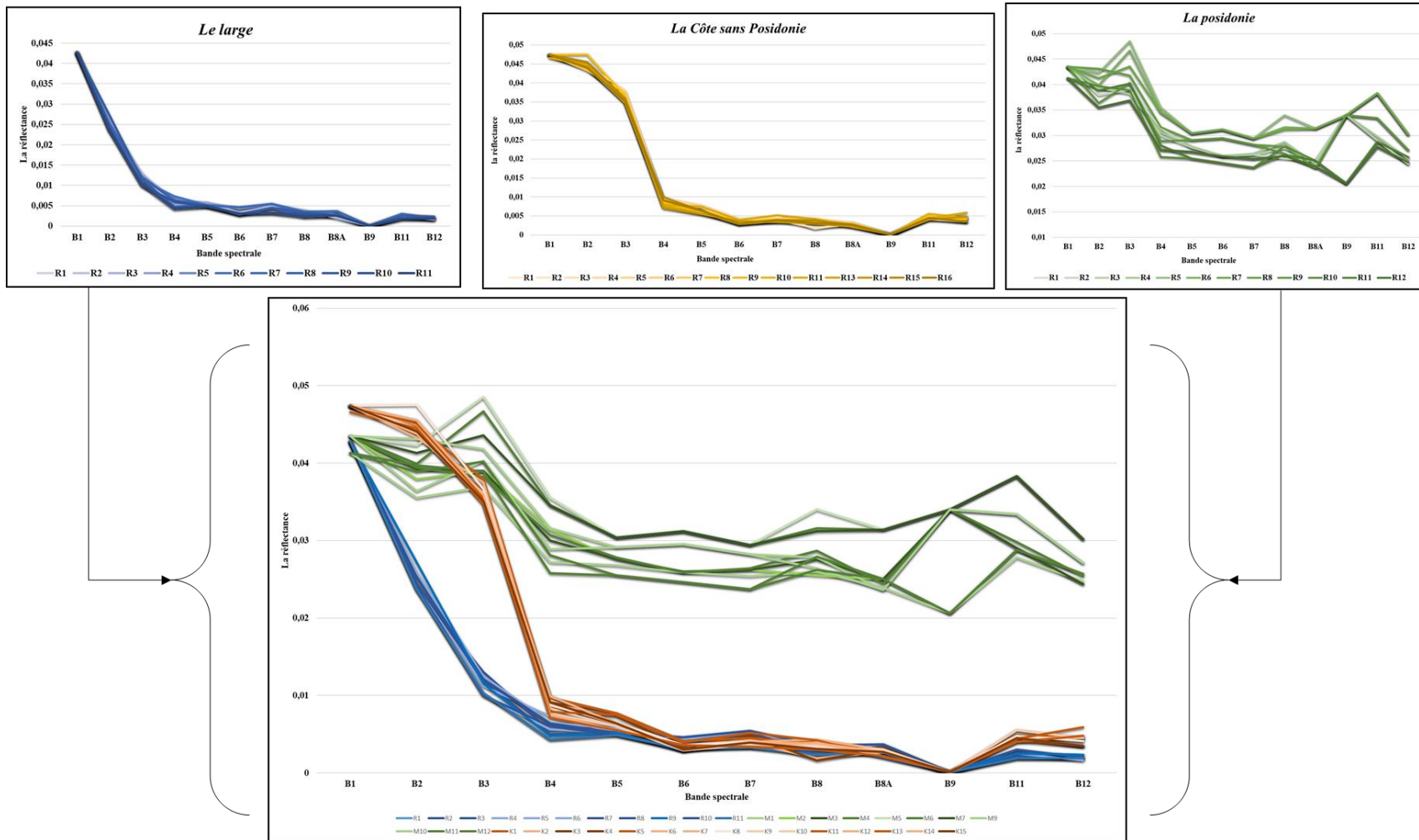


Figure 27 - Réponse spectral de la posidonie. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre R (version 4.3.2 (2024-01-24), <https://www.r-project.org/>)

4.5 Cartographie de l'herbier sur la côte Algérienne

4.5.1 Extraction des pixels posidonie

Le résultat obtenu dans le logiciel SNAP est une image en noir et blanc avec des valeurs de 0 et 1. Les pixels noirs indiquent l'absence de posidonie, tandis que les pixels blancs (ou rouges, selon la manipulation des couleurs) indiquent la présence de posidonie. En utilisant l'outil 'colour manipulator', une manipulation des couleurs a été effectuée pour représenter la mer en blanc et la posidonie en rouge. Ensuite, cette bande a été exportée au format GeoTIFF haute résolution pour une utilisation ultérieure dans QGIS.

4.5.2 Les étapes de la cartographie de l'herbier de posidonie sur Qgis

Les données présence/absence de *Posidonia oceanica* ont été cartographiées sur Qgis.

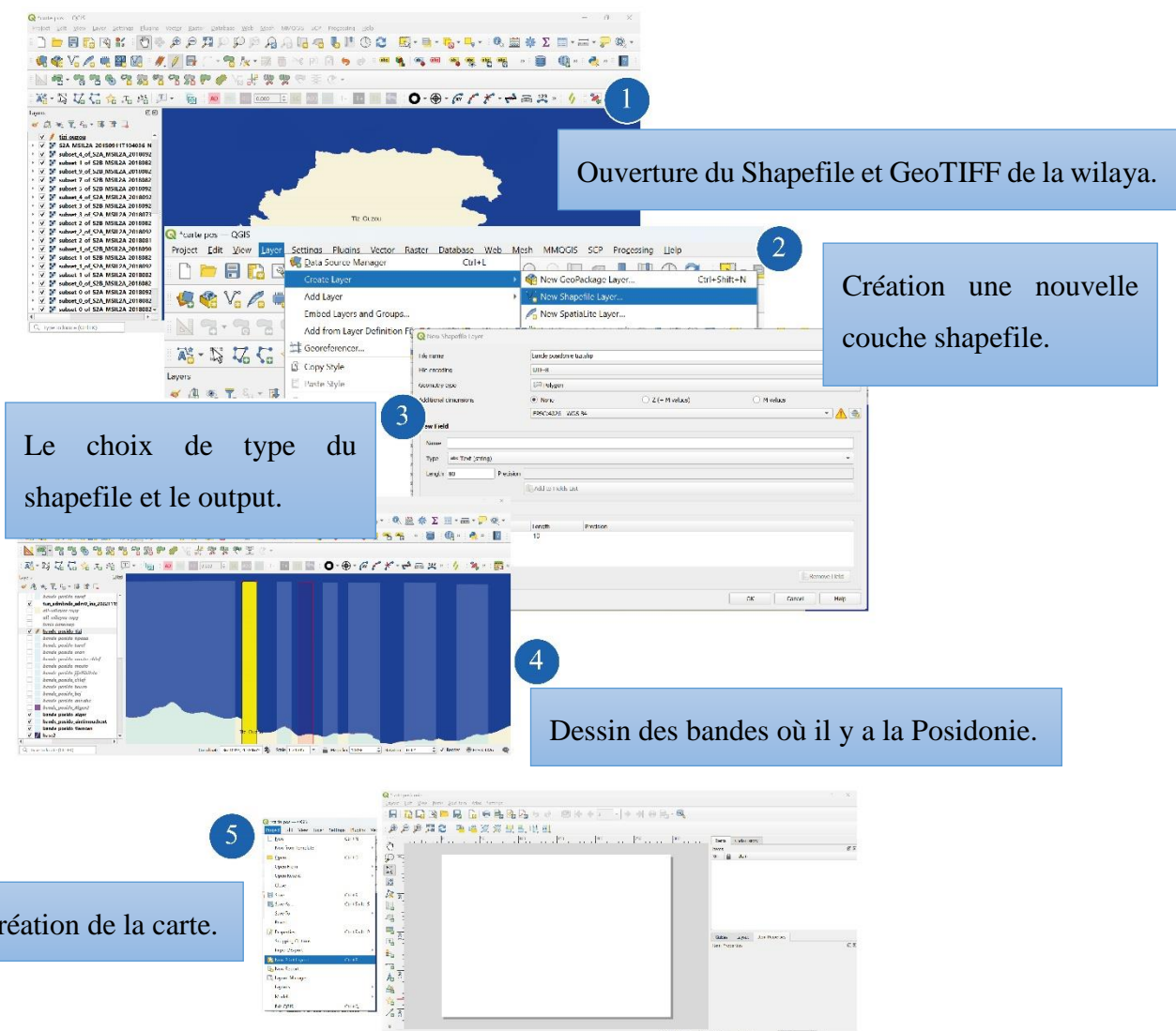


Figure 28 - les étapes de la cartographie sur Qgis

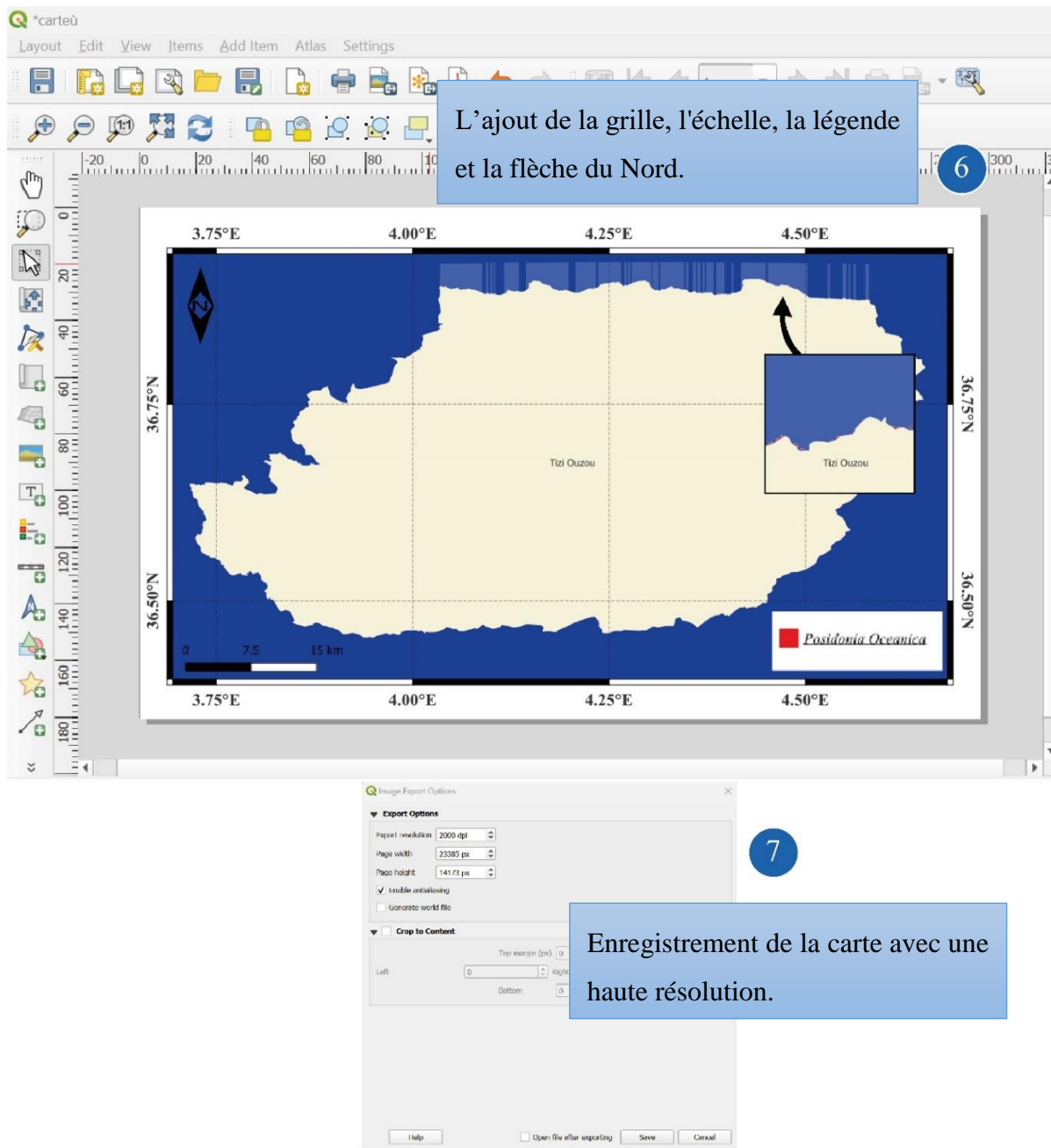


Figure 29 - Dessin d'une carte sur Qgis

Résultats et discussion

5 Résultats et discussion

Dans le cadre de notre étude, nous avons cartographié la répartition des herbiers de Posidonie sur les côtes des 14 wilayas du littoral algérien. Ce chapitre présente les résultats obtenus pour chaque wilaya (**voir les figures du Figure 30 à Figure 43**) suivis de leurs interprétations (Il faudrait zoomer sur les cartes au maximum pour pouvoir visualiser les pixels de Posidonie).

5.1 Distribution de la Posidonie sur les côtes Algériennes

D'après les résultats obtenus, nous constatons une répartition non-homogène de l'herbier de posidonie sur la côte Algérienne. La densité est majoritairement élevée au centre par rapport au secteur Est et le secteur Ouest du pays et la wilaya présentant la plus haute distribution dans tous le littoral c'est la wilaya d'Oran (ignorant la superficie des wilayas).

Pour mieux représenter nos résultats, nous avons divisé la côte Algérienne en 2 secteur Est et Ouest chacun comprenant 7 wilayas.

Dans **le secteur Est**, la wilaya de **Béjaia** est celle présentant la plus faible densité de l'herbier de posidonie qui est principalement localisé dans les régions de Djnane et Afaghir et inexistante quant au reste de la wilaya.

Suivi de la wilaya de **Skikda** qui présente une distribution légèrement élevée par rapport à Béjaia où la Posidonie se concentre cette fois-ci dans les régions d'Aïn Zouit passant par le port de skikda et marque la fin de sa présence à Ain Kouari.

Le même constat est effectué pour la wilaya de **Jijel** ou la couverture de l'herbier reste relativement réduite et se localise beaucoup plus dans l'ouest de la wilaya.

Dans la wilaya de **Boumerdes**, la cartographie révèle une distribution dispersée de la Posidonie qui commence depuis la région de Thenia avec des pics à Zemmouri et Dellys et marque la fin de sa présence dans la commune d'afir à la frontière.

Contrairement aux wilayas précédentes, la wilaya de **Tizi Ouzou** indique une densité plus élevée et montre une concentration notable d'herbier dans les communes de Mizrana, Tigzirt, Iflissen.

El Tarf quant à elle affiche une couverture très significative de la Posidonie qui s'étende de Berrihane passant par el Kala et allant jusqu'à Souarekh.

Enfin à **Annaba**, on note une répartition étendue et équilibrée de la Posidonie par rapport aux autres régions et affiche **la plus grande superficie d'herbier de posidonie dans le secteur Est**. (Ignorant la superficie des wilayas).

A l'**Ouest**, la cartographie montre une présence très faible, voire inexistante de la posidonie dans la wilaya de **Tlemcen** qui se trouve seulement dans la commune El Khemis.

Suivi de la wilaya de **Mostaganem** qui présente à son tour une couverture globalement réduite dont la zone de concentration de l'herbier est principalement Kharouba.

A **Ain Temouchent** la densité est plus conséquente que les deux précédente, la couverture est modérée et continue sur l'ensemble de la wilaya.

Le constat est similaire dans la wilaya d'**Alger**, l'herbier montre une présence considérable à Bologhine, El Marsa et Ain Taya.

Dans la wilaya voisinante, **Tipaza**, la distribution de la posidonie est équilibrée et couvre pratiquement la plupart de ses communes avec des zones de fort potentiel comme Gouraya.

A **Chlef** on note aussi une répartition égale et notable, les zones de forte concentration incluent la région de Beni Haoua et Ténès.

On clôture les observations par la wilaya d'**Oran** qui affiche **la plus grande densité d'herbier à posidonie dans le secteur Ouest**. Il est présent sur l'ensemble du trait de côte de la wilaya et avec des pics apparents au tour d'Arzew, Sidi Ben Yebka et Aïn El Turk.

TLEMCCEN

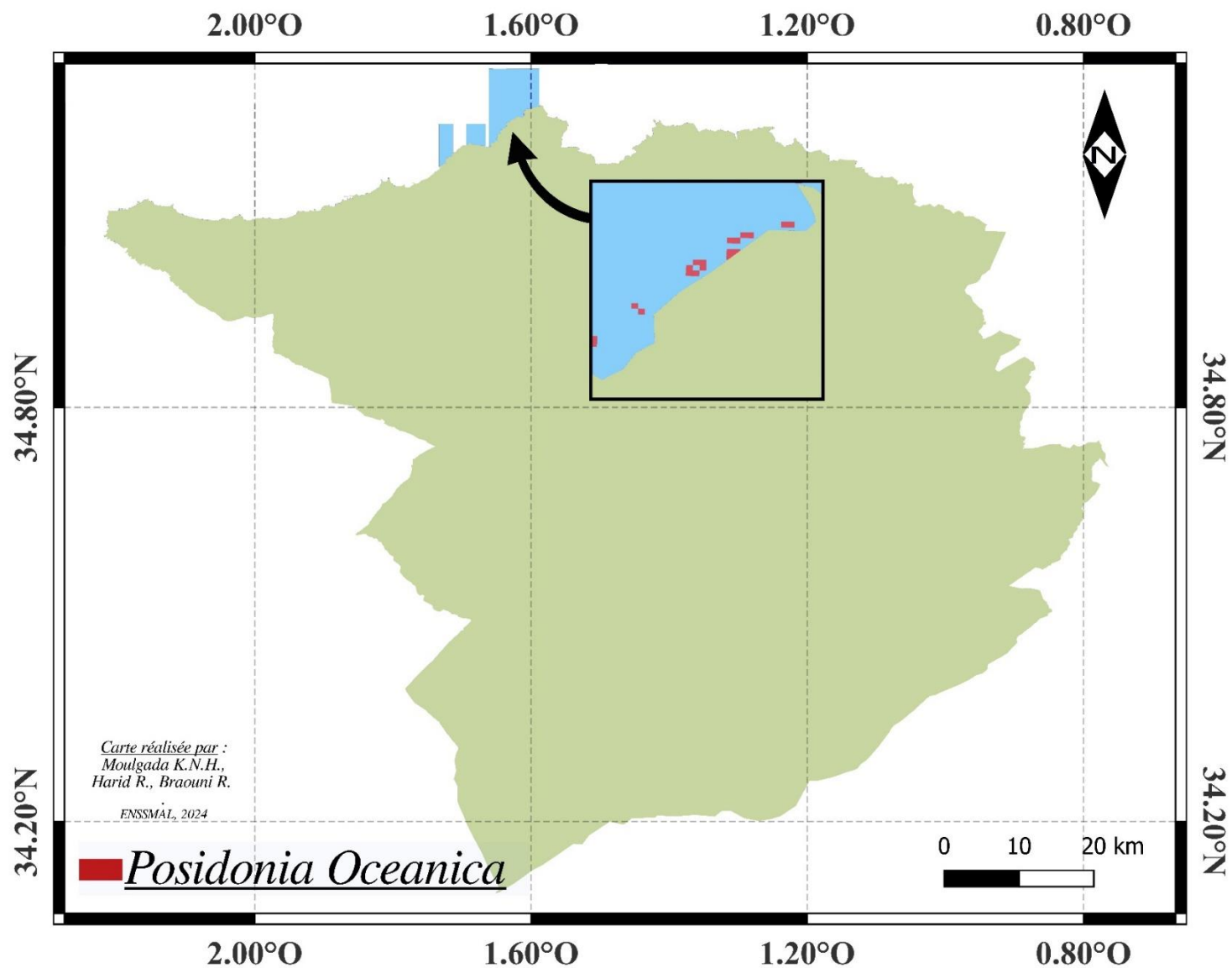


Figure 30 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Tlemcen. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

AIN TEMOUCHENT

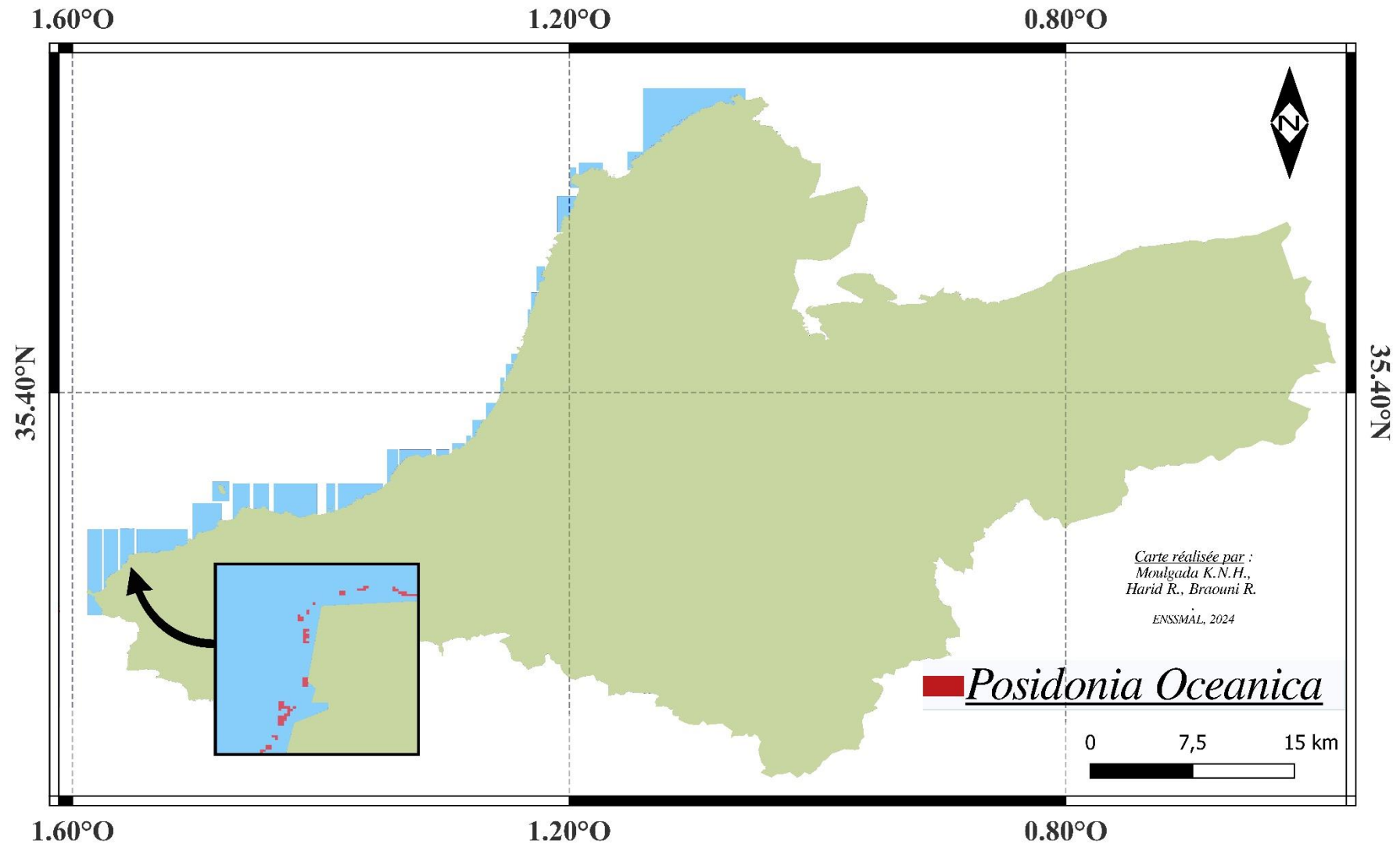


Figure 31 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Ain Temouchent. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

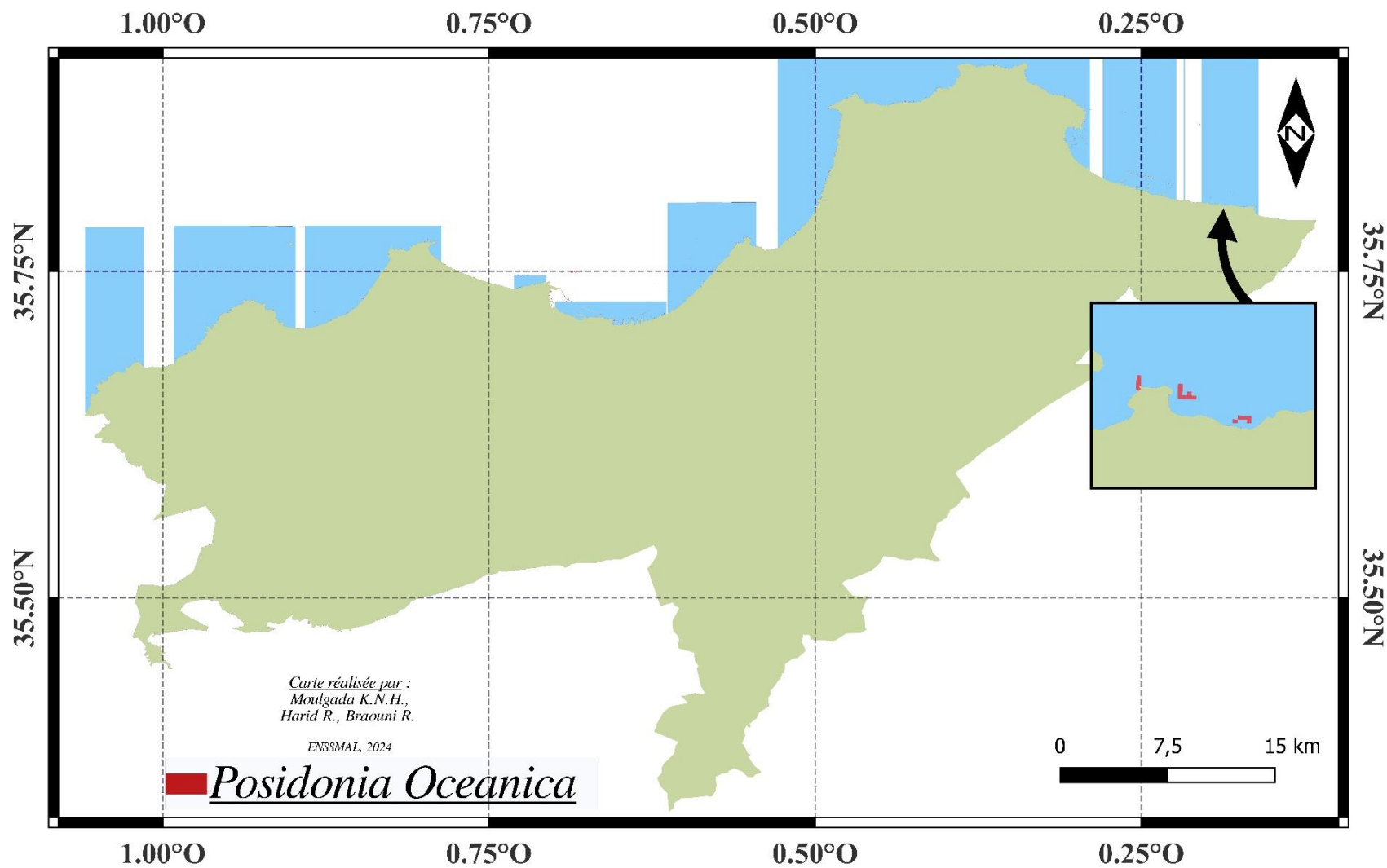


Figure 32 - La distribution de la posidonie dans la wilaya d'Oran. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

MOSTAGANEM

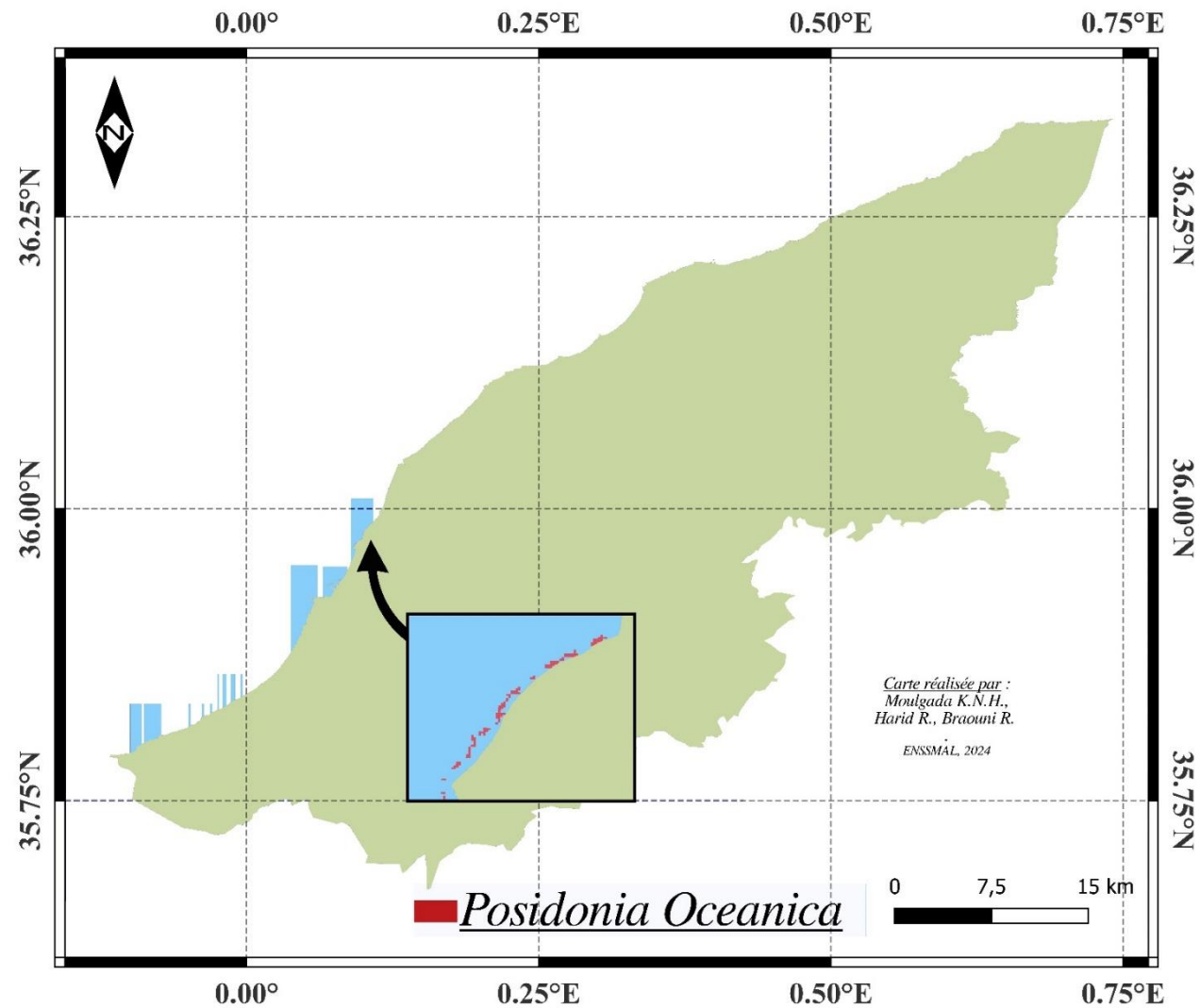


Figure 33 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Mostaganem. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

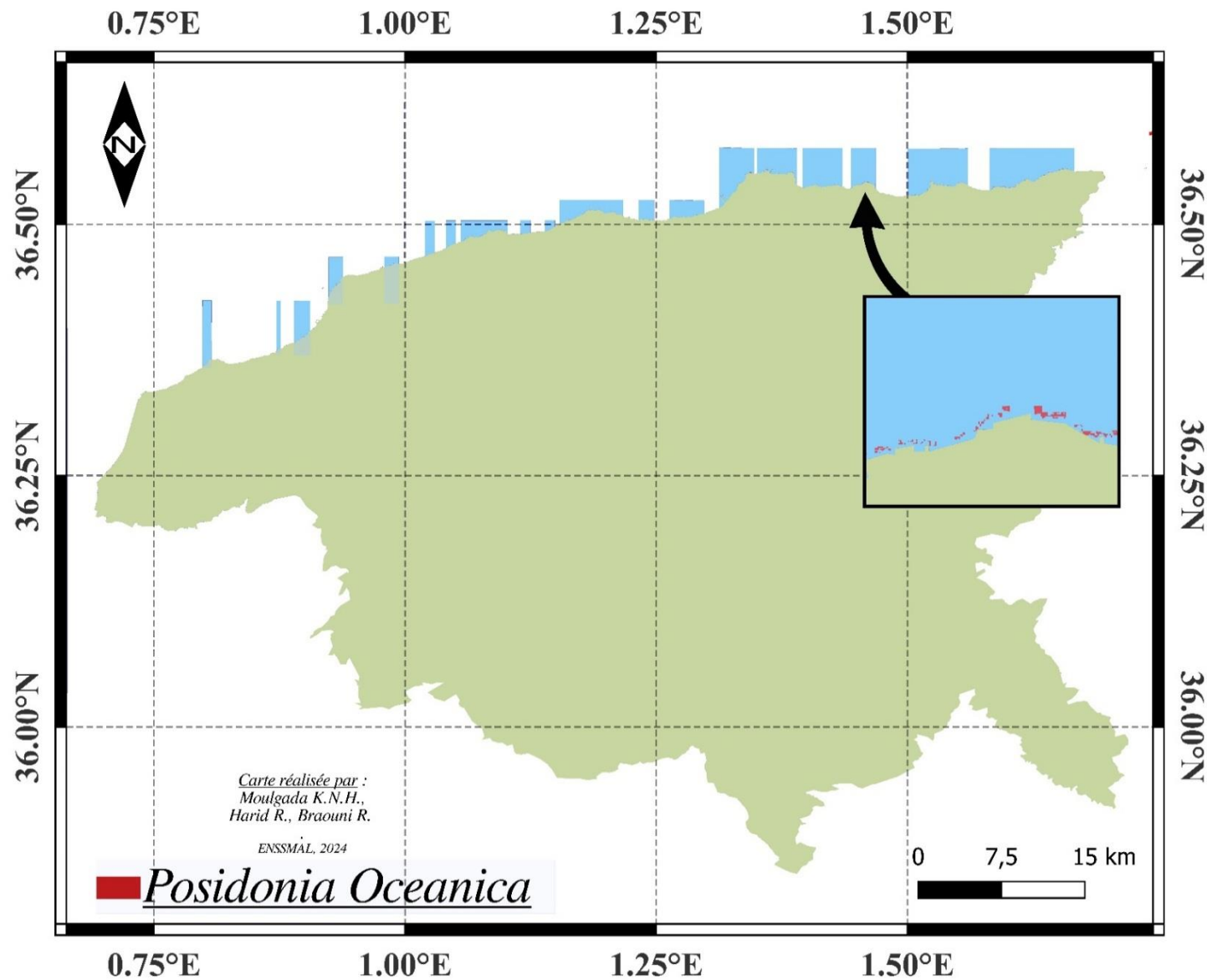


Figure 34 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Chlef. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

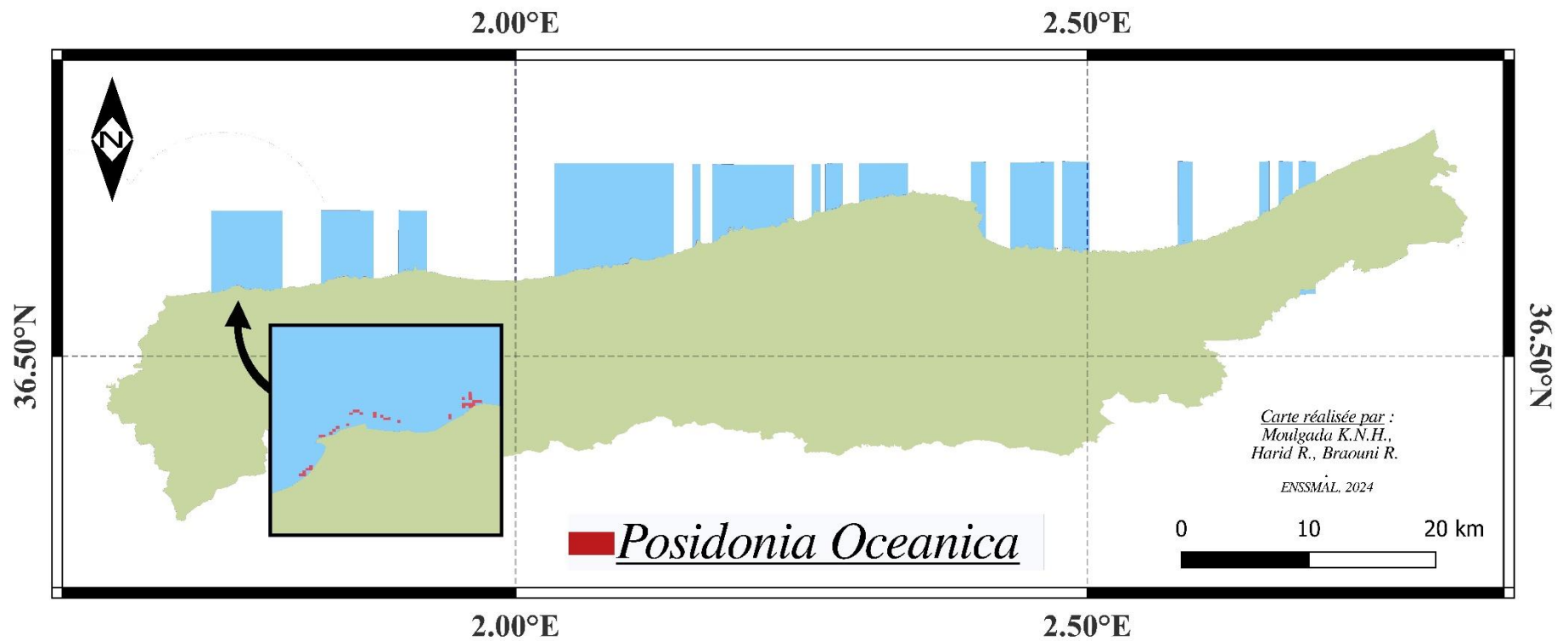


Figure 35 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Tipaza. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

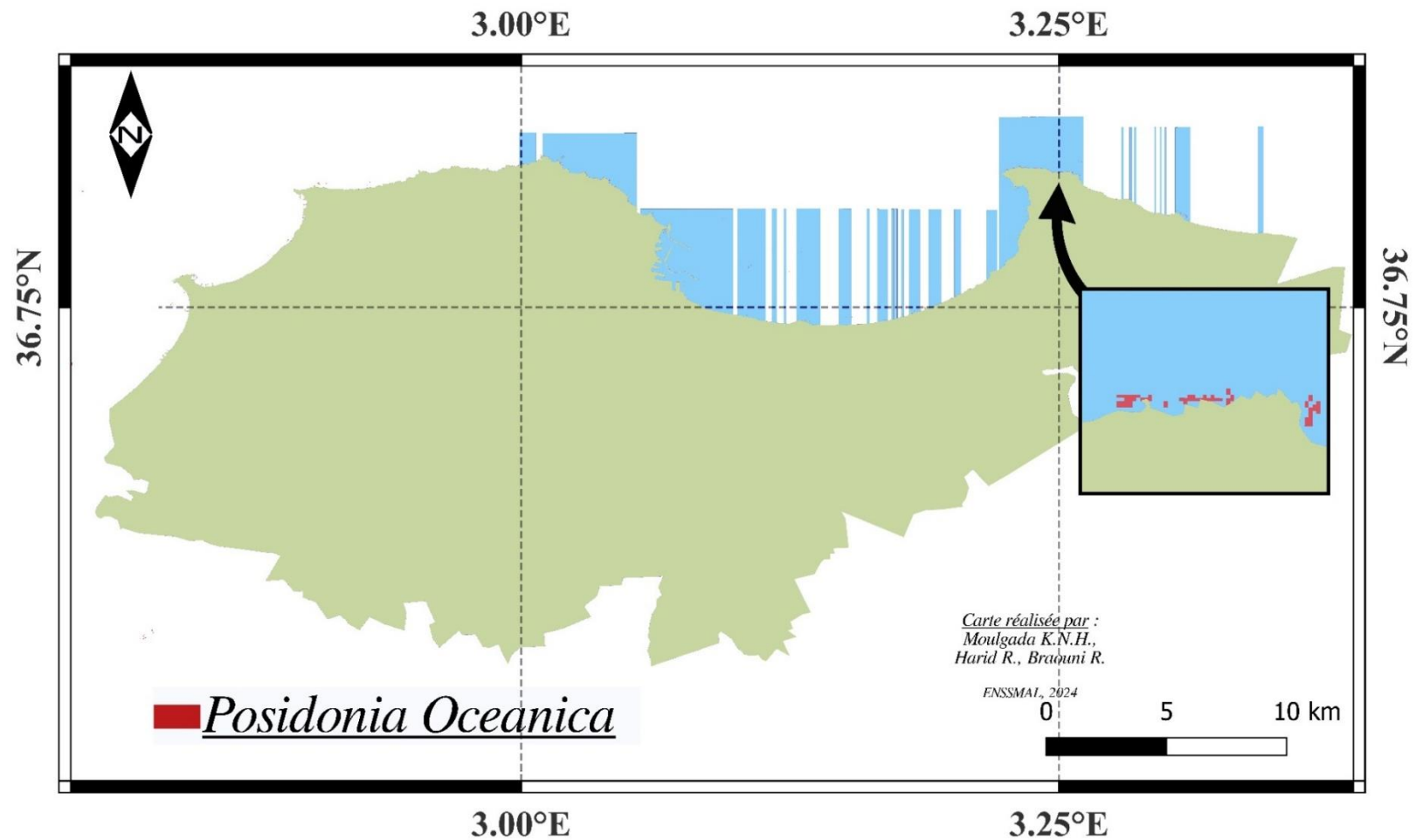


Figure 36 - La distribution de la posidonie dans la wilaya d'Alger. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

BOUMERDES

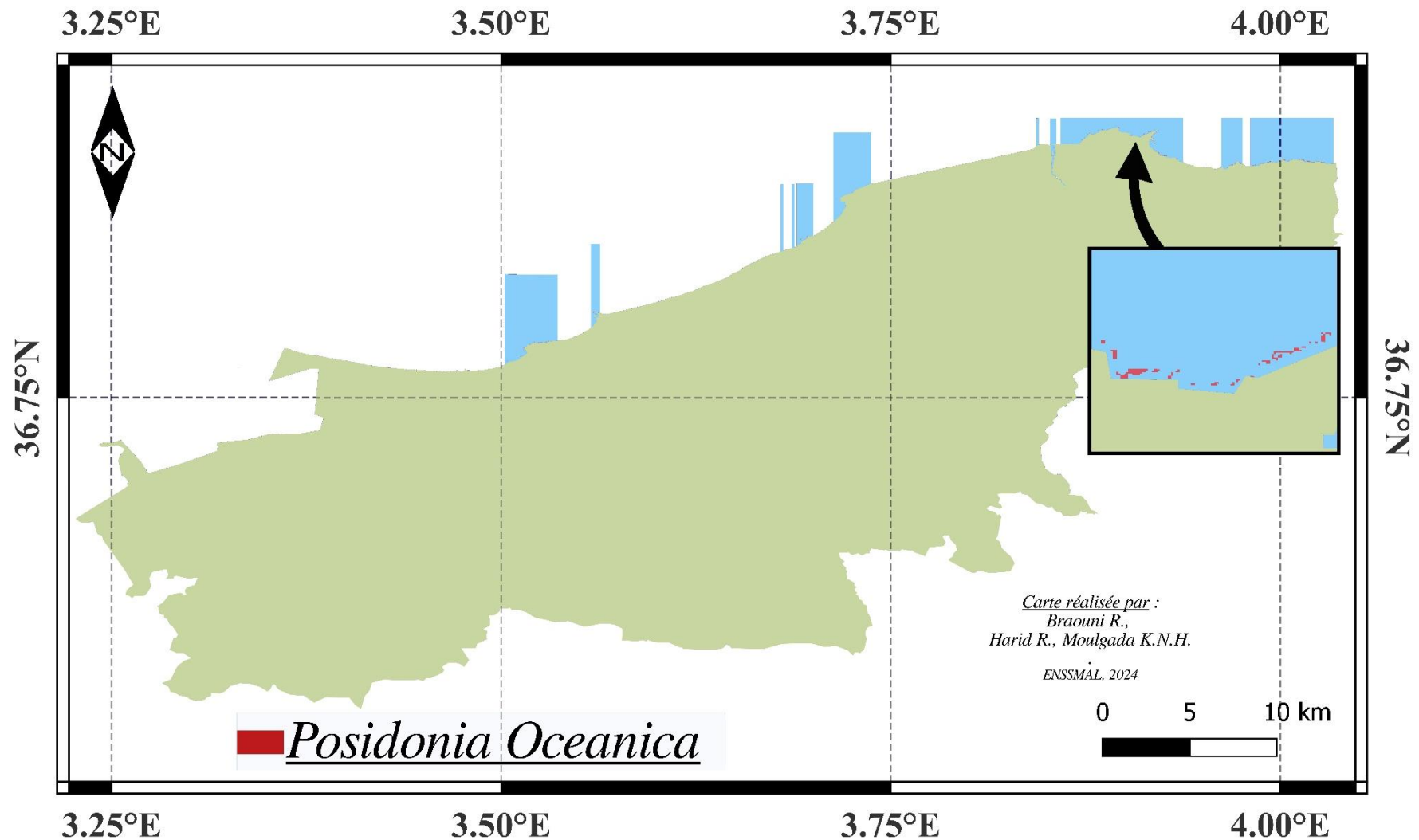


Figure 37 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Boumerdes. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

TIZI OUZOU

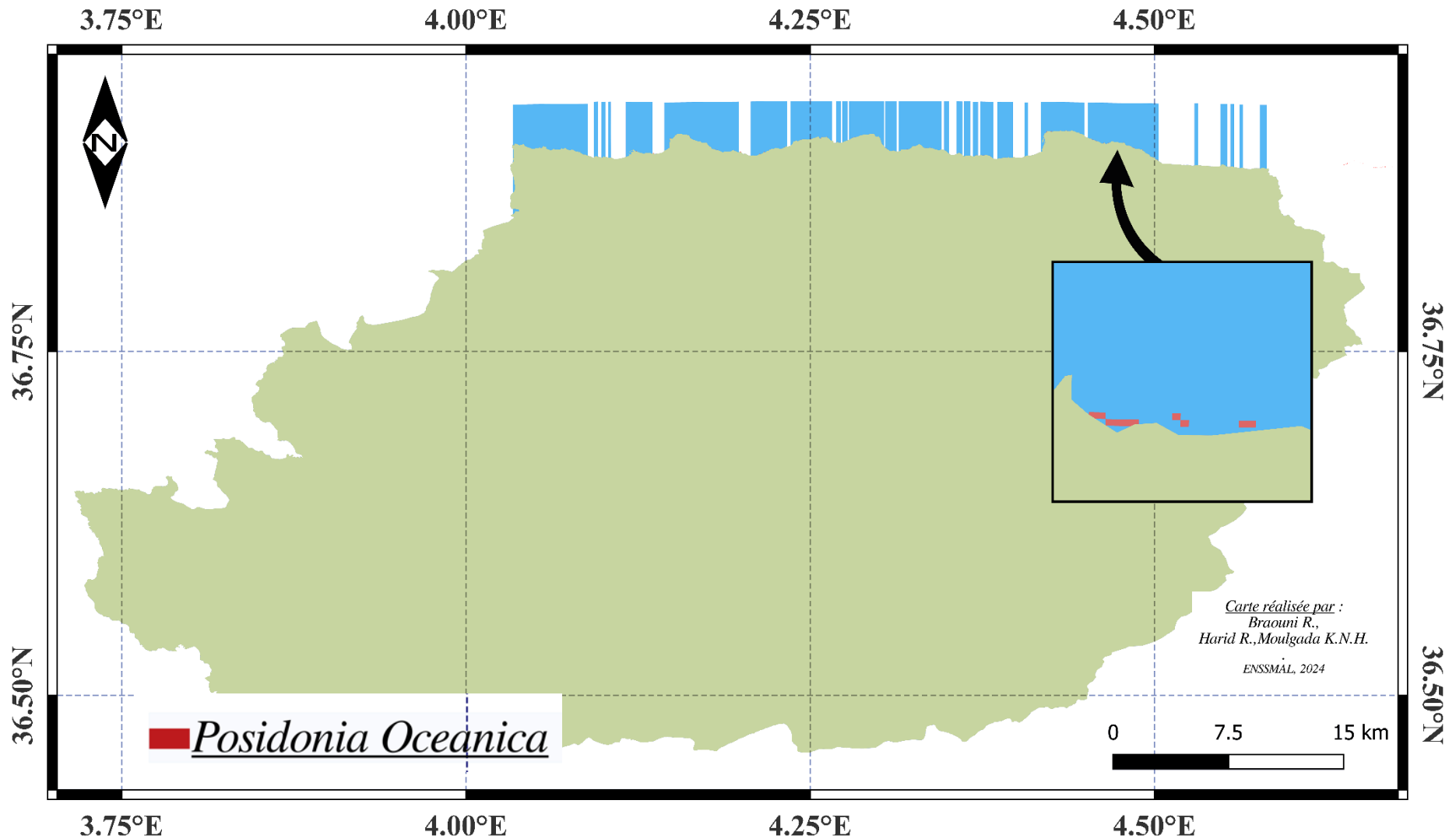


Figure 38 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Tizi Ouzou. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

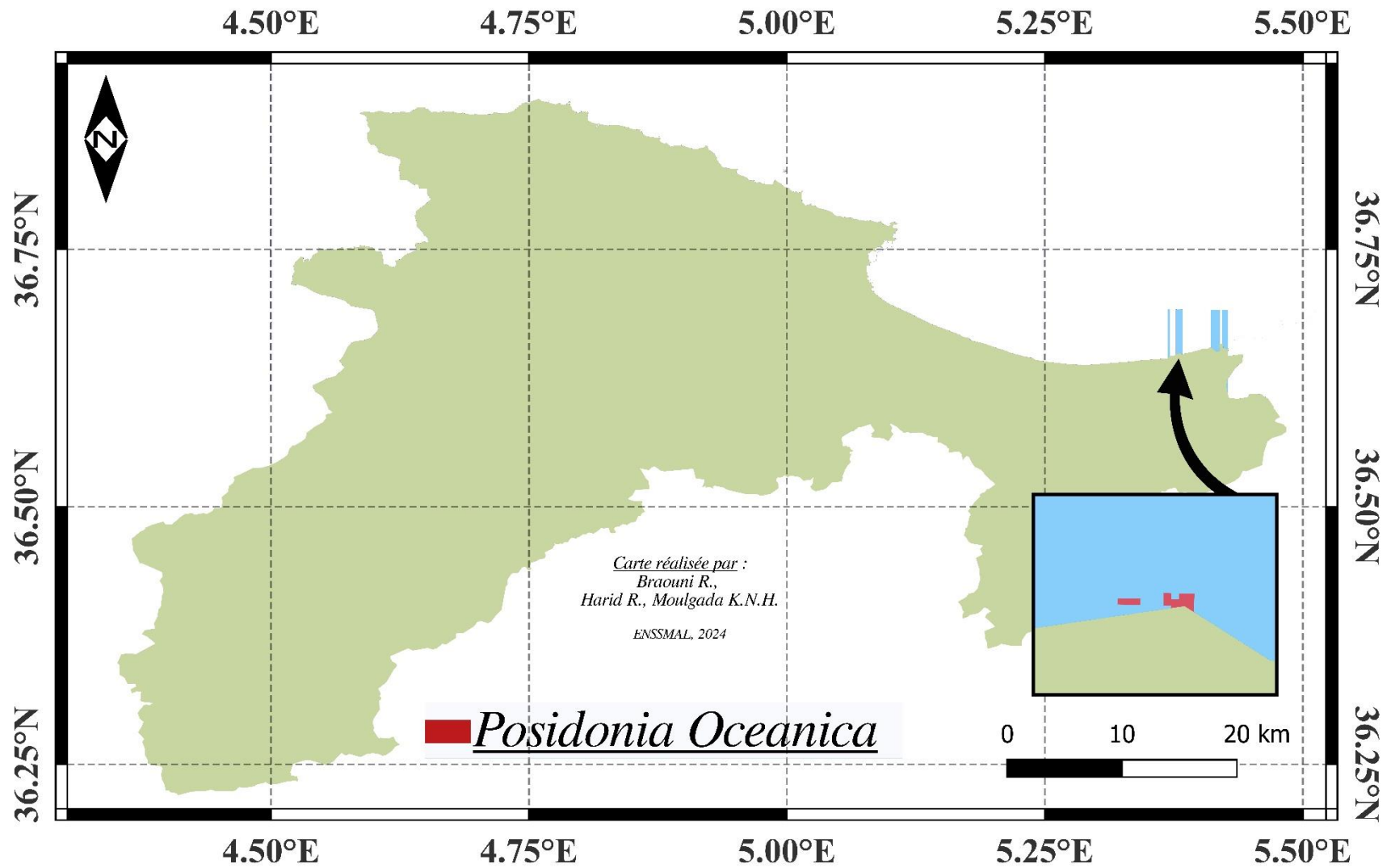


Figure 39 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Béjaia. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

JIJEL

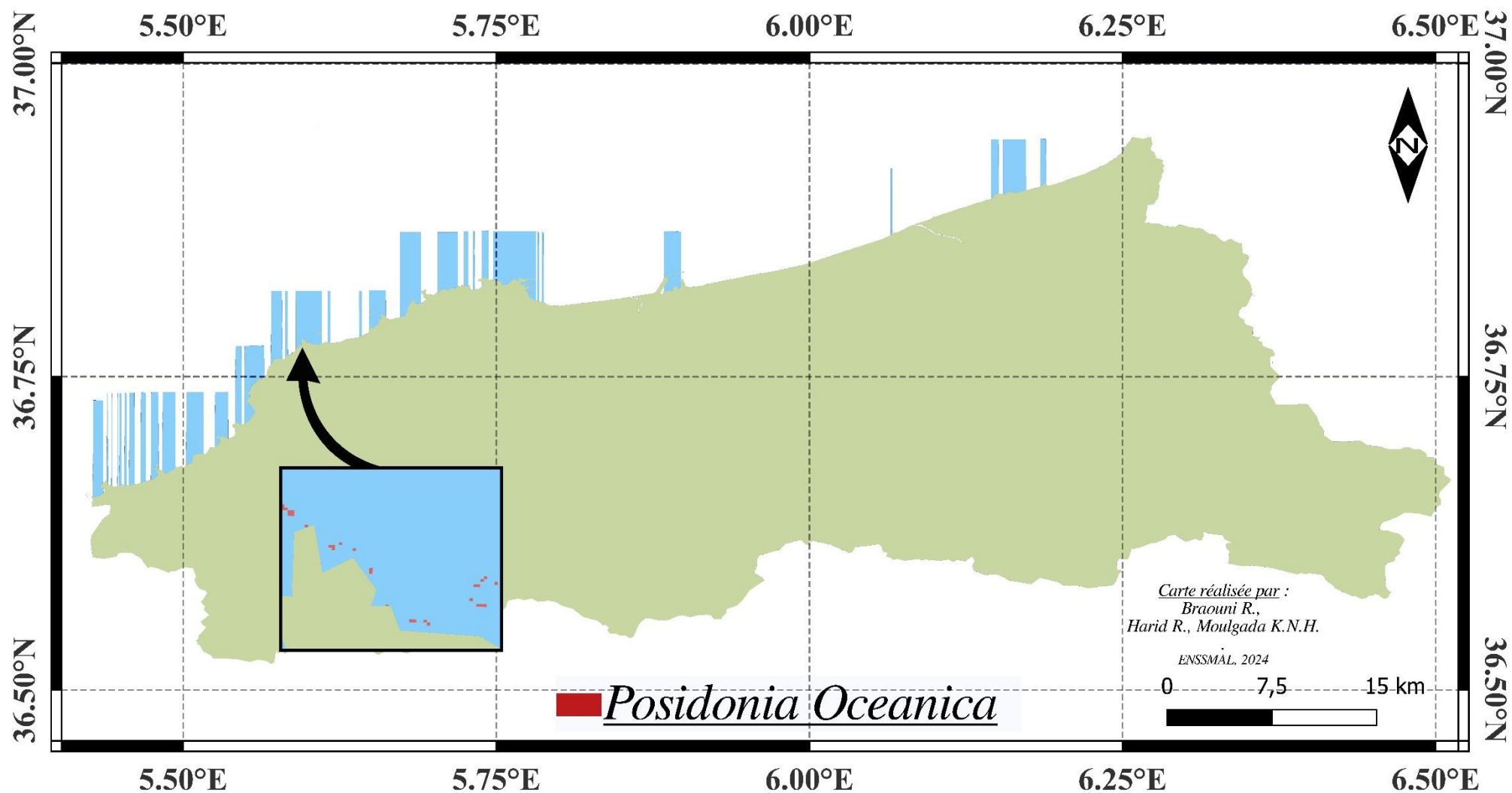


Figure 40 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Jijel. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

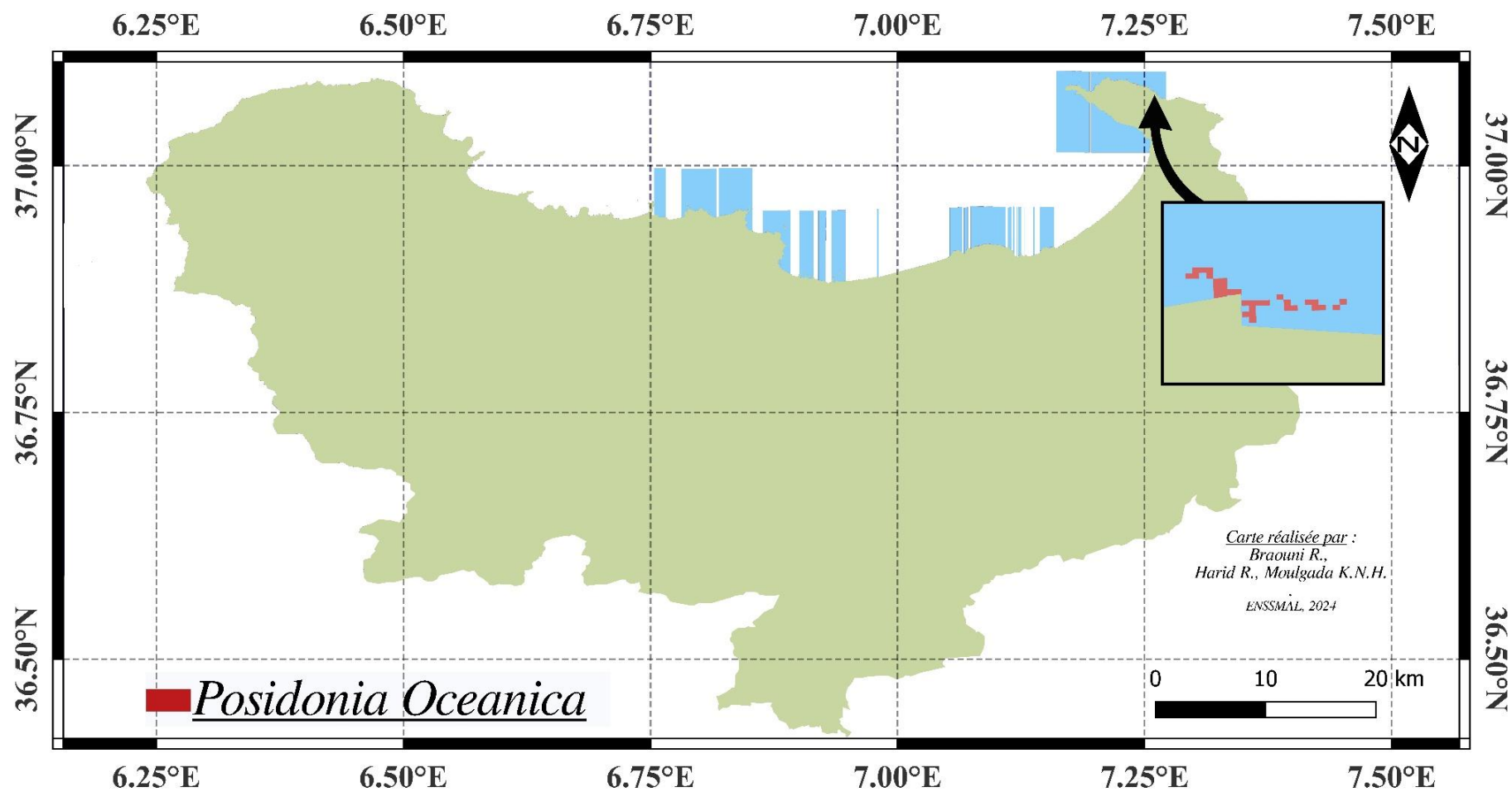


Figure 41 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Skikda. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

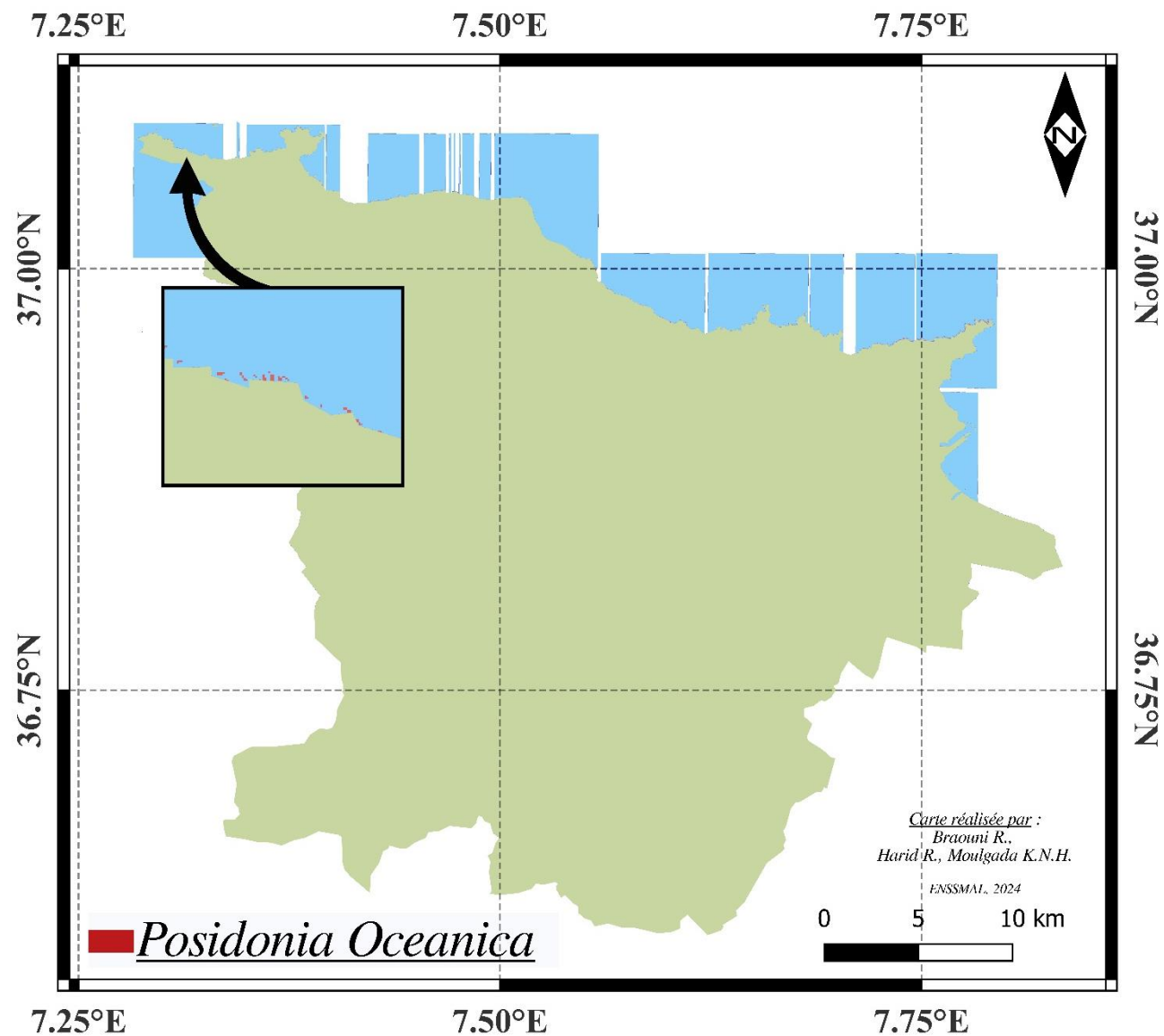


Figure 42 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de Annaba. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

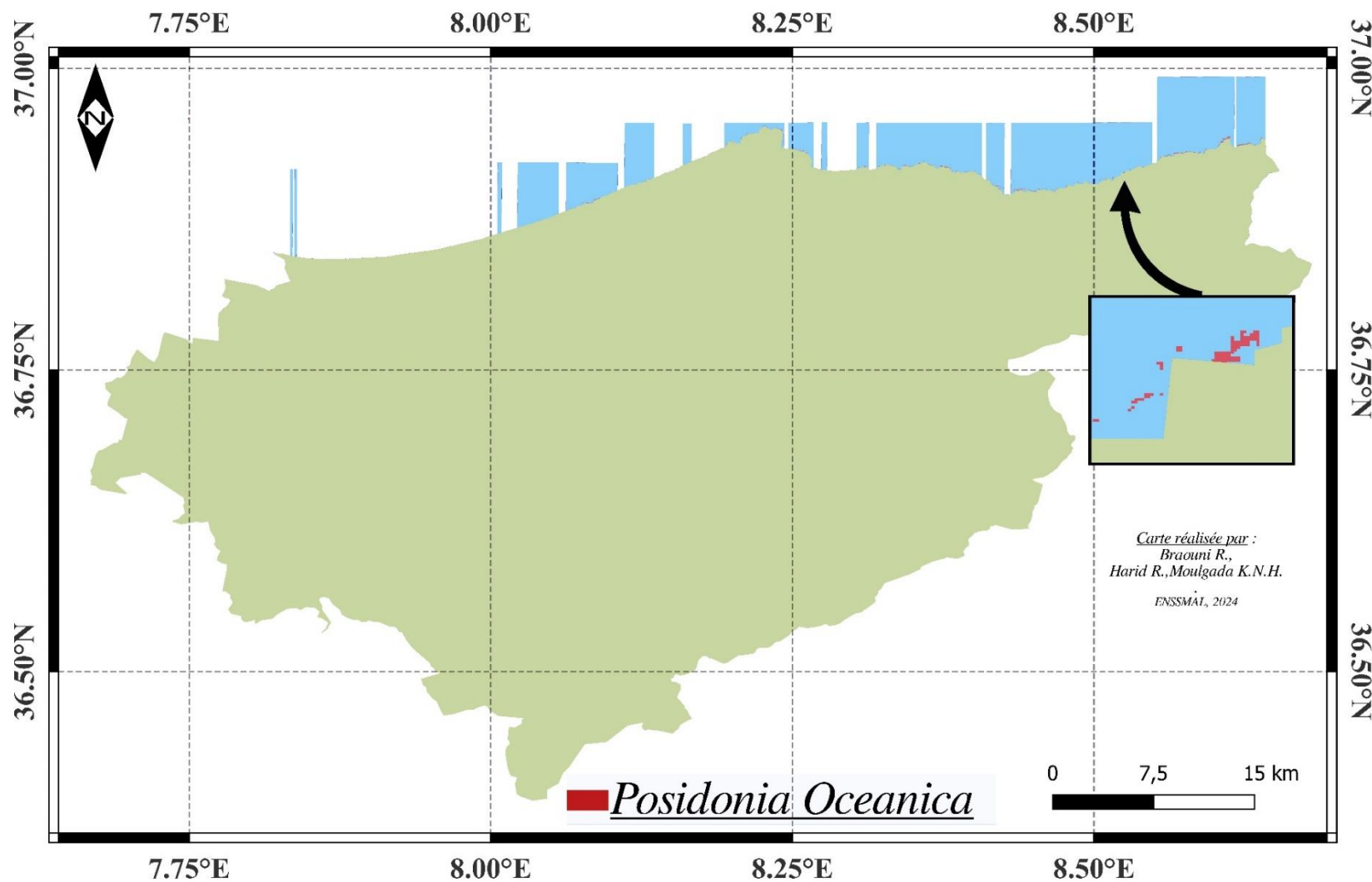


Figure 43 - La distribution de la posidonie dans la wilaya de El Tarf. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

D'après nos résultats, le constat est le suivant : la répartition des prairies de Posidonie le long des côtes algériennes dépend fortement de plusieurs paramètres environnementaux ainsi que des facteurs hydrodynamiques et géologiques (Ruju et al., 2018), Telles que la température de l'eau, la qualité de l'eau, la vitesse du vent, la nature des fonds marins sableuse ou rocheuse (Figure 44) et les pressions anthropiques exercées dans ces zones de croissance de l'herbier (C. Boudouresque et al., 2016) (Moreno et al., 2001).

5.2 Prairie de Posidonie VS⁹ Climat de la région

Les wilayas densément peuplées de l'herbier de posidonie Comme Annaba, El-Tarf, Oran, Tizi Ouzou possèdent un climat favorable à savoir des températures comprises entre 10°C en janvier et 27°C en août, (Figure 13), accompagnées d'une vitesse moyenne du vent de 3 à 4 m/s. Probablement, l'herbier à tendance a montré une forme de résistance face au changement pour se développer.

La faible densité de Posidonie enregistrée dans les wilayas de Béjaïa, Mostaganem et Tlemcen peut être imputée à plusieurs raisons, y compris une température moyenne, et une vitesse de vent plus ou moins constante de 2 à 3 m/s voir (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

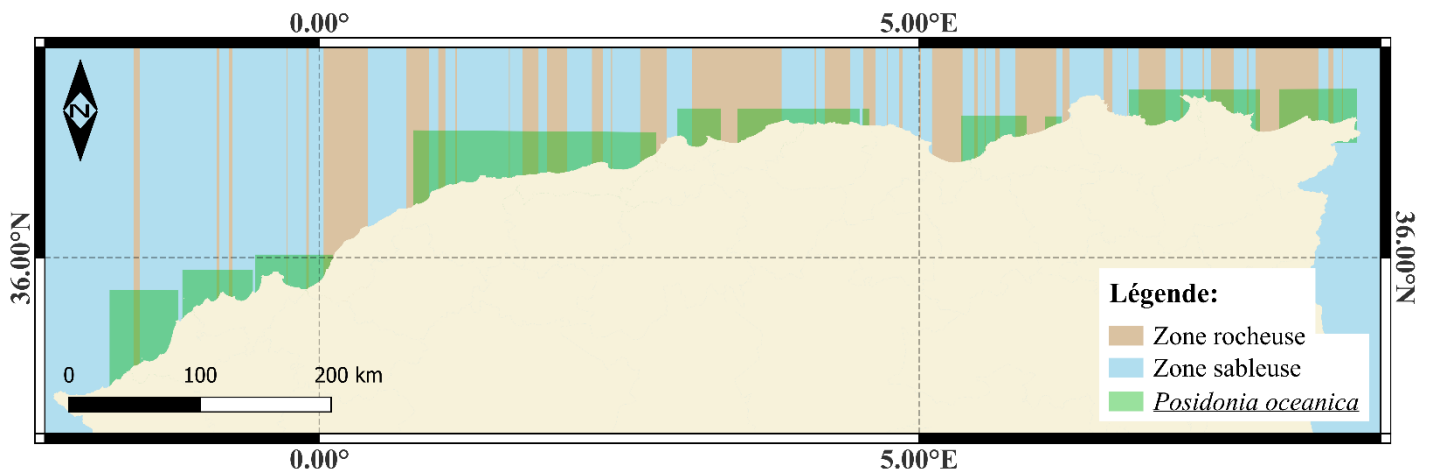
Les wilayas de densité moyenne, à titre d'exemple **Jijel, Boumerdes, Tipaza, Alger et Aïn temouchent**, montrent des fluctuations saisonnières dans la température et la vitesse du vent.

5.3 Prairie de Posidonie VS géomorphologie côtière et sources de pollutions

Les zones ayant une densité élevée présentent généralement une topographie rocheuse et une pollution majoritairement faible même si dans certaines zones comme à Alger, on retrouve une pollution industrielle et urbaine (Figure 45) présumée conséquente. Les fonds rocheux présentent une résilience élevée et permettent l'établissement abondant des prairies, ces derniers fournissent des conditions écologiques très favorables à la croissance de Posidonie (Ruiz et al., 2009 ;(Jahnke et al., 2015).

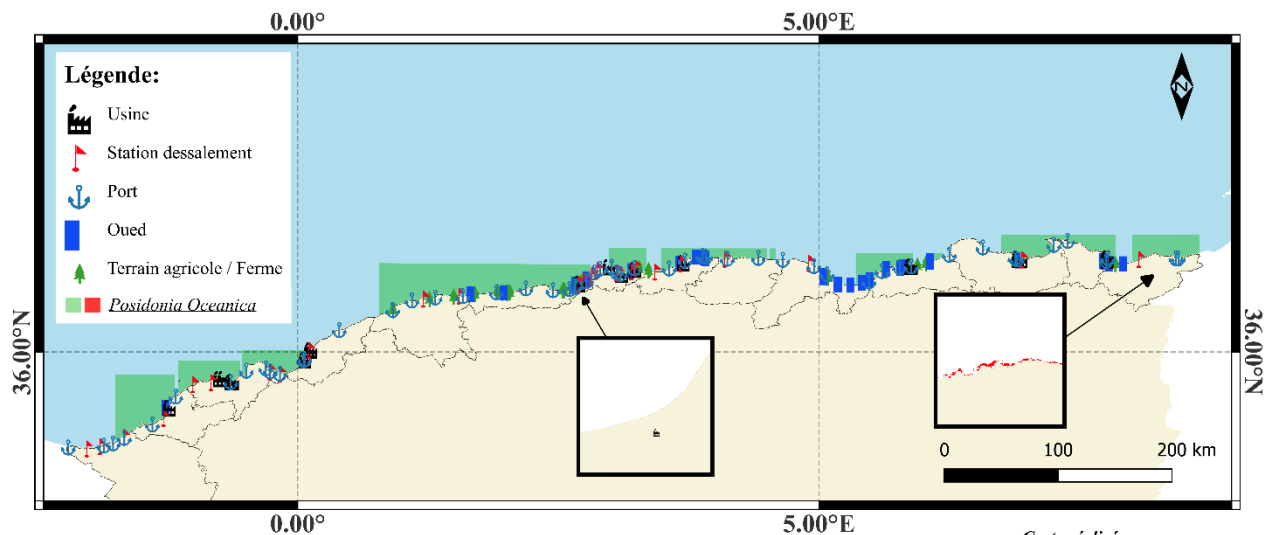
Les zones dont la nature des fonds marins est sableuse peuvent ne pas être aussi favorables à la croissance des herbiers par rapport à la roche des fonds plus structurés. De plus la pollution par les nutriments et les pesticides provenant de l'agriculture est une autre cause de la faible densité des herbiers. La turbidité de l'eau peut également avoir des effets défavorables sur leur croissance de sorte qu'elle soit très limitée (Marbà et al., 2014) (Montefalcone et al., 2007).

⁹ VS : Versus



Carte réalisé par ; Braouni.R., Moulgada.K.N.H.

Figure 44 - Prairie de Posidonie VS géomorphologie côtière. Les données du type de fond « sable/roche » ont été collectées à partir de Harid, 2022. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)



*Carte réalisé par:
Moulgada K.N.H., Braouni R., Harid R.
ENSSMAL 2024*

Figure 45 - Prairie de Posidonie VS Sources de pollutions. Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

5.4 Prairie de Posidonie VS courant marin et bathymétrie

Les résultats d'une étude récente (Ruju et al., 2018) suggèrent que les prairies de *Posidonia oceanica* tolèrent des forçages hydrodynamiques plus forts sur des fonds rocheux que sableux, de plus sa présence est principalement concentrée dans des zones où la profondeur varie entre 0 et 30 à 40 mètres. Cette distribution souligne une préférence claire pour les eaux peu profondes. Cette différence de tolérance des plantes au forçage des vagues en fonction du type

de substrat montre comment les facteurs hydrodynamiques induits par les vagues, ainsi que les processus de transport des sédiments et les caractéristiques du fond marin, jouent un rôle clé dans la détermination de l'emplacement de la limite supérieure de l'herbier.

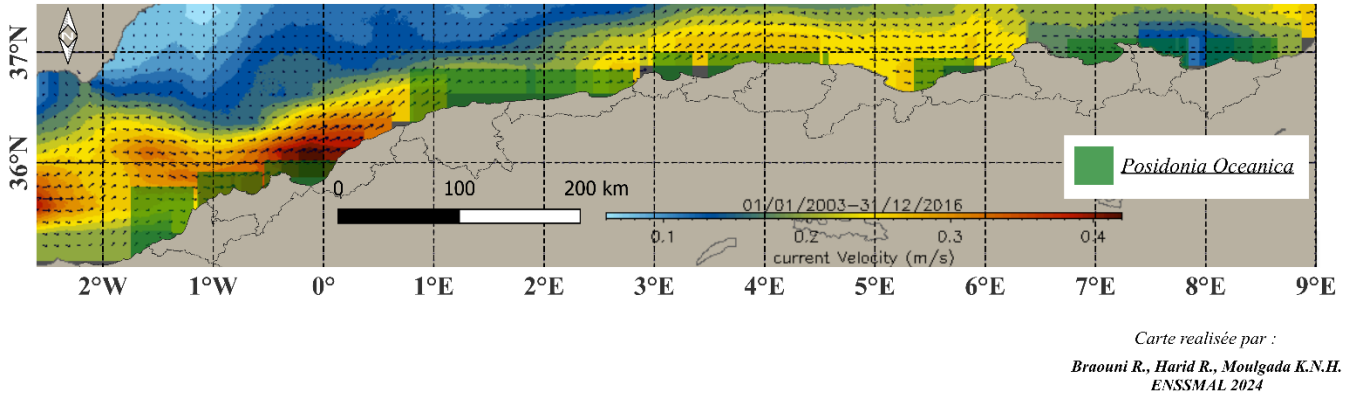


Figure 46 - Prairie de Posidonie VS courant marin (Harid, 2022). Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

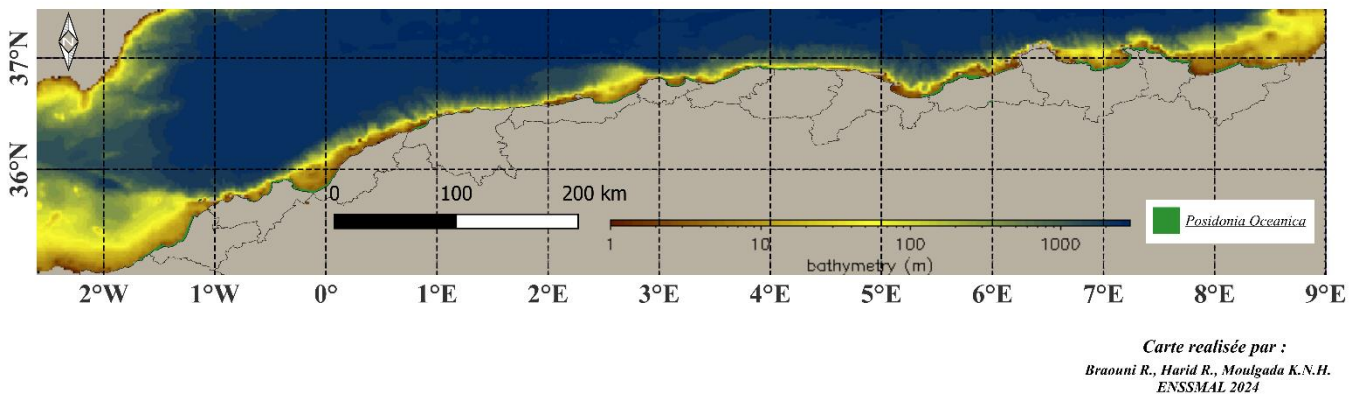


Figure 47 - Prairie de Posidonie VS Bathymétrie (Harid, 2022). Cette figure est générée en utilisant le logiciel libre QGIS (version 3.36.2 (2024-02-24), <https://www.qgis.org>)

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre étude a été de combler le manque notable de travaux de cartographie sur l'herbier de Posidonie. En nous appuyant sur des images satellitaires, nous avons réussi à établir une cartographie détaillée et exhaustive de cette espèce endémique à la méditerranée, couvrant l'ensemble de la côte algérienne.

La densité variable des herbiers de Posidonie le long des côtes algériennes est déterminée par l'interaction d'un certain nombre de facteurs tels que la qualité de l'eau, la température, la vitesse du vent, la nature des fonds marins et la profondeur. La densité élevée d'herbiers dans les villes a profité de bons paramètres environnementaux tels que des eaux propres, des substrats rocheux stables et une pollution minimale. En revanche, les villes avec une densité d'herbiers faible à moyenne ont tendance à être plus durement touchées par l'instabilité des substrats sableux, la pollution d'origine industrielle, urbaine et agricole, ce qui a des effets négatifs sur la croissance et la condition des herbiers de Posidonie.

Ces observations ont permis de prendre conscience de la vulnérabilité de cet écosystème clé et la nécessité de l'évaluation de son état de conservation dans plusieurs zones de la cote Algérienne.

Les résultats mettent en évidence le besoin de la gestion environnementale et de la réglementation de l'atténuation de la pollution dans le développement et la durabilité de la santé des écosystèmes marins, spécifiquement la Posidonie.

Cette cartographie constitue désormais une référence fondamentale pour toute recherche complémentaire sur la Posidonie.

Comme perspectives, nous prévoyons de mener ultérieurement des études statistiques approfondies sur les résultats que nous avons obtenus pour enrichir cette mémoire, mieux comprendre les dynamiques écologiques et de contribuer efficacement à la gestion et la protection de la Posidonie.

Bibliographie

Références bibliographiques

- Abadie, A., 2016.** Étude des intermattes des herbiers à *Posidonia oceanica*. University of Liège/University of Corsica, p.342. https://www.researchgate.net/publication/305621891_Paysages_sous_marins_a_Posidonia_oceanica
- Barrell, J., Grant, J., Hanson, A., & Mahoney, M. (2015).** Evaluating the complementarity of acoustic and satellite remote sensing for seagrass landscape mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 36, 4069-4094. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1076208>
- Belloulou, B, Houma, F., & Otmani, H. (2023).** *Protection and enhancement of the coastal area of the wilaya of El Tarf (Algeria): Automatic analysis using computer tools.* <https://doi.org/10.2478/eko-2023-0031>
- Benmecheta, A., & Belkhir, L. (2016).** *Oil Pollution in the Waters of Algeria.*P.P. 247-262. https://doi.org/10.1007/698_2016_57
- Bentaallah, M. E. A., Baghdadi, D., & Cantasano, N. (2023).** Distribution and status of *Posidonia oceanica* meadows on the North-Western coast of Algeria. *Biosystems Diversity.* <https://doi.org/10.15421/012328>
- Benzohra, M., & Millot, C. (1995).** Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses off Algeria. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 42(10), 1803-1830. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(95\)00043-6](https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)00043-6)
- Bersi, M. (2018a).** *Cours de Télédétection Principes et Applications en Géosciences.*
- Bersi, M. (2018b).** *Cours de Télédétection Principes et Applications en Géosciences.*
- Bonn, F. J., & Rochon, G. (1992).** *Précis de télédétection. Volume 1, Principes et méthodes.* Presses de l'Université du Québec.
- Borum, J., Duarte, C., Krause-Jensen, D., & Greve, T. (2004).** European Seagrasses : An Introduction to Monitoring and Management. *The M&MS project.*
- Boudouresque, C. F. (1996).** *Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2ème édition. GIS posidonie publ. 1-243.*
- Boudouresque, C., & Meinesz, A. (1982).** **Découverte de l'herbier de Posidonies.** *Cahier du Parc National de Port-Cros*, 4, 1-79.
- Boudouresque, C., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T., & Verlaque, M. (2016).** The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow : Fate, role, ecosystem

services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781, P.P.25-42. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2333-y>

Bougadoum, Y. S. (2021). the adequacy and effectiveness of algerian law in protecting the environment. *rimak International Journal of Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.47832/2717-8293.5-3.4>

Colloca, F., & Garofalo, G. (2015). *The Seascape of Demersal Fish Nursery Areas in the North Mediterranean Sea, a First Step Towards the Implementation of Spatial Planning for Trawl Fisheries* -. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119590>

Copernicus Space Component Mission Management Team. (2021). *Sentinel High Level Operations Plan (HLOP)*.

Copernicus.eu. [en ligne] (Consulté le 23 février 2024) disponible sur <https://www.copernicus.eu/fr>

Costanza, R., Andrade, F., Antunes, P., van den Belt, M., et al (1999). Ecological economics and sustainable governance of the oceans. *Ecological Economics*, 31(2), 171-187. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00077-4)

Daby, D. (2003). Effects of seagrass bed removal for tourism purposes in a Mauritian bay. *Environmental Pollution*, 125(3), 313-324. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00125-8)

Den Hartog, C. (1979). Seagrasses and seagrass ecosystems, an appraisal of the research approach. *Aquatic Botany*, 7, 105-117. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(79\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0304-3770(79)90015-9)

Denti, G., Rubino, F., Papa, L., Petrocelli, A., & Fanelli, G. (2023). The ecological status of relict *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile meadows : The case of Cala San Giacomo (Apulia, Adriatic Sea). *2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea)*, P.P.207-211. <https://doi.org/10.1109/MetroSea58055.2023.10317146>

D'Esposito, D., Orrù, L., Dattolo, E., & Bernardo, L. (2016). *Transcriptome characterisation and simple sequence repeat marker discovery in the seagrass *Posidonia oceanica**. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.115>

Didier, & Poidevin. (2007). Manuel de cartographie, extrait de son ouvrage «la carte : Moyen d'action ». 96 pp. Aux éditions Ellipses. *Espace Populations Sociétés*, 17(3), P.501.

- Duarte, C. M. (2000).** Marine biodiversity and ecosystem services : An elusive link. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250(1-2), 117-131. [https://doi.org/10.1016/s0022-0981\(00\)00194-5](https://doi.org/10.1016/s0022-0981(00)00194-5)
- Durand, J. (2022).** *Cartographies des caractéristiques de surfaces du sol par traitement d'images satellites optiques multi-sources et multi-temporelles : Cas de la végétation verte, du faciès, du travail du sol, et des états de surface.*
- Encarni, M.-L. (2020).** *Machine Learning and the End of Atmospheric Corrections : A Comparison between High-Resolution Sea Surface Salinity in Coastal Areas from Top and Bottom of Atmosphere Sentinel-2 Imagery.*
- Fakiris, E., Giannakopoulos, V., Leftheriotis, G., Dimas, A., & Papatheodorou, G. (2023).** Predictive Mapping of Mediterranean Seagrasses-Exploring the Influence of Seafloor Light and Wave Energy on Their Fine-Scale Spatial Variability. *Remote. Sens.*, 15. <https://doi.org/10.3390/rs15112943>
- Fornes, A., Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., Alvarez, A., & Tintoré, J. (2006).** Mapping *Posidonia oceanica* from IKONOS. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60, 315-322. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2006.04.002>
- Francour, P. (2000).** *Long term monitoring of Posidonia oceanica fish assemblages of the Scandola Marine Reserve (Corsica, northwestern Mediterranean).* https://www.researchgate.net/publication/281981011_Long_term_monitoring_of_Posidonia_oceanica_fish_assemblages_of_the_Scandola_Marine_Reserve_Corsica_northwestern_Mediterranean
- González, F. E., Ruiz, J. M., & Acosta, F. M. (2014).** *Manuel TELECAN Fondements de Télédétection Spatiale.*
- Grissac, A., & Boudouresque, C. (1985).** Rôles des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers : Les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Marseille*, 1, P.P.143-151.
- Hamimeche, Maoudi, et Merazka. (2015).** *Caractérisation phénologique et biométrique des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile, de l'Aire Marine Protégée de Taza (Jijel, Algérie).*
- Harid, R. (2022).** *Étude par télédétection et mesures in situ des efflorescences algales et de la matière en suspension dans le Bassin Algérien* Thèse de Doctorat. Environnement, Dely Ibrahim ENSSMAL.

- Jahnke, M., Olsen, J., & Procaccini, G. (2015).** A meta-analysis reveals a positive correlation between genetic diversity metrics and environmental status in the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Molecular Ecology*, 24. <https://doi.org/10.1111/mec.13174>
- Julve, (2021).** [en ligne] (Consulté le 24 avril 2024) Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Disponible en ligne sur : *Tela Botanica*. <https://www.tela-botanica.org/eflore/>
- Kaddar, B. (2022).** *Basics Principles of Remote Sensing And GIS*.
- Koedsin, W, Intararuang, W, Ritchie, R, & Huete, A. (2016).** Une méthode intégrée de terrain et de télédétection pour cartographier les espèces d'herbiers marins, le couvert et la biomasse dans le sud de la Thaïlande. *Remote. Sens*. <https://doi.org/10.3390/rs8040292>.
- Kuo, J., & Den Hartog, C. (2001).** Seagrass taxonomy and identification key. In F. T. Short & R. G. Coles (Éds.), *Global Seagrass Research Methods: Vol. N/A* (p. 31-58). Elsevier.
- López-Merino, L., Colás-Ruiz, N., Adame, M., Serrano, O., Cortizas, A., & Mateo, M. (2017).** A six thousand-year record of climate and land-use change from Mediterranean seagrass mats. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12741>.
- Mankou-Haddadi, N., Bachir-bey, M., Galgani, F., Mokrane, K., & Sidi, H. (2021).** Benthic marine litter in the coastal zone of Bejaia (Algeria) as indicators of anthropogenic pollution. *Marine pollution bulletin*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112634>
- Marbà, N., Díaz-Almela, E., & Duarte, C. M. (2014).** Disparition des herbiers marins méditerranéens (*Posidonia oceanica*) entre 1842 et 2009. *Biological Conservation*, P.P.176, 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.024>
- Marc, R.** [en ligne] (Consulté le 22 Mars 2024) *Télédétection—Des satellites aux SIG - Marc Robin—Librairie Eyrolles*. Disponible sur : <https://www.eyrolles.com/Sciences/Livre/teledetection-9782091912240/>
- Mayot, Boudouresque, CharBonnell. (2006).** *Changes over time of Shoot Density of the mediterranean seagrass Posidonia oceanica at its depth Limit*. https://people.mio.osupytheas.fr/~boudouresque/Publications_pdf/Mayot_et_al_2006_Biol_mar_Medit.pdf
- Meddour, R., Sahar, O., & Médail, F. (2021).** Checklist of the native tree flora of Algeria : Diversity, distribution, and conservation. *Plant Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2021.1868>

- Medina-Lopez, E. (2020).** Machine Learning and the End of Atmospheric Corrections : A Comparison between High-Resolution Sea Surface Salinity in Coastal Areas from Top and Bottom of Atmosphere Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 12(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/rs12182924>
- Merzougui, M., Nasri, M., & El allaoui, A. (2016).** *Isodata et les algorithmes génétiques pour une classification non supervisée.*
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Morri, C., & Bianchi, C. N. (2007).** Urban seagrass : Status of *Posidonia oceanica* facing the Genoa city waterfront (Italy) and implications for management. *Marine Pollution Bulletin*, 54(2), 206-213. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.10.005>
- Moreno, D., Aguilera, P., & Castro, H. (2001).** Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows : Implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation*, 102, 325-332. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00080-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00080-5)
- NOAA CoastWatch East Coast Node.** (Consulté le 30 mars 2024). *MODIS Rrs667—NOAA CoastWatch East Coast Node.* Disponible sur : https://eastcoast.coastwatch.noaa.gov/cw_rrs667.php
- Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., & Pergent, G. (1999).** Environmental impact identification along the Corsican coast (Mediterranean sea) using image processing. *Aquatic Botany*, 65(1-4), 311-320. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00048-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00048-0)
- Peirano, A., Cocito, S., Banfi, V., & Cupido, R. (2011).** *Phenology of the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica (L.) Delile : Medium and long-term cycles and climate inferences.* <https://doi.org/10.1016/J.AQUABOT.2010.11.007>.
- Pergent, G., Baziari, H., Bianchi, C., Boudouresque, C. F., Buia, M. C., Clabaut, P., Harmelin-Vivien, M., Mateo, M. A., Montefalcone, M., Morri, C., Orfanidis, S., Pergent, C., Semroud, R., Serrano, O., & Verlaque, M. (2012).** *Mediterranean Seagrass Meadows : Resilience and Contribution to Climate Change Mitigation.*
- Pergent, G., Rico-Raimondino, V., & Pergent-Martini, C. (1997).** Devenir de la production primaire dans les prairies de *Posidonia oceanica* de la Méditerranée. *Aquatic Botany*, 59(3), 307-321. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(97\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(97)00052-1)

- Philippe, V. (2017, janvier 1).** *Les orbites*. Destination Orbite. <https://destination-orbite.net/astronautique/satellites/les-orbites>
- Platini, F. (2000).** *La protection des habitats aux herbiers en Méditerranée. Rapp. PNUE, PAM, CAR/ASP Edit. PNUE publ. 1-65.*
- Porcher, M. (1984).** *Impact des mouillages forains sur les herbiers à Posidonia oceanica. In : International Workshop on Posidonia oceanica Beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edit., GIS Posidonie publ. 1, 145-148.*
- QGIS.org.** [En ligne](Consulté le 13 janvier 2024). Disponible sur : *QGIS*. <https://www.qgis.org/fr/site/>
- Quilleuc, A. L., Collin, A., Jasinski, M., & Devillers, R. (2021).** Very High-Resolution Satellite-Derived Bathymetry and Habitat Mapping Using Pleiades-1 and ICESat-2. *Remote Sens.*, 14. <https://doi.org/10.3390/rs14010133>
- Raphaël, R. (2019).** *R (langage de programmation)*. file:///C:/Users/HP/Zotero/storage/DR4IVG2P/473-r-langage-de-programmation.html
- Rende, S. F., Bosman, A., Di Mento, R., Bruno, F., Lagudi, A., Irving, A. D., Dattola, L., Giambattista, L. D., Lanera, P., Proietti, R., Parlagreco, L., Stroobant, M., & Cellini, E. (2020).** Ultra-High-Resolution Mapping of Posidonia oceanica (L.) Delile Meadows through Acoustic, Optical Data and Object-based Image Classification. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/jmse8090647>
- Roelfsema, C., Lyons, M., Kovacs, E., Maxwell, P., Saunders, M., Samper-Villarreal, J., & Phinn, S. (2014).** Multi-temporal mapping of seagrass cover, species and biomass : A semi-automated object based image analysis approach. *Remote Sensing of Environment*, 150, 172-187. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2014.05.001>
- Ruiz, J. M., & Romero, J. (2003).** Effets des perturbations causées par les constructions côtières sur la structure spatiale, la dynamique de croissance et la photosynthèse de l'herbier marin *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 46(12), 1523-1533. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.08.021>
- Ruju, A., Ibba, A., Porta, M., Buosi, C., Passarella, M., & Muro, S. D. (2018).** The role of hydrodynamic forcing, sediment transport processes and bottom substratum in the shoreward development of *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2018.06.025>

- Sasgis.org.** (Consulté le 30 janvier 2024). Disponible sur : <https://www.sasgis.org/sasplaneta/>
- Semroud, R., Verlaque, R., Crouzet, A., & Boudouresque, C. F. (1992).** Sur une forme feuillue de l'herbier marin *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) d'Alger (Algérie). *Aquatic Botany*, 43(2), 181-198. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(92\)90042-H](https://doi.org/10.1016/0304-3770(92)90042-H)
- Suchanek, T. (1994).** Temperate Coastal Marine Communities : Biodiversity and Threats. *Integrative and Comparative Biology*, 34, P.P 100-114. <https://doi.org/10.1093/ICB/34.1.100>
- Terrados, J., Agawin, N. S. R., Duarte, C. M., Fortes, M. D., Kamp-Nielsen, L., & Borum, J. (1999).** Nutrient limitation of the tropical seagrass *Enhalus acoroides* (L.) Royle in Cape Bolinao, NW Philippines. *Aquatic Botany*, 65(1),P.P 123-139. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00036-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00036-4)
- Tonielli, R., Innangi, S., Budillon, F., Martino, G. D., Felsani, M., Giardina, F., Innangi, M., & Filiciotto, F. (2016).** Distribution of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows around Lampedusa Island (Strait of Sicily, Italy). *Journal of Maps*, 12,P.P 249-260. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1195298>
- Traganos, D., Aggarwal, B., Poursanidis, D., Topouzelis, K., Chrysoulakis, N., & Reinartz, P. (2018).** Towards Global-Scale Seagrass Mapping and Monitoring Using Sentinel-2 on Google Earth Engine : The Case Study of the Aegean and Ionian Seas. *Remote. Sens.*, 10. <https://doi.org/10.3390/rs10081227>
- Vela, A. (2006a).** *Fonctionnement et production primaire des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile en Méditerranée.* <https://doi.org/10.13140/2.1.1806.4161>
- Walker, D. I., Lukatelich, R. J., Bastyan, G., & McComb, A. J. (1989).** Effect of boat moorings on seagrass beds near Perth, Western Australia. *Aquatic Botany*, 36(1), 69-77. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(89\)90092-2](https://doi.org/10.1016/0304-3770(89)90092-2)

Annexe

Les Annexes

Annexe 1

Tableau 3 - Les caractéristiques du Satellite Sentinel

Satellite		Mise en service	Résolution Spatiale	Résolution Spectrale	Résolution Temporelle	Les bandes Spectrales	La fauché
Sentinel-1	A	2014	5 m	/	12jours	Il utilise les données radar	410km
	B	2016					
Sentinel-2	A	2015	4bandes à 10 m, 6 bandes à20m 3bandes à 60m	/	5 jours	13 bandes (visible Proche infrarouge et infrarouge court	290km
	B	2017					
Sentinel-3	A	2016	~300 m	0,6 à 12	1 à 2 jours	9 bandes spectrales	OLCI 1270km SLSTR 1420km
	B	2018					
Sentinel-5P		2017	Jusqu'à 5,5* km x 3,5 km.	/	1 jour	7 bandes spectrales	2600Km

Annexe 2

Année	Auteur (s)	Zone (s)	Méthode utilisée	Résultats
1936	Vaissiere et Fredj	Annaba, Alger, Bou-Ismaïl et Arzew (Oran)	Utilisation des coups de beuves	Les herbiers se trouvent au sud de la baie de Annaba où ils ne dépassent pas 25m de profondeur, dans la région centre ils atteignent 15 à 30m de profondeur dans la baie de Bou-Ismaïl baie d'Alger et à l'Est ou ils se trouvent limités à quelques aires réduites, Enfin dans la baie d'Arzew ils atteignent 40m de Profondeur.
1952	Molinier et Picard	Entre Castiglione (Bou-Ismaïl) et Fouka	Réalisation des coupes montrant la répartition verticale de diverses biocénoses avec l'établissement d'une carte bionomique.	Les herbiers ne dépassaient pas l'isobathe de 20 m et soulignent l'importance de l'influence des courants parallèles à la côte et des apports de l'oued Mazafran.
1969	Le Gall	L'anse de Kouali et l'anse ouest de Sidi Fredj		Réalisation d'une représentation biocénétique des herbiers de Posidonie.
1989	Braïk	Une zone de 3km de côte, couvrant 75m de profil entre - 7m et -40m de fonds dans la région de Bou-Ismaïl.	Utilisation du sonar latéral	L'herbier de posidonie occupe la partie occidentale du site avec une limite supérieure située à 450m de la côte à une profondeur de - 5m. l'auteur a constaté une dégradation de l'herbier actuellement la situation doit être plus préoccupante vue la persistance des menaces et les aménagements effectués.
1995	Boumaza	L'anse de kouali (Tipaza)	La carte a été établie grâce à l'utilisation d'une photographie aérienne en noir et blanc au 1/10000 ^e	Réalisation d'une carte des principales biocénoses benthiques avec la précision de la nature du fond et l'établissement des limites de la Posidonie.

Année	Auteur (s)	Zone (s)	Méthode utilisée	Résultats
1996	Seguini et Naceurs	L'Anse de Kouali (TIPAZA)	La limite supérieure de l'herbier à posidonie a été Cartographiée grâce à une Bouée de signalisation maintenue à la verticale du fond par un plongeur, le positionnement des points a été fait par triangulation à l'aide de deux théodolites placés à terre.	L'herbier de Posidonie occupe une surface de 2.5Km ² , Il affleure, près du rivage, la surface de l'eau en constituant un récif barrière isolant derrière lui un lagon, atteint 10m de profondeur au niveau du goulet, mais la limite inférieure se situe selon Semroud (1996) à 20m.
1952	Ghehioueche et Zelmat	La plage de la thalassothérapie (Sidi Fredj)	Utilisation des transects	La superficie occupée par les herbiers de posidonies est estimée à environ 2.5ha l'herbier situé au large au pied du grand îlot n'a pas subi de dégradation, il occupe 30% de la superficie totale, dans les autres ensembles la présence de plusieurs chenaux d'intermattes témoigne d'une régression flagrante des herbiers, l'ensemble du secteur s'étalant du pied du complexe de la thalassothérapie a complètement disparue, il représentait 25% de la superficie totale. Une surface de 0.8ha correspondait à la matte morte, 25% de cette matte a disparu et a laissé la place à du sable grossier et des galets.

Année	Auteur (s)	Zone (s)	Méthode utilisée	Résultats
2006	Lamouti	La zone du PAC (Plage de la thalassothérapie Sidi Fredj)	Inspirée de la de la méthode de cartographie décrite par De Vaugela (1998) mais qu'ils ont entièrement modifiés.	Cartographie d'une zone de 9750m ² . <i>Posidonia oceanica</i> occupe environ 4275m ² soit 44% de la surface cartographiée. Les prairies mixtes de zostéracées et de Cymodocées occupent 1800m ² soit environs 18.5 % et le sable 2275m ² soit 23.33%, reste de la surface est occupé par du sable biogène, de la roche, des graviers. <i>Caulerpa racemosa</i> occupe une surface avoisinant 4 m ² .

2015	Boukortt	Ouled El Hillel (Wilaya de Ain Témouchent), Hadjret En Nouss et les trois anses de Kouali (Wilaya de Tipaza)	Utilisation des transects et réalisation de plusieurs plongées (pour la zone d'Ouled El Hillel), Et l'utilisation des images de Google Earth et la réalisation de plusieurs plongées pour la zone des trois anses de Kouali. Utilisation de la méthode vidéo vérité-terrain.	Établissement des cartes des principaux habitats marins et types de fond des trois sites d'étude.
2016	Zerrouk Chabane	Cartographie de la limite supérieure de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> et du Trottoir à Vermets dans la région de Tipaza	cartographie décrite par PASQUALINI et al. (1998) qui est une méthode indirecte (utilisation des photographies aériennes, images satellites), qui permet de couvrir d'assez larges surfaces avec une bonne précision.	La cartographie de la limite supérieure du site de la Corne d'Or permet de distinguer un herbier à <i>Posidonia oceanica</i> qui présente des invaginations, la présence de ces ondulations au niveau de l'herbier site de l'Anse de Kouali située à l'Ouest permet de distinguer un herbier bien développé qui occupe une superficie très importante et continue interrompue par des plages de sable à l'Est la superficie est moins importante que le côté ouest
2020	Lytissia Arour	Recensement et cartographie des formations récifales des cotes Algérienne		La présence des récifs-barrières est très localisée dans des zones bien distinctes sur le littoral de la wilaya d'Oran, dans la baie de Bou-Ismaïl et au niveau des parcs nationaux de Gouraya et d'El Kala ce sont des zones où les herbiers à <i>P. oceanica</i> sont relativement très répandus

Annexe

BMC

STARTUP

Cet Annexe s'inscrit Dans l'arrêté ministériel le 1275

Dans le même cadre nous avons suivi une formation continue encadré par l'incubateur de notre Ecole : Le ' BLUE ICUBATEUR' de l'Ecole Nationale Supérieure des Science de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Nous avons été guidé par la responsable de l'incubateur Mme MAOUEL Djamila le long de notre dernier semestre ou nous avons fait des modules encadrés par des spécialistes du domaine et Nous avons rédigé Notre BMC selon le guide proposé par le ministère Le guide du 1275

Le profil de notre projet est : STARTUP avec une innovation technologique

Selon Nomenclature des Activités Economiques du Ministère du Commerce et de la Promotion des Exportations et Centre National du Registre du Commerce

Le CODE de note Activité est le 607083 qui est PRODUCTION D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES A L'AIDE D'IMAGES (ACTIVITE REGLEMENTEE).

Activité règlementée dont l'autorisation doit être obtenues par LE MINISTERE DE LA DEFENSE NATIONALE LES FORCES NAVALES

I. Premier axe : Présentation du projet

– 1. L'idée de projet (la solution proposée) :

- La Problématique : La destruction des herbiers de posidonie due aux ancrages des navires.

- Comment se fait-il ?

Ils sont plus de **15 000** à mouiller leur ancre le long des côtes de la méditerranée Algérienne plus ils sont grands plus leur ancre sont lourdes et plus leur impact sur les fonds marins est important il laisse deux grandes cicatrices sur les herbiers de posidonie.

- Pourquoi faut-il protéger cet herbier ?

La posidonie forme de vastes prairies sous-marines visibles depuis l'espace elle est l'une des rares plantes à fleurs à avoir colonisé le monde marin ces formations végétales sont âgées de plus de cent mille ans c'est l'un des organismes vivants les plus vieux de notre planète.

- La posidonie oxygène l'eau,**
- Stabilise les plages véritable puits de carbone**
- Un refuge pour la faune marine.**

C'est pourquoi depuis plus de 30 ans elle est protégée par la loi, sa destruction est interdite pourtant elle reste encore aujourd'hui menacé la protection de la posidonie a permis de limiter sa destruction mais depuis plus de 15 ans notre littoral doit faire face à une nouvelle menace l'ancrage répétées des grands bateaux de plaisance

L'ancre des gros navires s'enfonce puis arrache les feuilles les faisceaux les racines sont mises à nu sous forme de blocs les dégâts sont si importants qu'ils sont irréversibles à notre échelle de vie.

« En une nuit un bateau peut causer des blessures qui mettront plus d'un siècle à guérir »

Notre patrimoine naturel disparaît sous nos yeux la raison pour laquelle notre idée a germé En interdisant l'ancrage dans les herbiers de posidonie on aide les gestionnaires à contrôler les zones de mouillage mobilisons les moyens technologiques et réglementaires nécessaires pour que cesse ce désastre écologique agissons pour préserver notre écosystème naturel et assurer l'avenir de la mer.

- La Solution : Création d'une application mobile qui permet aux navires de localiser les herbiers de posidonie et d'ancrer en dehors de ces zones sensibles.

– 2. Les Valeurs suggérées

- Préservation de l'environnement marin : Protection des écosystèmes marins essentiels.

- Navigation sécurisée : Réduction des risques pour les navires en leur fournissant des informations précises.

- Responsabilité sociale : Encouragement des pratiques respectueuses de l'environnement.

Notre Projet répond à 3 objectifs des ODD (Objectifs du développement durable) qui sont :

- **ODD N°5**: Égalité des sexes on Offre des programmes de formation et de développement pour soutenir les carrières des femmes.
- **ODD N°13** : lutte contre le changement climatique est une conséquence de la réalisation de notre projet en protégeant l’herbier nous contribuant d’une manière direct à l’atténuation du réchauffement climatique.
- **ODD N°14** : Protection des ressources marines (l’application est une technologie pour surveiller la santé des écosystèmes marins dont l’herbier de posidonie).

– 3. L’équipe

- Etudiante 1 : **Braouni Roumaïssa** a suivi des formations en :
 - Ingénierie de l’environnement marin (cursus)
 - Formation en design UXUI Développement de l’interface d’applications mobiles
 - Formation en programmation avec Python
 - Plongée sous-marines
 - Formation avancés en anglais.

Etudiante 2 : Moulgada Khaoula a suivi des formations en :

- Ingénierie de l’environnement marin (cursus)
- Formation en Traitement des images
- Formation en programmation avec R
- Plongée sous-marines.

- Futur association avec des étudiants (4) de l’ESI (compétences développement application).
- Futur association avec un Spécialiste en marketing digital (en cours de négociations).

– 4. Les Objectifs du projet

- **Court terme** : Lancement de l’application sur Play store avec une base de données initiale des herbiers de posidonie.
- **Moyen terme** : Atteindre 15 000 utilisateurs actifs en Algérie.
- **Long terme** : Expansion de la base de données pour inclure d’autres régions méditerranéennes. (Le Maroc, la Tunisie, l’Espagne, France et l’Italie) le cercle de la méditerranée.

– 5. Le planning de réalisation du projet :

- Phase 1 : Recherche et collecte de données (4 mois : phase déjà complète grâce à notre travail de recherche PFE)
- Phase 2 : Développement de l’application (1 mois)
- Phase 3 : Tests et optimisation de l’application (2 mois)
- Phase 4 : Lancement et promotion (2 mois)

– **Deuxième axe : Aspects innovants**

1. La nature de l'innovation

C'est la première application sur le territoire Algérien qui :

- Réalité augmentée : Visualisation des herbiers sous l'eau via l'application.
- Technologie GPS intégrée : Utilisation du GPS pour fournir des informations précises Sur la localisation des herbiers.
- Propose d'aide à la navigation
- Met en relation les armateurs de la mer avec les scientifiques et les décideurs
- Propose la protection de la biodiversité en temps réel
- Possibilité de faire des signalisations des anomalies ou des espèces en danger ou l'observation des espèces en voie d'extinction avec la position in situ.

2. Les domaines d'innovation

- **Technologique** : Développement de fonctionnalités avancées pour la cartographie et la navigation.
- **Écologique** : Solutions pour la protection des écosystèmes marins.
- **Éducatif** : Sensibilisation et formation des utilisateurs sur les pratiques de navigation respectueuses.



- *Troisième axe : Analyse stratégique du marché*
- **1. Le segment du marché :**
- *- Entreprises de Navires commerciaux, de pêche et de plaisance*
 - *Navires de commerce*
 - ↪ **Algérie Ferries (Entreprise Nationale de Transport Maritime de Voyageurs - ENTMV)**
 - Gère les lignes de transport de passagers et de véhicules entre l'Algérie et plusieurs pays européens.
 - ↪ **Compagnie Nationale Algérienne de Navigation (CNAN)**
 - CNAN Nord : Spécialisée dans le transport maritime international.
 - CNAN Med : Se concentre sur le transport maritime régional.
 - ↪ **Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL)**
 - Gère le port d'Alger, facilitant le commerce maritime.
 - ↪ **Entreprise Nationale de Transport Maritime des Hydrocarbures et des Produits Chimiques (Hyproc Shipping Company)**
 - Spécialisée dans le transport de pétrole et de gaz.
 - ↪ **Compagnie de Transport Maritime Arzew (CMA)**
 - Une filiale de Sonatrach, spécialisée dans le transport de gaz naturel liquéfié.
 - *Navires de Pêche*
 - ↪ **Entreprise Nationale de Pêche et de Distribution (Pêcheries Algériennes - Pecherie Spa)**
 - Activités de pêche et de transformation des produits de la mer.
 - ↪ **Société de Pêche et de Commerce Maritime (SOPACOM)**
 - Engagée dans la pêche maritime et le commerce des produits de la mer.
 - ↪ **Société Algérienne de Pêche Côtière (SAPCO)**
 - Spécialisée dans la pêche côtière.
 - *Navires de Plaisance*
 - ↪ **Marina d'Alger**
 - Offre des services pour les yachts et les bateaux de plaisance.
 - ↪ **Club Nautique de Sidi Fredj**
 - Situé à Sidi Fredj, offre des installations pour les amateurs de plaisance et d'activités Nautiques.
 - ↪ **Port de Plaisance de Tamentfoust**
 - Un port dédié aux bateaux de plaisance situé près d'Alger.
 - ↪ **Port de Plaisance de Oran**
 - Offrant des services et des installations pour les bateaux de plaisance à Oran.

- *- Organisations environnementales*
- *Organisations œuvrant pour la biodiversité marine en Algérie*
- ↵ **Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)**
 - Gère les ressources en eau et surveille la qualité de l'eau marine.
- ↵ **Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA)**
 - Conduit des recherches pour la conservation et la gestion durable des ressources halieutiques.
- ↵ **Agence Nationale de la Conservation de la Nature (ANN)**
 - Travaille à la protection de la biodiversité, y compris marine, et à la gestion des aires protégées.
- ↵ **Association de Réhabilitation des Animaux Marins (ARAM)**
 - Œuvre pour la protection et la réhabilitation des animaux marins en détresse.
- ↵ **Association Ecologique Marine (AEM)**
 - Se concentre sur la sensibilisation et les actions de conservation de la faune et la flore marines.
- ↵ **Réseau National pour la Protection de la Biodiversité (REBIO)**
 - Coordonne des actions pour la protection de la biodiversité marine à travers l'Algérie.
- *Organisations œuvrant pour la biodiversité marine en Méditerranée*
- ↵ **Mediterranean Association to Save the Sea Turtles (MEDASSET)**
 - Travaille à la conservation des tortues marines et de leur habitat en Méditerranée.
- ↵ **World Wide Fund for Nature (WWF) Méditerranée**
 - Mène des projets de conservation pour la biodiversité marine à travers la Méditerranée.
- ↵ **Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) - Programme Méditerranée**
 - Fournit des recherches et des recommandations pour la protection des écosystèmes marins méditerranéens.
- ↵ **MedPAN (Réseau des Aires Marines Protégées en Méditerranée)**
 - Regroupe des gestionnaires d'aires marines protégées pour promouvoir la conservation des zones marines en Méditerranée.
- ↵ **Institut de Recherche pour la Conservation de la Méditerranée (IMED)**
 - Conduit des recherches et des projets de conservation pour la biodiversité marine méditerranéenne.
- ↵ **Sea Shepherd Conservation Society - Méditerranée**
 - Mène des campagnes directes de protection de la faune marine et lutte contre la pêche illégale en Méditerranée.

- ↗ **Blue Plan (Plan Bleu)**
 - Programme des Nations Unies pour l'environnement, spécialisé dans les études et les actions pour le développement durable en Méditerranée.
- ↗ **Greenpeace - Projet Méditerranée**
 - Campagnes de sensibilisation et actions directes pour la protection des écosystèmes marins méditerranéens.
- *- Gouvernement et autorités portuaires*
- ↗ **Ministère des Transports (Ministère des Travaux Publics et des Transports)**
 - Responsable de la politique des transports, y compris les transports maritimes.
- ↗ **Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques**
 - Gère les ressources halieutiques et les activités de pêche en Algérie.
- ↗ **Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables**
 - Supervise les politiques environnementales, y compris la protection des écosystèmes marins.
- *-Autorités Portuaires*
 - **Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL)**
 - **Entreprise Portuaire de Bejaïa (EPB)**
 - **Entreprise Portuaire de Skikda (EPS)**
 - **Entreprise Portuaire d'Oran (EPO)**
 - **Entreprise Portuaire d'Annaba (EPAN)**
 - **Entreprise Portuaire de Mostaganem (EPM)**
 - **Entreprise Portuaire de Ghazaouet (EPG)**
 - **Entreprise Portuaire de Jijel (EPJ)**
 - **Entreprise Portuaire de Ténès (EPT)**
 - **Entreprise Portuaire d'Arzew (EPA)**
- *-Agences et Autres Institutions*
- ↗ **Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)**
 - Surveille et gère les ressources en eau, y compris les eaux marines côtières.
- ↗ **Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA)**
 - Mène des recherches et promeut le développement durable de la pêche et de l'aquaculture.
- ↗ **Agence Nationale de la Conservation de la Nature (ANN)**
 - Travaille à la protection des espaces naturels, y compris marins.
- *- Entreprises de location de bateaux*
 - **Algeria Yacht Charter**
 - **Mers El Kebir Marina**
 - **Club Nautique de Sidi Fredj**
 - **Marina d'Alger**

- **Port de Plaisance de Tamentfoust**
 - **Oran Boat Rental**
 - **Béjaïa Marine Services**
 - **Algiers Boat Club**
 - **Cherchell Marina**
 - **Annaba Boat Rental**
-
- **2. La mesure de l'intensité de la concurrence :**
 - Analyse des concurrents existants :
 - **Niveau National la concurrence directe est inexistante**
 - **Niveau de la méditerranée il existe une application similaire sur le marché**
 - Avantages concurrentiels : Mise en avant des fonctionnalités uniques et des valeurs ajoutées de l'application.
-
- **3. La stratégie marketing :**
 - Marketing digital : **Utilisation des réseaux sociaux, SEO,**
 - Partenariats stratégiques : **Collaboration avec les marinas, ports, et organisations environnementales.**
 - Événements et salons nautiques : **Présentation de l'application lors d'événements clés.**

– ***Quatrième axe : Plan de production et organisation***

– **1. Le processus de production :**

- Développement logiciel : Utilisation des méthodes Agile pour un développement itératif.
- Tests utilisateurs : Phases de bêta-test avec des utilisateurs sélectionnés.

– **2. L’approvisionnement :**

- Données environnementales : Partenariats avec des institutions scientifiques pour l’accès aux données + Nos propres données.
- Technologie : Investissement dans des serveurs et infrastructures de cloud computing.

– **3. La main d’œuvre :**

- Notre équipe est la première manœuvre
- Nos collaborateurs sont à leurs tours une manœuvre d’une façon indirecte
- Les développeurs
- Experts en biologie marine.

4. Les principaux partenaires :

- Institutions scientifiques et universitaires
- Autorités maritimes et portuaires
- Organisations environnementales
- Entreprises de navigation et de plaisance.

Ces catégories sont citées dans le 3^e axe

– **Cinquième axe : Plan financier**

– **. Coûts et Charges**

- **Développement et maintenance de l'application** : un coût initial de 0 DZD les développeurs sont les porteurs de projet.
- **Marketing et promotion** : un coût initial de 0 DZD la promotion se fera par réseaux sociaux qui sont gratuit.
- **Collecte de données et recherche** : un coût initial de 0 DZD notre base de données actuelles est déjà complète pour faire des mises à jour il faudrait un minimum deux ans.
- **Frais de Google Play Store** : un coût initial de 5000 DZD pour la publication de l'application.
- **Salaires du personnel** :
 - Supposons 4 personnes avec un salaire de 40 000 DZD par mois chacune.
 - Calculons le salaire annuel pour chaque employé : $40\,000 \text{ DZD/mois} \times 12 \text{ mois} = 480\,000 \text{ DZD/an}$ par employé.
- **Infrastructure technique** : un coût minimal pour téléphone et PC : 50 000 DZD par appareil.

– **2. Chiffre d'Affaires**

- **Abonnement Premium** : Tarif entre 1000 DZD et 2000 DZD par utilisateur par mois.
- **Vente de données** : Si l'application collecte des données sur les herbiers de posidonie et d'autres informations environnementales, ces données peuvent être vendues à des chercheurs, des gestionnaires de l'environnement ou d'autres parties intéressées.
- **Produits dérivés** : Vendre des produits dérivés comme des vêtements, des accessoires ou des produits écoresponsables liés à la protection des herbiers de posidonie.
- **Subventions et financements** : Obtenir des subventions ou des financements de la part auprès du Plan Bleu Expertise France et d'autres organisations environnementales et d'organismes gouvernementaux, d'ONG ou d'autres institutions pour soutenir les activités de l'application.

– **3. Revenus Publicitaires**

- **Publicités** :
 - Estimons un coût par clic entre 5 DZD et 10 DZD.

– **4. Prévisions de Revenus sur 1 An**

- **Estimation des Revenus des Abonnements Premium** :
 - Basée sur l'adoption attendue de l'application et du taux de conversion en abonnements premium.
- **Revenus Publicitaires** :

- Basés sur le nombre de clics et le coût par clic estimé.

Exemple de Calcul :

Supposons :

- Abonnement Premium moyen à 1500 DZD par utilisateur par mois.
- Objectif de 15 000 utilisateurs dans les trois premiers mois.
- Taux de conversion de 30% des utilisateurs en abonnés premium.
- 1000 DZD à 2000 DZD par mois pour les abonnements premium.
- Les publicités génèrent entre 5 et 10 dinars algériens pour chaque clic.

5. Estimations Financières pour l'Application Sidonia

– Abonnements Premium

- **Abonnement Premium moyen** : entre 1000 DZD et 2000 DZD par utilisateur par mois.
- **Objectif initial** : 15 000 utilisateurs dans les trois premiers mois.
- **Taux de conversion** : 30% des utilisateurs en abonnés premium.

Calcul des abonnements premium par trimestre :

- **Trimestre 1 (Mois 1 à 3) :**
 - Nombre d'utilisateurs convertis en abonnés premium : $15\ 000 \times 30\% = 4\ 500$ utilisateurs.
 - Revenus trimestriels des abonnements premium :
 - Minimum : $4\ 500 \text{ utilisateurs} \times 1000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 13\ 500\ 000 \text{ DZD}$
 - Maximum : $4\ 500 \text{ utilisateurs} \times 2000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 27\ 000\ 000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 2 (Mois 4 à 6) :**
 - Nombre d'utilisateurs (doublement) : 30 000 utilisateurs.
 - Nombre d'utilisateurs convertis en abonnés premium : $30\ 000 \times 30\% = 9\ 000$ utilisateurs.
 - Revenus trimestriels des abonnements premium :
 - Minimum : $9\ 000 \text{ utilisateurs} \times 1000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 27\ 000\ 000 \text{ DZD}$
 - Maximum : $9\ 000 \text{ utilisateurs} \times 2000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 54\ 000\ 000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 3 (Mois 7 à 9) :**
 - Nombre d'utilisateurs (doublement) : 60 000 utilisateurs.
 - Nombre d'utilisateurs convertis en abonnés premium : $60\ 000 \times 30\% = 18\ 000$ utilisateurs.
 - Revenus trimestriels des abonnements premium :
 - Minimum : $18\ 000 \text{ utilisateurs} \times 1000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 54\ 000\ 000 \text{ DZD}$
 - Maximum : $18\ 000 \text{ utilisateurs} \times 2000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 108\ 000\ 000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 4 (Mois 10 à 12) :**
 - Nombre d'utilisateurs (doublement) : 120 000 utilisateurs.
 - Nombre d'utilisateurs convertis en abonnés premium : $120\ 000 \times 30\% = 36\ 000$ utilisateurs.
 - Revenus trimestriels des abonnements premium :
 - Minimum : $36\ 000 \text{ utilisateurs} \times 1000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 108\ 000\ 000 \text{ DZD}$
 - Maximum : $36\ 000 \text{ utilisateurs} \times 2000 \text{ DZD/mois} \times 3 \text{ mois} = 216\ 000\ 000 \text{ DZD}$

Total des revenus annuels des abonnements premium :

- Minimum : $13\ 500\ 000 \text{ DZD} + 27\ 000\ 000 \text{ DZD} + 54\ 000\ 000 \text{ DZD} + 108\ 000\ 000 \text{ DZD} = 202\ 500\ 000 \text{ DZD}$

- Maximum : 27 000 000 DZD + 54 000 000 DZD + 108 000 000 DZD + 216 000 000 DZD = 405 000 000 DZD

– *Revenus Publicitaires*

- **Nombre d'utilisateurs par mois** : 15 000 utilisateurs
- **Taux de clics** : 30%
- **Nombre de clics par mois** : $15\,000 \times 30\% = 4\,500$ clics
- **Revenu par clic** : entre 5 et 10 DZD.

Calcul des revenus publicitaires mensuels :

- Revenu minimum par mois : $4\,500 \text{ clics} \times 5 \text{ DZD} = 22\,500 \text{ DZD}$.
- Revenu maximum par mois : $4\,500 \text{ clics} \times 10 \text{ DZD} = 45\,000 \text{ DZD}$.

Revenus annuels publicitaires :

- Minimum : $22\,500 \text{ DZD/mois} \times 12 \text{ mois} = 270\,000 \text{ DZD}$.
- Maximum : $45\,000 \text{ DZD/mois} \times 12 \text{ mois} = 540\,000 \text{ DZD}$.

– *Vente de Données*

Pour estimer les revenus potentiels de la vente de données, nous devons examiner les prix du marché pour des données environnementales similaires. En général, les données environnementales peuvent être vendues entre 1 000 DZD et 10 000 DZD par jeu de données, selon leur complexité et utilité.

Supposons que l'application vend 50 jeux de données par an au tarif moyen de 5 000 DZD par jeu de données.

Revenus annuels de la vente de données : $50 \text{ jeux de données} \times 5\,000 \text{ DZD} = 250\,000 \text{ DZD}$.

– *Produits Dérivés*

- **T-shirts personnalisés** : 1 000 DZD par T-shirt
- **Accessoires de main** : 500 DZD par accessoire
- **Taux d'achat** : 10% des utilisateurs.

– **Estimations des Ventes de Produits Dérivés**

Trimestre 1 :

- **T-shirts** : $15\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 1\,500\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $1\,500\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 450\,000 \text{ DZD}$
- **Accessoires** : $15\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 750\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $750\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 225\,000 \text{ DZD}$
- **Total trimestre 1** : $450\,000 \text{ DZD} + 225\,000 \text{ DZD} = 675\,000 \text{ DZD}$

Trimestre 2 :

- **T-shirts** : $30\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 3\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $3\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 900\,000 \text{ DZD}$
- **Accessoires** : $30\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 1\,500\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $1\,500\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 450\,000 \text{ DZD}$
- **Total trimestre 2** : $900\,000 \text{ DZD} + 450\,000 \text{ DZD} = 1\,350\,000 \text{ DZD}$

Trimestre 3 :

- **T-shirts** : $60\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 6\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $6\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 1\,800\,000 \text{ DZD}$
- **Accessoires** : $60\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 3\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $3\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 900\,000 \text{ DZD}$
- **Total trimestre 3** : $1\,800\,000 \text{ DZD} + 900\,000 \text{ DZD} = 2\,700\,000 \text{ DZD}$

Trimestre 4 :

- **T-shirts** : $120\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 12\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $12\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 3\,600\,000 \text{ DZD}$
 - **Accessoires** : $120\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 6\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $6\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 1\,800\,000 \text{ DZD}$
 - **Total trimestre 4** : $3\,600\,000 \text{ DZD} + 1\,800\,000 \text{ DZD} = 5\,400\,000 \text{ DZD}$
- *Total Annuel des Revenus des Produits Dérivés :*
- **Trimestre 1** : 675 000 DZD
 - **Trimestre 2** : 1 350 000 DZD
 - **Trimestre 3** : 2 700 000 DZD
 - **Trimestre 4** : 5 400 000 DZD

Total annuel : $675\,000 \text{ DZD} + 1\,350\,000 \text{ DZD} + 2\,700\,000 \text{ DZD} + 5\,400\,000 \text{ DZD} = 10\,125\,000 \text{ DZD}$

Subventions et Financements

Les subventions pour des projets environnementaux peuvent varier considérablement. Supposons une subvention moyenne annuelle de 10 000 000 DZD pour un projet de cette nature, basé sur les subventions typiques accordées par des organisations comme Plan Bleu Expertise France et d'autres ONG environnementales.

Revenus annuels des subventions et financements : 10 000 000 DZD.

– *Calcul du Chiffre d'Affaires Annuel**Revenus Annuels :**Revenus des abonnements premium :*

- **Trimestre 1 :**
 - $15\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 4\,500 \text{ abonnés premium}$
 - Revenu mensuel : $4\,500 \text{ abonnés} \times 1\,500 \text{ DZD} = 6\,750\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 1 : $6\,750\,000 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 20\,250\,000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 2 :**
 - $30\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 9\,000 \text{ abonnés premium}$
 - Revenu mensuel : $9\,000 \text{ abonnés} \times 1\,500 \text{ DZD} = 13\,500\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 2 : $13\,500\,000 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 40\,500\,000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 3 :**
 - $60\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 18\,000 \text{ abonnés premium}$
 - Revenu mensuel : $18\,000 \text{ abonnés} \times 1\,500 \text{ DZD} = 27\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 3 : $27\,000\,000 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 81\,000\,000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 4 :**
 - $120\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 36\,000 \text{ abonnés premium}$
 - Revenu mensuel : $36\,000 \text{ abonnés} \times 1\,500 \text{ DZD} = 54\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 4 : $54\,000\,000 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 162\,000\,000 \text{ DZD}$
- **Total Annuel des Abonnements Premium :**
 - $20\,250\,000 \text{ DZD} + 40\,500\,000 \text{ DZD} + 81\,000\,000 \text{ DZD} + 162\,000\,000 \text{ DZD} = 303\,750\,000 \text{ DZD}$

Revenus publicitaires :

- **Trimestre 1**
 - $15\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 4\,500 \text{ clics}$
 - Revenu mensuel (moyenne) : $4\,500 \text{ clics} \times 7.5 \text{ DZD} = 33\,750 \text{ DZD}$

- Total trimestre 1 : $33\,750 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 101\,250 \text{ DZD}$
- **Trimestre 2 :**
 - $30\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 9\,000 \text{ clics}$
 - Revenu mensuel (moyenne) : $9\,000 \text{ clics} \times 7.5 \text{ DZD} = 67\,500 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 2 : $67\,500 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 202\,500 \text{ DZD}$
- **Trimestre 3 :**
 - $60\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 18\,000 \text{ clics}$
 - Revenu mensuel (moyenne) : $18\,000 \text{ clics} \times 7.5 \text{ DZD} = 135\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 3 : $135\,000 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 405\,000 \text{ DZD}$
- **Trimestre 4 :**
 - $120\,000 \text{ utilisateurs} \times 30\% = 36\,000 \text{ clics}$
 - Revenu mensuel (moyenne) : $36\,000 \text{ clics} \times 7.5 \text{ DZD} = 270\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 4 : $270\,000 \text{ DZD} \times 3 \text{ mois} = 810\,000 \text{ DZD}$
- **Total Annuel des Revenus Publicitaires :**
 - $101\,250 \text{ DZD} + 202\,500 \text{ DZD} + 405\,000 \text{ DZD} + 810\,000 \text{ DZD} = 1\,518\,750 \text{ DZD}$

Revenus de la vente de données :

- Estimation annuelle : 250 000 DZD

Revenus des produits dérivés :

- **Trimestre 1 :**
 - T-shirts : $15\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 1\,500\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $1\,500\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 450\,000 \text{ DZD}$
 - Accessoires : $15\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 750\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $750\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 225\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 1 : $450\,000 \text{ DZD} + 225\,000 \text{ DZD} = 675\,000 \text{ DZD}$
- **Trimestres suivants (en fonction de la croissance) :**
 - **Trimestre 2 :**
 - T-shirts : $30\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 3\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $3\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 900\,000 \text{ DZD}$
 - Accessoires : $30\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 1\,500\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $1\,500\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 450\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 2 : $900\,000 \text{ DZD} + 450\,000 \text{ DZD} = 1\,350\,000 \text{ DZD}$
 - **Trimestre 3 :**
 - T-shirts : $60\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 6\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $6\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 1\,800\,000 \text{ DZD}$
 - Accessoires : $60\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 3\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $3\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 900\,000 \text{ DZD}$
 - Total trimestre 3 : $1\,800\,000 \text{ DZD} + 900\,000 \text{ DZD} = 2\,700\,000 \text{ DZD}$
 - **Trimestre 4 :**
 - T-shirts : $120\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 1\,000 \text{ DZD} = 12\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $12\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 3\,600\,000 \text{ DZD}$
 - Accessoires : $120\,000 \text{ utilisateurs} \times 10\% \times 500 \text{ DZD} = 6\,000\,000 \text{ DZD}$
 - Revenus pour vous (30%) : $6\,000\,000 \text{ DZD} \times 30\% = 1\,800\,000 \text{ DZD}$

- Total trimestre 4 : $3\,600\,000\text{ DZD} + 1\,800\,000\text{ DZD} = 5\,400\,000\text{ DZD}$
- **Total Annuel des Produits Dérivés :**
 - $675\,000\text{ DZD} + 1\,350\,000\text{ DZD} + 2\,700\,000\text{ DZD} + 5\,400\,000\text{ DZD} = 10\,125\,000\text{ DZD}$

Revenus des subventions et financements :

- Estimation annuelle : $10\,000\,000\text{ DZD}$

Total des Revenus Annuels (Croissant)

- Abonnements Premium : $303\,750\,000\text{ DZD}$
- Publicités : $1\,518\,750\text{ DZD}$
- Vente de données : $250\,000\text{ DZD}$
- Produits dérivés : $10\,125\,000\text{ DZD}$
- Subventions et financements : $10\,000\,000\text{ DZD}$

Total Annuel des Revenus : $303\,750\,000\text{ DZD} + 1\,518\,750\text{ DZD} + 250\,000\text{ DZD} + 10\,125\,000\text{ DZD} + 10\,000\,000\text{ DZD} = 325\,643\,750\text{ DZD}$

2. Charges Totales Annuelles

- Salaires : $1\,920\,000\text{ DZD}$
- Infrastructure technique : $200\,000\text{ DZD}$
- Frais de publication : $5\,000\text{ DZD}$

Total des Charges Annuelles : $2\,125\,000\text{ DZD}$

Rentabilité Année 1 (Croissant)

- **Revenus Totaux :** $325\,643\,750\text{ DZD}$
- **Charges Totales :** $2\,125\,000\text{ DZD}$

Profit Annuel : $325\,643\,750\text{ DZD} - 2\,125\,000\text{ DZD} = 323\,518\,750\text{ DZD}$

La Startup est rentable dès sa première année même dans le cas où le nombre d'utilisateur stagne à 15 000 toute au long de la première année elle reste largement rentabl

Mois	Abonnement (Min)	Abonnements (Max)	Publicité (Min)	Publicité (Max)	Produits Dérivés (Min)	Produits Dérivés (Max)	Subventio ns	Charges	Trésorerie (Min)	Trésorerie (Max)
1	4 500 000	9 000 000	22 500	45 000	750 000	750 000	833 333	160 000	5 945 833	10 468 333
2	4 500 000	9 000 000	22 500	45 000	750 000	750 000	833 333	160 000	5 945 833	10 468 333
3	4 500 000	9 000 000	22 500	45 000	750 000	750 000	833 333	160 000	5 945 833	10 468 333
4	9 000 000	18 000 000	22 500	45 000	1 500 000	1 500 000	833 333	160 000	11 195 833	20 218 333
5	9 000 000	18 000 000	22 500	45 000	1 500 000	1 500 000	833 333	160 000	11 195 833	20 218 333
6	9 000 000	18 000 000	22 500	45 000	1 500 000	1 500 000	833 333	160 000	11 195 833	20 218 333
7	18 000 000	36 000 000	22 500	45 000	3 000 000	3 000 000	833 333	160 000	21 695 833	40 218 333
8	18 000 000	36 000 000	22 500	45 000	3 000 000	3 000 000	833 333	160 000	21 695 833	40 218 333
9	18 000 000	36 000 000	22 500	45 000	3 000 000	3 000 000	833 333	160 000	21 695 833	40 218 333
10	36 000 000	72 000 000	22 500	45 000	6 000 000	6 000 000	833 333	160 000	42 695 833	78 718 333
11	36 000 000	72 000 000	22 500	45 000	6 000 000	6 000 000	833 333	160 000	42 695 833	78 718 333
12	36 000 000	72 000 000	22 500	45 000	6 000 000	6 000 000	833 333	160 000	42 695 833	78 718 333

Analyse des Besoins en Fonds de Roulement

Le fonds de roulement est essentiel pour assurer que notre startup a suffisamment de liquidités pour couvrir les dépenses opérationnelles courantes. Voici une estimation basée sur les prévisions de trésorerie :

Besoins en Fonds de Roulement :

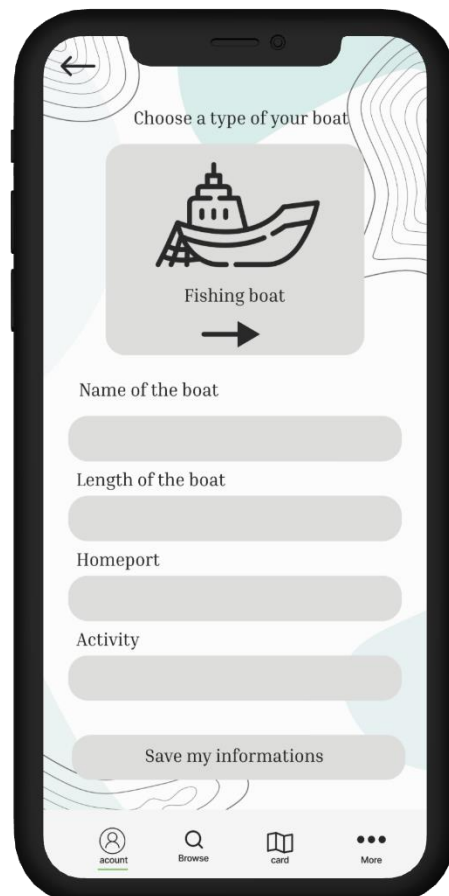
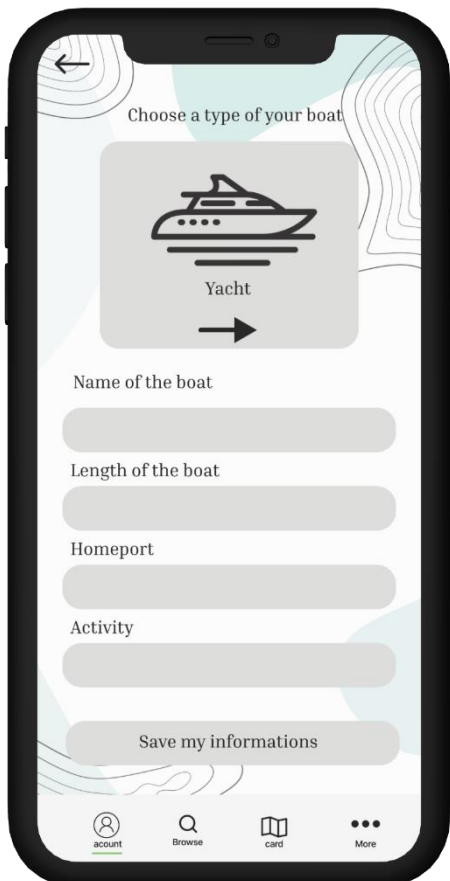
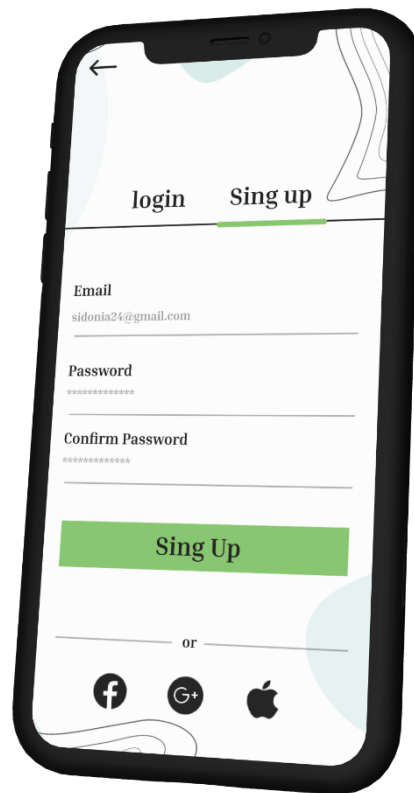
- **Salaires mensuels** : 160 000 DZD
- **Frais de publication uniques** : 5 000 DZD
- **Infrastructure technique unique** : 200 000 DZD

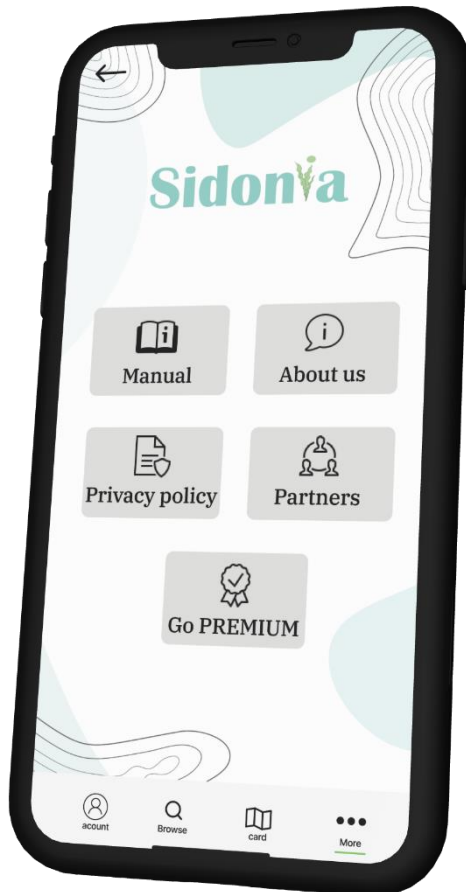
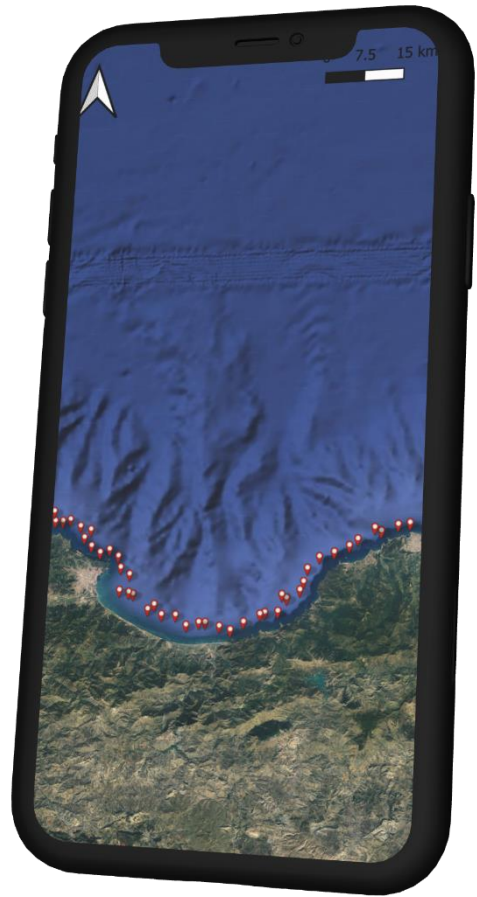
Fonds de Roulement Nécessaire au Démarrage :

- Le premier mois, il est nécessaire de couvrir les frais de salaires et les coûts uniques :
 $160\,000\text{ DZD} + 200\,000\text{ DZD} + 5\,000\text{ DZD} = 365\,000\text{ DZD}$.

Sixième axe : Prototype expérimental

Développement du prototype :





BUISSNES MODEL CENVAS (MODEL ECONOMIQUE)

Partenariats clés	Activités clés	Offre	Proposition de valeur	Segment
<ul style="list-style-type: none"> - Ministère des forces navales - CNL Commissariat National du littoral - La direction de la pêche d'Alger - Ministère en charge du développement durable - Biologistes marins - Plan bleu - Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) - Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) - Réseau National pour la Protection de la Biodiversité (REBIO) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vente des données - Etablissement des cartes de cartographie et bathymétrie - Etudes environnementales 	<p>La nature de service est du B2C</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Accédez à un modèle de prévision atmosphérique développé - Télécharger des cartes de navigation afin de continuer à bénéficier des données enrichies même sans connexion internet - Zones d'ancrages préférentiels - Photographies sous-marines HD - Partage d'observations avec la communauté - Ancrage détection environnement 	<ul style="list-style-type: none"> - Algérie Ferries -Compagnie Nationale Algérienne de Navigation - Entreprise Nationale de Transport Maritime des Hydrocarbures et des Produits - Compagnie de Transport Maritime Arzew - Entreprise de location de bateaux - les armateurs de la mer - Bateaux de commerce, Plaisance et de pêche - Autorités Portuaires
	<p>Ressources clés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le Matériel de développement Pc - Le personnel de l'équipe - les images satellitaires 	<p>Proposition de valeur écologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - la vie aquatique ODD 14 - Réduction changement climatique ODD13 - Egalité des sexes ODD 5 	<p>Canaux de distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseaux sociaux - Téléphone et emails - Salon et évènements 	
<p style="text-align: center;">Structure de Coût</p> <p>Tous les charges sont fixes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salaires : 1 920 000 DZD - Infrastructure technique : 200 000 DZD - Frais de publication : 5 000 DZD 		<p style="text-align: center;">Surplus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investissement acheter des images de haute résolution 	<p style="text-align: center;">Sources de Revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'abonnements premium - Le nombre de visiteurs de l'application - publicité des marques - vente des accessoires personnalisés -Subventions des grandes organisations 	

الملخص

تناول هذه الدراسة رسم خريطة عشب بوسيدونيا على طول الساحل الجزائري بأكمله باستخدام صور الأقمار الصناعية لفهم العوامل التي تؤثر على توزيعه الجغرافي عبر الساحل الجزائري. خلال هذه الدراسة، قمنا بتحليل الاستجابة الطيفية لعشب بوسيدونيا لتطوير برنامج لاستخراج فقط عشب بوسيدونيا. وقد مكننا ذلك من ملاحظة أن الكثافة تكون أعلى في المنطقة الوسطى مقارنة بالقطاعين الشرقي والغربي من البلاد. في الشرق، تعتبر ولاية بجاية الولاية ذات الكثافة الأقل لعشب بوسيدونيا، بينما تتمتع عنابة بأعلى كثافة. في الغرب، تنصدر ولاية وهران القائمة، في حين أن عشب بوسيدونيا يكاد يكون غائبًا في تلمسان. أخيرًا، تلعب العوامل الهيدروديناميكية وخصائص قاع البحر دورًا رئيسيًا في تحديد موقع عشب بوسيدونيا.

الكلمات المفتاحية: رسم الخرائط - بوسيدونيا - الاستشعار عن بعد - السواحل الجزائرية - التوزيع الجغرافي

Résumé :

Le présent travail porte sur la cartographie de l'herbier à Posidonie sur toute la cote Algérienne en se basant sur des images satellitaires et de comprendre ainsi les facteurs influençant sa distribution géographique sur l'ensemble du littoral Algérien. Durant cette étude nous avons étudié la réponse spectrale de la posidonie pour développer un programme et extraire que la posidonie. Cela a permis d'observer une densité est majoritairement élevée au centre par rapport au secteur Est et Ouest du pays. Dans l'Est Béjaïa est la wilaya avec la plus faible densité de l'herbier et Annaba avec la plus haute densité. Du côté Ouest, Oran est en tête de la liste contre Tlemcen ou la posidonie est presque absente. Enfin Les facteurs hydrodynamiques et les caractéristiques du fond marin, jouent un rôle clé dans la détermination de l'emplacement de l'herbier de posidonie

Mots clés : Cartographie- Posidonie – télédétection- cotes algériennes – distribution géographique

Abstract:

This study focuses on the mapping of Posidonia seagrass along the entire Algerian coast using satellite images to understand the factors influencing its geographical distribution across the Algerian coastline. During this study, we analyzed the spectral response of Posidonia to develop a program to extract only posidonias. This allowed us to observe that the density is mostly higher in the central region compared to the eastern and western sectors of the country. In the east, Béjaïa is the province with the lowest density of seagrass, while Annaba has the highest density. In the west, Oran tops the list, whereas Posidonia is almost absent in Tlemcen. Finally, hydrodynamic factors and seabed characteristics play a key role in determining the location of the Posidonia seagrass.

Keywords: Mapping - Posidonia - Remote Sensing - Algerian Coast - Geographical Distribution