



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



UNIVERSITE  
Abdelhamid Ibn Badis  
MOSTAGANEM

## DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

### MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

N° \_\_\_\_\_ /AGRO/2024

Présentée par :

**BELKHODJA Razika Nadjat**

En vue de l'obtention du diplôme de

**Master professionnalisant**

**Spécialité : Technologies avancées pour l'agriculture de précision**

### ***THÈME***

**Evaluation de la biomasse végétale permanente et saisonnière dans les communes côtières ouest de Mostaganem à l'aide des SIG et télédétection.**

Devant le Jury :

Soutenu le 10/12/2024

Nom et prénom	Qualité	Grade	Structure de rattachement
MAHIOUT Djamel	Président	MCA	Université de Mostaganem
LARID Mohamed	Examineur	Prof.	Université de Mostaganem
FARAH Tahar	Encadrant	MCB	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2024 - 2025

## Remerciements

Avant tout je remercie Allah.

C'est grâce à Lui que je suis arrivée à ce niveau.

À l'heure où j'apporte la touche finale à ce mémoire, je tiens à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui m'ont aidée à le réaliser.

Je remercie tout d'abord **M. FARAH Tahar**, enseignant-chercheur à l'Université de Mostaganem, pour son aide précieuse, son soutien moral, ainsi que pour les précieux conseils et orientations qu'il m'a prodigués tout au long de ce travail de recherche.

Je tiens également à remercier les membres du jury:

- **M. MAHIOUT Djamel**, maître de conférences à l'Université de Mostaganem, pour avoir accepté de présider le jury.
- **M. LARID Mohamed**, professeur à l'Université de Mostaganem, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner mon mémoire.

Je tiens à adresser mes remerciements à **Mme BENOUDNINE Hadjira**, professeure et responsable du projet CUPAGIS à l'Université de Mostaganem, ainsi qu'à son équipe.

Enfin, je souhaite exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Merci à toutes et à tous.

## ***Dédicace***

*Je dédie ce mémoire à*

*mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études.*

*En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.*

*A toute ma famille et à toutes mes amies, et*

*Surtout mes sœurs Khouloud et Belkhis tata Nabia, Zoubida, Chahinaz, Kenza, Fella et Narimane.*

*A tous les gens qui me connaissent et que je connais*

*Et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les obstacles de la vie.*

***BELKHODJA Razika Nadjat***

## Résumé

La zone côtière ouest de Mostaganem (zone d'étude) est caractérisée par une concentration urbaine et diverses activités économiques à savoir l'agriculture, l'industrie, transport (terrestre et maritime), la pêche et le tourisme vert et balnéaire. L'approche géomatique adoptée a nécessité l'utilisation des outils SIG et télédétection dans le diagnostic des milieux (physiques, biotiques et abiotiques) et la cartographie de l'occupation du sol. Les méthodes SIG de traitements appliquées à l'aide du logiciel ArcGis (version 10.8) sur huit (8) cartes topographiques au 1/25.000 (1989) et un MNT-30m (2000) ont permis de délimiter la zone d'intérêt et de caractériser son relief. Les méthodes de télédétection ont nécessité de générer à l'aide du logiciel ArcGis six (6) images sur l'indice de végétation à partir de six (6) images Sentinel-2 acquises entre le mois de janvier et août 2024. D'autres images telles que Bing Microsoft et images archivées dans Google earth Pro. Ont été utilisées pour affiner l'interprétation des images satellitaires. L'analyse des résultats montre que la zone côtière ouest (zone d'étude) est délimitée administrativement par quatre (4) communes côtières (Fornaka, Stidia, Mazaghrane et Mostaganem). Elle couvre une surface totale de 18.400 ha avec un linéaire côtier de 48.5 km. Son relief est légèrement incliné. La carte d'occupation du sol montre que les surfaces végétales (agriculture, forêt et végétation halophile) sont plus importantes que les surfaces minérales (sols nus, zones urbaines et équipements associés). Les surfaces végétales ont occupées à la fin du mois de janvier 2024 une surface totale de 15.129 ha (82% du total de la zone) dont 23% sont occupées par les forêts. Entre le mois de janvier et août 2024 (8 mois), les surfaces végétales ont reculées de 8.810 ha (48% du total de la zone) à cause du cycle saisonnier des cultures. Les surfaces minérales ont été doublées de deux (2) fois plus que les surfaces végétales à cause de l'augmentation des surfaces des sols nus apparus après la récolte saisonnière. Cette situation de perte en surfaces végétales augmente le risque d'érosion, diminution de l'oxygénation de l'environnement et de la réduction de la séquestration du carbone.

---

**Mots clés :** Biomasse, indices de végétation, Système d'Information Géographique, télédétection, Zones côtières.

## **Abstract**

Mostaganem's western coastal zone (study area) is characterized by an urban concentration and a variety of economic activities, including agriculture, industry, transport (land and sea), fishing and green and seaside tourism. The geomatics approach adopted involved the use of GIS and remote sensing tools to diagnose environments (physical, biotic and abiotic) and map land use. GIS processing methods applied using ArcGis software (version 10.8) to eight (8) 1:25,000 topographic maps (1989) and a 30m DEM (2000) were used to delimit the area of interest and characterize its relief. The remote sensing methods involved using ArcGis software to generate six (6) vegetation index images from six (6) Sentinel-2 images acquired between January and August 2024. Other images such as Bing Microsoft and images archived in Google earth Pro. were used to refine the interpretation of the satellite images. Analysis of the results shows that the western coastal zone (study area) is administratively delimited by four (4) coastal communes (Fornaka, Stidia, Mazaghane and Mostaganem). It covers a total area of 18,400 ha with a coastline of 48.5 km. Its relief is gently sloping. The land-use map shows that vegetation surfaces (agriculture, forest and halophilic vegetation) are more important than mineral surfaces (bare soil, urban areas and associated facilities). At the end of January 2024, planted areas occupied a total surface area of 15,129 ha (82% of the zone's total), of which 23% was forest. Between the months of January and August 2024 (8 months), the vegetated area decreased by 8,810 ha (48% of the total area) due to the seasonal cycle of crops. Mineral surfaces have doubled (2) more than plant surfaces, due to the increase in bare soil surfaces after seasonal harvesting. This loss of vegetation increases the risk of erosion, reduces oxygenation of the environment and reduces carbon sequestration.

---

Keywords: Biomass, vegetation index, Geographic Information System, remote sensing, coastal area.

## الملخص إلى اللغة العربية

تتميز منطقة الساحل الغربي لمستغانم (منطقة الدراسة) بالتركز العمراني والأنشطة الاقتصادية المتنوعة، وهي الزراعة والصناعة والنقل (بري وبحري) وصيد الأسماك والسياحة الخضراء والبحرية.

يتطلب نهج الجيوماتكس المعتمد استخدام نظم المعلومات الجغرافية وأدوات الاستشعار عن بعد في تشخيص البيئات (الفيزيائية والحيوية واللائحية) ورسم خرائط استخدام الأراضي. إن طرق معالجة نظم المعلومات الجغرافية المطبقة باستخدام برنامج ArcGis (الإصدار 10.8) على ثماني (8) خرائط طبوغرافية بمعدل 25000/1 (1989) وDEM-30m (2000) أتاحت تحديد المنطقة محل الاهتمام وتوصيف تضاريسها.

تطلبت طرق الاستشعار عن بعد إنشاء ستة (6) صور لفهرس الغطاء النباتي باستخدام برنامج ArcGis من ست (6) صور Sentinel-2 تم الحصول عليها في الفترة ما بين يناير وأغسطس 2024. وصور أخرى مثل Bing Microsoft والصور المؤرشفة في Google Earth Pro. تم استخدامها لتحسين تفسير صور الأقمار الصناعية. ويبين تحليل النتائج أن المنطقة الساحلية الغربية (منطقة الدراسة) محددة إداريا من قبل أربع (4) بلديات ساحلية (فورناكة، ستيديا، مزگران ومستغانم).

تبلغ مساحتها الإجمالية 18400 هكتار ويبلغ طول ساحلها 48.5 كم. ارتياعه يميل قليلا. توضح خريطة استخدام الأراضي أن الأسطح النباتية (الزراعة والغابات والنباتات الملحية) أكثر أهمية من الأسطح المعدنية (التربة العارية والمناطق الحضرية والمرافق المرتبطة بها).

وفي نهاية يناير 2024، احتلت المساحات النباتية مساحة إجمالية قدرها 15129 هكتارا (82% من المساحة الإجمالية) منها 23% تشغلها الغابات. وفي الفترة بين يناير وأغسطس 2024 (8 أشهر)، انخفضت المساحات النباتية بمقدار 8810 هكتارا (48% من المساحة الإجمالية) بسبب دورة المحاصيل الموسمية. تضاعفت السطوح المعدنية بمقدار ضعفين (2) عن السطوح النباتية بسبب زيادة سطوح التربة العارية التي تظهر بعد الحصاد الموسمي. ويزيد هذا الوضع من فقدان المساحات النباتية من خطر التآكل، وانخفاض الأوكسجين في البيئة والحد من احتجاز الكربون.

---

**الكلمات المفتاحية:** الكتلة، المؤشرات النباتية، نظام المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، المناطق البحرية.

## Liste des matières

1	Chapitre1: Synthèse bibliographies .....	3
1.1	Atouts de la zone côtière ouest de Mostaganem .....	3
1.1.1	Patrimoine naturel .....	3
1.1.2	Richesse historique et culturelle .....	3
1.1.3	Tourisme .....	3
1.1.4	Pêche et port de pêche .....	4
1.2	La zone littoral .....	4
1.2.1	Limites géographiques du littoral de Mostaganem .....	5
1.2.2	Couverture végétale dans la zone littorale .....	7
1.2.2.1	Forêts littorales de la wilaya de Mostaganem .....	7
1.2.3	Législation .....	7
1.2.4	Pressions exercées sur le littoral .....	10
1.3	Notion de la biomasse .....	10
1.3.1	Indicateurs de la biomasse végétale .....	10
1.3.2	Différents types d'indices .....	10
1.3.2.1	Indice de végétation .....	10
1.3.3	Formules de calcul des indices spectraux .....	11
1.3.3.1	Méthodes de calcul de l'indice de végétation (IV) .....	13
1.3.3.2	Indice de sol .....	14
1.3.3.3	Indice de l'eau .....	15
1.3.3.4	Indice de stress hydrique .....	15
1.3.3.5	Indice urbain .....	15
1.3.3.6	Indice de Brûlure .....	16
1.3.4	Milieu socio-économique .....	16

1.3.4.1	Population.....	17
1.3.4.2	Densité de population.....	17
1.3.5	Activités socio-économiques.....	18
1.3.6	Autres secteurs.....	19
1.3.7	Tourisme.....	19
1.3.8	Plages et l'activité balnéaire.....	20
1.3.9	Industrie.....	20
1.3.10	Activités industrielles.....	20
1.3.10.1	Domaine maritime.....	21
1.3.10.2	Répartition des ports de la wilaya de Mostaganem.....	22
1.3.11	Conclusion.....	23
1.4	Outils d'investigations.....	25
1.4.1	Outil Système d'Information Géographique (SIG).....	25
1.4.1.1	Définition.....	25
1.4.1.2	Apports des SIG.....	25
1.4.2	L'outil télédétection.....	26
1.4.2.1	Traitement d'images satellitaires.....	27
1.4.2.2	Classification des images satellitaires.....	28
2	Chapitre II: Matériels et méthodes.....	29
2.1	Présentation de la zone d'étude.....	31
2.1.1	Aperçu général sur la wilaya de Mostaganem.....	31
2.1.2	Localisation géographique.....	33
2.1.3	Relief.....	34
2.1.4	Climat.....	35
2.1.4.1	Données hydriques (précipitation).....	35



2.1.4.2	Données thermiques (température).....	36
2.1.5	Ressources hydrauliques .....	37
2.2	Occupations et couvertures du sol.....	39
2.2.1	L'agriculture.....	39
2.2.2	Forêts.....	44
2.3	Matériels et méthodes de télédétection .....	45
2.3.1	Images satellitaires.....	45
2.3.2	Méthodes de télédétection.....	46
2.3.2.1	Correction géométrique et radiométrique.....	46
2.3.2.2	Composition colorée.....	46
2.3.2.3	Calcul des indices spectraux.....	49
2.3.2.4	Création de la carte et exportation.....	51
3	Chapitre III: Résultats et discussions.....	52
3.1	Analyse des résultats topographiques.....	52
3.1.1	Localisation géographique de la zone d'étude.....	52
3.1.2	Indices topographiques.....	55
3.1.2.1	Pentes du terrain.....	55
3.1.2.2	Expositions du terrain.....	57
3.1.2.3	Réseau hydrographique.....	59
3.1.2.4	Voies de communication.....	61
3.1.2.5	Conclusion.....	63
3.2	Analyse des résultats thématiques.....	63
3.2.1	Occupation du sol de la zone d'étude.....	63
3.2.1.1	Occupation et couverture du sol pendant la saison hivernale.....	63
3.2.1.2	Occupation et couverture du sol pendant la saison printanière.....	67

3.2.1.3	Occupation et couverture du sol pendant la saison estivale .....	75
3.2.1.4	Variation spatiotemporelle entre janvier et août 2024 de l'occupation du sol.....	85
4	Conclusion générale.....	87
4.1	Suggestions.....	88

## Liste des figures

Figure. 1. Localisation des sites d'inventaire floristique et de la zone d'étude (d'après Mostari & Benabdeli, 2020).....	5
Figure. 2. Bandes délimitées par la loi 02-02 du 05-02-2002.....	9
Figure. 3. Courbes de réflectance spectrale de la végétation, du sol et de l'eau (site web).....	11
Figure. 4. Les grandes familles des indices de végétation (d'après Bacour et <i>al.</i> , 2006).....	12
Figure. 5. Réflectance de diverses bandes en fonction de la santé de la végétation (Université Virtuelle Environnement et Développement Durable, 2008.....	13
Figure. 6. Photos prises en 2023 sur l'unité de production de l'énergie électrique (Aizeb -Mostaganem). .....	21
Figure. 7. Schéma de synthèse et d'analyse topographique utilisé dans le traitement du MNT de la zone d'étude.....	31
Figure. 8. Localisation géographique de la wilaya de Mostaganem.....	34
Figure. 9. Carte des principaux éléments hydrographiques de la wilaya de Mostaganem (ANRH, 2021) .....	38
Figure. 10. Répartition de la production agricole (qx) dans la wilaya de Mostaganem (d'après Agence Nationale de l'Intégration des Ressources en Eau et de la Formation : ANIREF, 2018).....	43
Figure 11. Image multispectrale en vraie couleur.....	47
Figure 12. Image multispectrale en fausse couleur.....	48
Figure 13. Imagerie multispectrale découpée selon l'emprise de la zone d'étude.....	49
Figure 14. Localisation géographique et administrative de la zone d'étude (communes côtières ouest de Mostaganem). Conception : (Belkhodja & Farah©2024).....	53
Figure 15 . Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la zone d'étude (communes côtières ouest de Mostaganem). Conception : (Belkhodja & Farah©2024).....	54
Figure 16. Pentés de la zone d'étude. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).....	56
Figure 17. Expositions du terrain de la zone d'étude. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).....	58
Figure 18. Réseau hydrographique. Conception: (Belkhodja & Farah©2024).....	60

Figure 19. Voies d'accès de la zone d'étude. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	62
Figure 20. Indice de végétation (NDVI) à la date du 27/01/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	64
Figure 21. Surfaces végétales et minérales à la date du 27/01/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	66
Figure 22. Indice de végétation (NDVI) à la date du 12/03/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	68
Figure 23. Indice de végétation (NDVI) à la date du 12/03/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	70
Figure. 24. Indice de végétation (NDVI) à la date du 21/05/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	72
Figure. 25. Surfaces végétales et minérales à la date du 21/05/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	74
Figure. 26. Indice de végétation (NDVI) à la date du 25/06/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	76
Figure 27. Surfaces végétales et minérales à la date du 25/06/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	77
Figure 28. Indice de végétation (NDVI) à la date du 30/07/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	79
Figure. 29. Surfaces végétales et minérales à la date du 30/07/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	80
Figure. 30. Indice de végétation (NDVI) à la date du 24/08/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	82
Figure. 31. Surfaces végétales et minérales à la date du 24/08/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).	84
Figure. 32. Histogramme de variation saisonnière de la biomasse végétale dans la zone d'étude.	87

## Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition de la population par commune (recensement arrêté à la date 31/12/2021 (d'après DPSB, 2021). .....	18
Tableau 2: Caractéristiques générales des ports de Mostaganem (direction de la pêche et des ressources halieutique : DPRH, 2021) .....	22
<b>Tableau 3: Moyenne des précipitations mensuelles (1990-2020) au niveau de station</b> ( <a href="https://fr.climat-data.org/(2024)">https://fr.climat-data.org/(2024)</a> ) .....	36
<b>Tableau 4: Températures mensuelles maximales (1990-2020) station de Mostaganem</b> ( <a href="https://fr.climat-data.org/(2024)">https://fr.climat-data.org/(2024)</a> ) .....	37
Tableau 5: Répartition des grands oueds dans le littoral de Mostaganem .....	38
Tableau 6: Superficies des terres agricoles exploitées (d'après DSA, 2015). .....	40
Tableau 7: Répartition des terres agricoles dans le plateau de Mostaganem (DSA, 2015). .....	41
Tableau 8: Répartition des terres agricoles de la wilaya (campagnes 2019/2020 et 2020/2021) (d'après DPSB, 2021) .....	42
Tableau 9: Liste des images satellitaires utilisées. ....	45
Tableau 10: Surfaces et pourcentage des classes de pentes de la zone d'étude. ....	57
Tableau 11 Surfaces et pourcentages des classes d'expositions du terrain de la zone d'étude. ....	59
Tableau 12: Longueur et pourcentage du réseau hydrographique de la zone d'étude. ....	61
Tableau 13: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 27/01/2024. ....	67
Tableau 14: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 12/03/2024. ....	71
Tableau 15: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 21/05/2024. ....	75
Tableau 16: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 25/06/2024. ....	78
Tableau 17: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 30/07/2024. ....	81
Tableau 18: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 24/08/2024. ....	85
Tableau 19: Tableau réduplicatif de la variation de la biomasse végétale dans la zone d'étude. ....	85

## Liste des abréviations

**ANAT** : Agence nationale de l'aménagement du territoire

**ANEC** : Agence nationale de l'élevage et des compétences

**ANIREF**: Agence nationale de l'intégration des ressources en eau et de la formation

**ANRH** : Agence nationale des ressources en eau

**BNEDER** : Bureau national d'études pour le développement rural

**CFM** : Conservation des forêts de Mostaganem

**CW** : Chemin de wilaya

**DEW** : Direction de l'environnement de la wilaya

**DPRH** : Direction de la pêche et des ressources halieutiques

**DSA** : Direction des services agricoles

**DTA** : Direction de tourisme et l'artisanat

**FNAA** : Fédération nationale des aviculteurs Algériens

**GPS** : Système de positionnement global (*Global Positioning System*)

**IV**: Indice de végétation

**MIR**: infrarouge moyen

**MNT** : Modèle numérique de terrain

**MSI**: *Multispectrale Imageur*

**NBR** : Indice de brûlure normalisé

**NDBI**: Indice de bâti (*Normalize Difference Built Index*)

**NDMI**: Indice de l'humidité différentielle normalisée

**NDVI** : Indice de végétation (*Normalized Difference Vegetation Index*)

**NDWI** : Indice de l'eau (*Normalized Difference Water Index*)

**ONS** : Office nationale des statistiques

**PAC** : Plan d'aménagements côtiers

**PIR**: Proche infrarouge

**PF** : Pistes forestières

**R** : Rouge

**RN** : Route nationale

**SAU** : Superficie agricole utile

**SAVI**: Indice des sols (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

**SIG** : Système d'Information Géographiques

**SWIR** : Infrarouge moyen à ondes courtes

**UTM**: Type de projection cartographique (*Universal Transverse de Mercator*)

**WGS84**: Système mondial de géodésie (*World Geodetic System 1984*)

**ZEST** : Zones d'expansion des sites touristiques

## **Introduction**

La zone côtière ouest de Mostaganem est un espace riche et varié. Elle est caractérisée par des formations géologiques en plis qui créent des réservoirs naturels d'eau dans les zones basses, essentiels pour l'agriculture et les besoins des habitants malgré les périodes de sécheresse fréquentes. Le climat méditerranéen de cette région favorise une végétation diversifiée, incluant des zones agricoles et forestières, mais le développement urbain et la pression démographique menacent la biodiversité. L'économie de la wilaya s'appuie sur l'agriculture, en particulier les céréales et les cultures maraîchères, ainsi que sur la pêche et le tourisme côtier. Ces activités augmentent la demande sur les ressources naturelles, notamment en eau. Ainsi, la région fait face à des défis importants en matière de gestion durable des ressources et de protection de l'environnement pour maintenir son équilibre écologique.

Comme le reste de la région ouest de l'Algérie, la zone a connu des périodes prolongées de sécheresse, ce qui a mis sous pression les ressources naturelles disponibles. Malgré ces conditions, la zone a vu une augmentation de la densité de population, ainsi qu'un développement significatif des secteurs agricoles et industriels, accentuant la pression sur les ressources agricoles, hydriques et environnementales. Afin de faire face à ces défis, notre présente étude vise à réaliser à l'aide d'une approche géomatique une carte d'occupation du sol de la zone côtière ouest de Mostaganem. L'approche adoptée a nécessité de traiter à l'aide du logiciel ArcGis (version 10.8) huit (8) cartes topographiques, six (6) images Sentinel-2 et un (1) Modèle Numérique de Terrain (MNT-30m). Les méthodes utilisées ont concernées le géoréférencement, découpage, extraction, numérisation et le calcul de l'indice spectrale de végétation (*NDVI*). Les méthodes ont permis de réaliser pour la zone d'intérêt une carte de localisation géographique et administrative, de géomorphologie et d'indices topographiques et de la variation saisonnière de l'occupation du sol.

Notre présent travail a été réalisé par trois parties. Dans la première, nous avons établi une synthèse bibliographique sur les thèmes traitant la topographie, occupation du sol, indice de végétation et les outils de la géomatique (SIG et télédétection). Dans la deuxième, avons utilisé une approche géomatique pour manipuler le matériel (cartes, MNT et les images Sentinel-2) et les méthodes SIG et de télédétection (géoréférencement, découpage, numérisation, calcul de l'indice de végétation) qui ont permis d'observer, cartographier, évaluer le changement spatio-temporel de l'occupation du sol. Dans la troisième partie, avons cité, discuter et analyser les résultats obtenus par l'approche méthodologique



utilisée. A la fin, nous avons clôturé notre travail par une conclusion et quelques perspectives jugées utiles à la gestion durable de la zone d'étude.

# 1 Chapitre1: Synthèse bibliographies

La zone côtière ouest de Mostaganem est située dans la partie nord-ouest de l'Algérie, le long de la côte méditerranéenne. Elle s'étend sur plusieurs communes littorales et inclut des plages, des falaises, et des zones portuaires. Cette zone est caractérisée par une riche biodiversité et un patrimoine culturel important (Bouhari, 2017). Elle s'étend sur une distance d'environ 120 km le long de la côte méditerranéenne. Elle est délimitée par les communes suivantes :

1. **Mostaganem (son centre-ville):** Chef-lieu de la wilaya, situé à l'est de la zone côtière),
2. **Stidia;** une petite localité côtière à l'ouest du centre de Mostaganem, connue pour ses plages et ses activités touristiques,
3. **Mazaghran:** Localité connue pour ses falaises et ses espaces naturels côtiers.

La zone s'étend jusqu'aux limites administratives de la wilaya de Mostaganem à l'ouest, et est bordée par la mer Méditerranée au nord (Bouzouita, 2019).

## 1.1 Atouts de la zone côtière ouest de Mostaganem

### 1.1.1 Patrimoine naturel

La zone côtière ouest de Mostaganem est connue pour ses paysages naturels uniques, comprenant des plages de sable fin, des falaises rocheuses, ainsi qu'une riche biodiversité marine et terrestre. Ces caractéristiques en font une destination attrayante pour les touristes en quête de nature et de détente (Hamzaoui, 2015).

### 1.1.2 Richesse historique et culturelle

La zone côtière ouest de Mostaganem possède un riche héritage historique, marqué par des vestiges datant de l'époque coloniale et ottomane. Des monuments, des fortifications, ainsi que des traditions culturelles vivantes témoignent de l'histoire diversifiée de la région (Derradji, 2008).

### 1.1.3 Tourisme

Les plages de Stidia ainsi que d'autres sites, attirent de nombreux visiteurs locaux et internationaux. L'offre touristique se développe avec l'installation d'infrastructures hôtelières et la promotion d'activités balnéaires (Derradji, 2008).

### 1.1.4 Pêche et port de pêche

La zone ouest de Mostaganem dispose de plusieurs ports de pêche actifs, notamment à Stidia où les activités halieutiques jouent un rôle important dans l'économie locale. Ces ports servent non seulement à la pêche, mais aussi au commerce maritime (Bouhari, 2017).

## 1.2 La zone littoral

Le littoral mostaganémois s'étend sur près de 100 km sur les 400 km de la côte oranaise, il est situé au Nord-Ouest de l'Algérie (Fig 4), entre l'embouchure de la Macta à l'ouest jusqu'à l'oued Kramis et un peu au-delà à l'est, en passant par le Cheliff le plus grand fleuve en Algérie. Les unités géographiques formant cette région sont: le plateau de Mostaganem qui s'élève progressivement de l'Ouest vers l'Est, à partir des marais de la Macta; il s'étend jusqu'à l'embouchure du Cheliff qui le sépare des premières hauteurs des monts du Dahra; les monts des Dahra dont les petites collines basses près de l'embouchure s'élèvent progressivement vers l'est. Ces unités présentent un relief ondulé, formé de petits massifs à dominance argileuse dont les plus importants culminent entre 300 et 550 m et des pentes comprises entre 12% et 25%. Le littoral est composé de plages sableuses et de falaises rocheuses, plus accessible à l'ouest (grands ensembles dunaires linéaires plus ou moins consolidés) qu'à l'est (alternance de corniches rocheuses et de petites plages sableuses ceinturant l'embouchure de petits oueds côtiers). Le couvert végétal se caractérise par un cortège floristique pérenne, diversifié et associé à une formation boisée à base de genévriers (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Sm.) Neilr., *J. phoenicea* subsp. *turbinata* (Guss.) Arcang.), thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) et pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), ou à base d'une végétation psammophile et/ou halophile particulière à différents stades de dégradation, au niveau des dunes mobiles et de la côte rocheuse soumise aux embruns marins (Simonneau & Santa 1958).



Figure. 1. Localisation des sites d'inventaire floristique et de la zone d'étude (d'après Mostari & Benabdeli, 2020).

Les stations littorales sont matérialisées par un point noir, les stations internes ont leur numéro positionné sur leur localisation. 1: La Macta, 2: Sidi Mansour, 3: Stidia, 4: Ouérah, 5: Sablettes, 6: Mostaganem, 7: Sidi Mejdoub, 8: Kharouba, 9: Sonacther, 10: Cheliff, 11: Chaaibia, 12: Capivi, 13: Aizib, 14: Amarna, 15: Aïn Boudinar.

### 1.2.1 Limites géographiques du littoral de Mostaganem

Le domaine littoral est délimité de l'ouest à l'Est par les entités géographiques suivantes :

- a. Le point de départ de la ligne du littoral de la wilaya de Mostaganem est le point d'intersection de la limite des 800 mètres (à partir de la ligne des plus hautes eaux) avec la limite Est de la wilaya de Mostaganem avec la wilaya de Chlef,
- b. Limite de la forêt (maquis) de Bahara dans la commune d'Ouled Boughalem,
- c. Limite de la forêt (maquis) de Bouzouguert,

- d. Limite des 800 mètres jusqu'au niveau de la forêt de l'ex. Domaine Autogéré Sociale (DAS) si Chaif,
- e. Limite de la forêt de l'ex DAS si Chaif,
- f. Limite des 800 mètres sur une longueur d'environ 5,5 km,
- g. Limite de la forêt domaniale ZERRIFA,
- h. Limite de la forêt domaniale SEDDAOUA dans la commune de Sidi Lakhdar,
- i. Limite de la forêt domaniale de BOURAHMA cette forêt est à cheval sur trois communes Sidi Lakhdar, Hadjadj et Ben Abdelmalek,
- j. Limite des 800 mètres,
- k. Limite de la forêt de Touafir,
- l. Au niveau de l'embouchure de l'oued Chlef la limite du littoral est constituée par la zone du reflux marin qui remonte le long de l'oued jusqu'à une profondeur de 4 Km,
- m. A l'ouest du tracé de l'Oued Chlef la limite du littoral passe par le Djebel Eddis,
- n. A l'intérieur de l'agglomération de Mostaganem, la limite est constituée par la limite du périmètre du PDAU actuel,
- o. Au niveau de la commune de Stidia, la limite du littoral de la wilaya de Mostaganem est constituée par la limite de la forêt de Stidia,
- p. A l'intérieur de l'agglomération de Stidia la limite est constituée par la limite du périmètre du PDAU actuel.
- q. Le dernier point constituant la limite du littoral est le point de rencontre entre la limite de la zone humide des marais de la Macta avec la limite ouest de la wilaya de Mostaganem avec la wilaya d'Oran.
- r. Une partie de la zone humide des marais de la Macta est située au sud de la commune de Fornaka ; elle constitue le prolongement de la zone humide appartenant à la wilaya de Mascara.

Le linéaire côtier du littoral de la wilaya de Mostaganem est estimé à 124 km. Il s'étend sur 10 communes côtières.

## 1.2.2 Couverture végétale dans la zone littorale

Il est à noter, que sur la superficie totale est de 32.000 hectares de couvert végétal que compte le territoire de la wilaya, 14% soit 4.800 hectares sont représentés par des forêts. Il occupe surtout le littoral, notamment les forêts domaniales de Zerrifa, Seddaoua, Bourahma, Dunes de Mostaganem, d'Ouréah, de la Stidia ainsi que la Macta (Razali & Abderrahmane,2020).

### 1.2.2.1 Forêts littorales de la wilaya de Mostaganem

Parmi les principales forêts littorales de la wilaya, nous citons ce qui suit :

1. **Forêt de akboub;** elle est localisée à 35 de kilomètres au sud-est du chef-lieu de la wilaya. Elle couvre une superficie globale d'environ 3.872 ha répartie en 08 cantons. Elle est limitée au nord par la route départemental n°22, au sud-ouest par le massif d'Ennaro, à l'est par Djebel bel hacen et à l'ouest par la Djebel Djezzar. Sa gestion est assurée par le district forestier de Saf Saf,
2. **Forêt de stidia;** la forêt des dunes de la Stidia est située à 15Km du chef-lieu de wilaya. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au Sud par la route nationale RN11, à l'Est par Stidia et à l'Ouest par la Macta. La forêt des dunes de la Stidia couvrait il y a peu plus de cent ans une superficie d'environ 474 ha, aujourd'hui, elle ne couvre que 325 ha. Elle était composée d'un peuplement assez claire, indéfinissable dans son ensemble, formé de pin d'Alep : 30% à l'état de perchis provenant de reboisements artificiels ; et de genévrier couvrant 50% de la surface à l'état de futaie jardinée ; complétée par un taillis de thuya, de lentisque et autres espèces qui occupent 20% de la superficie.

## 1.2.3 Législation

Parmi les lois décrétées dans le cadre de la protection de l'environnement par l'Algérie nous citons celles qui suivent :

1. Loi 02-02 du 05 février 2002 relative à la protection de l'environnement et à la valorisation du littoral parue sur le journal officiel N°10 du 12/02/2002. Cette loi est composée de 46 articles regroupés dans 03 titres portant respectivement les définitions, instruments de mises en œuvre de la protection et de la valorisation du littoral et les dispositions pénales. Les principaux points réglementés dans la loi 02-02 se résument comme suit :

- a. Les définitions de termes concernant la question du littoral,
  - b. Les principes relatifs à la protection et la valorisation du littoral,
  - c. La détermination du littoral, sa protection et sa valorisation,
  - d. Les zones côtières,
  - e. Les moyens de mise en œuvre de la loi du littoral,
  - f. Les dispositions pénales.
2. Loi n° 03-10 du 17 septembre 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable parue sur le journal officiel N°43 du 20/06/2003. Elle définit les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable,
  3. Loi n° 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire paru sur le journal officiel N°77 du 15/12/2001. Elle trace la politique nationale d'aménagement et du développement durable du territoire pour la finalité d'alléger les pressions sur le littoral,
  4. Loi n° 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme parue sur le journal officiel N°52 du 02/12/1990. Les articles 44 et 45 cités dans le chapitre IV intitulés dispositions particulières à certaines parties du territoire, et plus particulièrement dans la section intitulée (le littoral) sont consacrés à la question du littoral. Les articles 44 et 45 délimitent géographiquement le littoral qui englobe les îles, les îlots ainsi qu'une bande d'une largeur minimale de 800 m qui loge la mer et inclut l'intégralité des zones humides et les rivages de 300 m de largeur dont toute construction dans la bande littorale de 100 mètres de largeur sont frappées de servitude de non construction. La délimitation du domaine du littoral Algérien est représentée par la Figure 2 suivante :

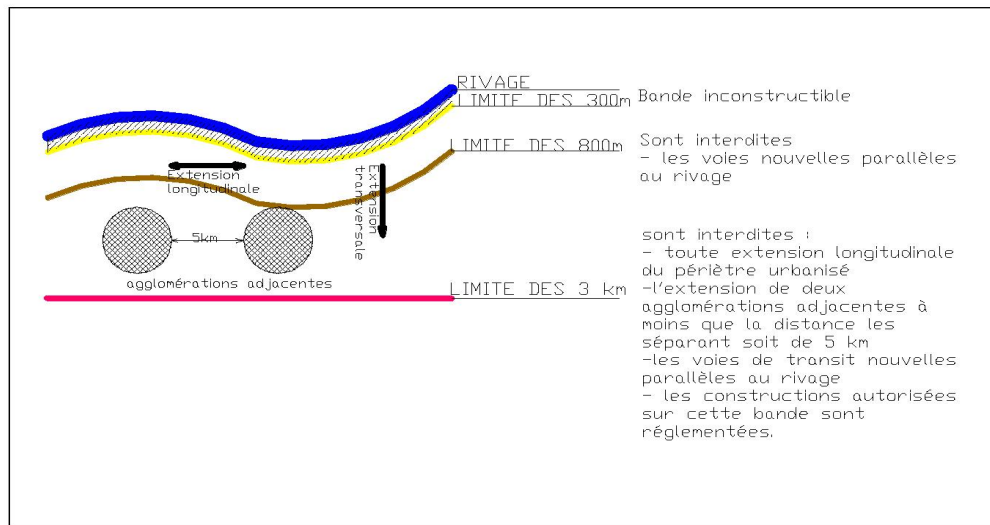


Figure. 2. Bandes délimitées par la loi 02-02 du 05-02-2002

1. Bande 1; il s'agit de la bande inconstructible dont la largeur peut atteindre 300 mètres à partir du rivage pour des motifs liés au caractère sensible du milieu côtier. Cette bande inclut le rivage naturel dans lequel sont interdits la circulation et le stationnement des véhicules (sauf les véhicules de service, de sécurité, de secours, d'entretien ou de nettoyage des plages),
2. Bande 2; d'une largeur de 800 mètres où sont interdites les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage (alinéa 1 de l'article 16). Toutefois, en raison de contraintes topographiques de configuration des lieux ou de besoins des activités exigeant la proximité immédiate de la mer, il peut être fait exception à cette disposition,
3. Bande 3; dont la largeur est de trois kilomètres, dans cette bande sont interdites :
  - a. Tout extension longitudinale du périmètre urbanisé,
  - b. L'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral à moins que la distance les séparant soit de cinq (5) kilomètres au moins,
  - c. Les voies de transit nouvelles parallèles au rivage.



### **1.2.4 Pressions exercées sur le littoral**

En étudiant le littoral de la wilaya de Mostaganem, on s'aperçoit qu'il existe une forte pression sur la zone centrale et occidentale. A l'Est et en particulier à Sidi Lakhdar, l'agglomération de petit port et son extension exercent une pression sur les terres littorales. Ces pressions dues à l'urbanisation sur les littoraux ont un impact sur l'équilibre naturel par la destruction des zones agro forestières situées généralement sur des dunes de sables protectrices des milieux côtiers.

Parmi les risques qui peuvent survenir sur le littoral, nous citons l'extension urbaine ou l'artificialisation des sols qui favorise le phénomène de l'inondation et l'érosion des sols et qui entraîne par conséquent une diminution de la superficie des plages et la pollution du milieu marin de proximité (Moussi, 2023)

## **1.3 Notion de la biomasse**

La biomasse est produite par les organismes vivants principalement par l'activité photosynthétique des plantes, mais aussi des animaux, des insectes et des micro-organismes. Elle est essentiellement constituée de polymères complexes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, de soufre en faible proportion et d'éléments inorganiques. L'énergie renouvelable introduit une distinction qui permet de n'en retenir qu'une fraction d'une part, d'y ajouter la production fatale de déchets issus d'autres composés organiques naturels industriellement transformés, donc pas toujours naturels, d'autre part (Damien, 2008).

### **1.3.1 Indicateurs de la biomasse végétale**

### **1.3.2 Différents types d'indices**

#### **1.3.2.1 Indice de végétation**

Les indices spectraux sont utilisés pour mettre en évidence des caractéristiques ou des phénomènes spécifiques dans les images de télédétection. Nous créons des indices spectraux en transformant les données spectrales en utilisant des rapports entre les bandes pour réduire les données en informations significatives. Les caractéristiques qui peuvent être extraites en utilisant des indices spectraux vont de la végétation, géologique et les caractéristiques hydrologiques, les zones brûlées et la neige, parmi beaucoup d'autres. Ces indices améliorent l'interprétation des données et ils sont utilisés dans de nombreuses applications scientifiques telles que la surveillance phytosanitaire / culture, la délimitation

des masses d'eau, le calcul des degrés de brûlure de forêts et la modélisation spatiale. Bien qu'il existe de nombreux indices spectraux disponibles qui mettent l'accent sur un certain nombre de caractéristiques du paysage (site web).

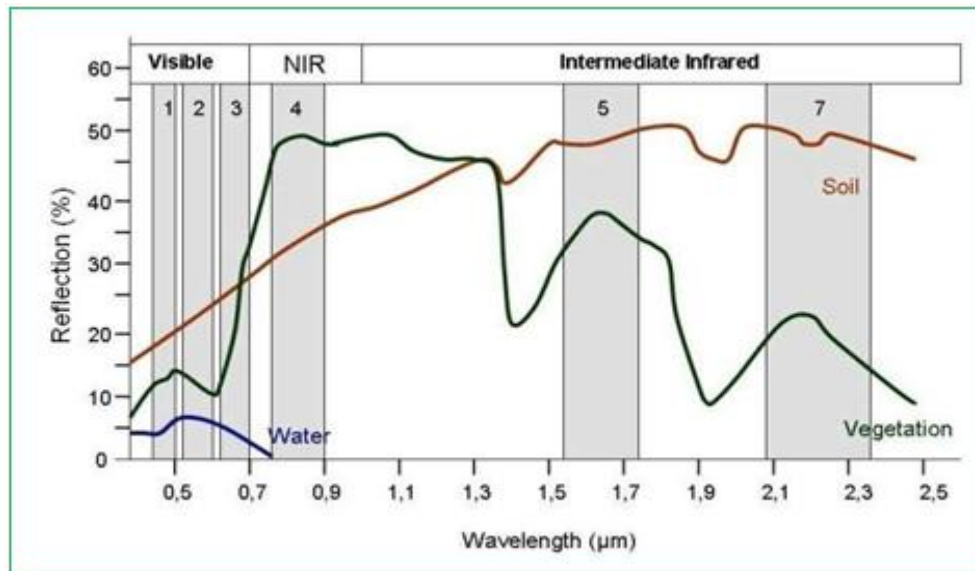


Figure. 3. Courbes de réflectance spectrale de la végétation, du sol et de l'eau (site web)

Une des tâches importantes assignées aux satellites de télédétection est la caractérisation de l'abondance et des variations de la biomasse terrestre. La télédétection de la végétation dans le domaine optique repose sur la forte absorption du rayonnement rouge par les végétaux verts, alors qu'ils réfléchissent la lumière solaire dans les longueurs d'onde correspondant au proche-infrarouge. Des relations ont été mises en évidence entre la quantité de biomasse aérienne ou le taux de couverture de la végétation et différents rapports ou combinaisons linéaires des données de ces canaux (rouge et proche-infrarouge) (Escadafal & Huet, 1990).

### 1.3.3 Formules de calcul des indices spectraux

Le calcul des indices spectraux s'appuie essentiellement sur les écarts de réflectance constatés dans les différentes bandes spectrales, ainsi que sur la variabilité des réflectances au sein d'une même bande spectrale, qui traduisent des surfaces de nature différente. Par conséquent on utilise principalement, les différences des propriétés optiques de la végétation dans le rouge et le proche infrarouge. Les réflectances dans le proche infrarouge augmentent avec la présence de la végétation (forte réflexion par

le parenchyme lacuneux) tandis que celles dans le rouge diminuent (pic d'absorption de la chlorophylle) (Abdelbaki, 2012).

<b>Les indices simples</b>	
$DVI = \rho_{FIR} - \rho_R$	Difference Vegetation Index
$RVI = \frac{\rho_{FIR}}{\rho_R}$	Ratio Vegetation Index
$NDVI = \frac{\rho_{FIR} - \rho_R}{\rho_{FIR} + \rho_R}$	Normalized Difference Vegetation Index
<b>Les indices prenant en compte le stress hydrique</b>	
$NDWI = \frac{\rho_{FIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{FIR} + \rho_{MIR}}$	Normalized Difference Water Index
$MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{FIR}}$	Moisture Stress Index
<b>Les indices prenant en compte l'influence des sols</b>	
$PVI = \frac{1}{\sqrt{a^2 + 1}}(\rho_{FIR} - a\rho_R - b)$	Perpendicular Vegetation Index
$SAVI = \frac{\rho_{FIR} - \rho_R}{\rho_{FIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Soil Adjusted Vegetation Index
$TSAVI = \frac{a(\rho_{FIR} - a\rho_R - b)}{\rho_R + \rho_{FIR} - ab + 0,08(1 + a^2)}$	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index
$MSAVI = \frac{\rho_{FIR} - \rho_R}{\rho_{FIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Modified Soil Adjusted Vegetation Index
<b>Les indices prenant en compte les effets de l'atmosphère</b>	
$GEMI = \eta(1 - 0,25\eta) - \frac{\rho_{rouge} - 0,25}{1 - \rho_{rouge}}$	Global Environment Monitoring Index
$ARVI = \frac{\rho_{FIR} - \rho_{vb}}{\rho_{FIR} + \rho_{vb}}$	Atmospherically Resistant Vegetation Index
<b>Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère</b>	
$EVI = G \frac{\rho_{FIR} - \rho_R}{\rho_{FIR} + C_1\rho_R - C_2\rho_B + L}$	Enhanced Vegetation Index

Figure. 4. Les grandes familles des indices de végétation (d'après Bacour et *al.*, 2006).

Les indices de végétation permettent de relier des valeurs de réflectance à des caractéristiques physico-chimiques des plantes. Dans le cas de la détection des colorations anormales des plantes, les indices de végétation utilisés servent à estimer la biomasse foliaire, la teneur en chlorophylles, la teneur en anthocyanes et le ratio des caroténoïdes et des chlorophylles, en distinguant ceux calculés à partir de données multi spectrales et hyper-spectrales. La plupart des indices de végétation sont obtenus par des combinaisons arithmétiques de bandes spectrales dans le visible et le proche-infrarouge (Figure 3).

Les plus performants sont ceux calculés à partir de données acquises par des capteurs hyper spectraux et/ou obtenus par différence normalisée des bandes spectrales (De La Cruz, 2018).

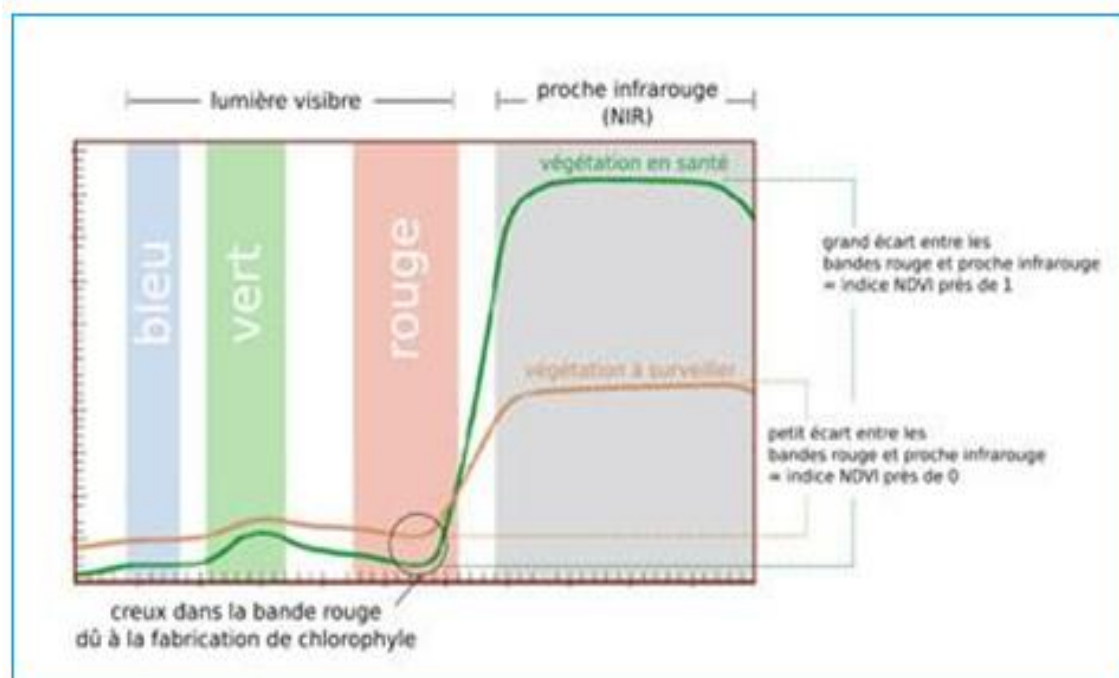


Figure. 5. Réflectance de diverses bandes en fonction de la santé de la végétation (Université Virtuelle Environnement et Développement Durable, 2008)

### 1.3.3.1 Méthodes de calcul de l'indice de végétation (IV)

Parmi les indices couramment utilisés en télédétection, on cite l'indice de végétation connu sous le sigle anglophone *Normalized Difference Végétation Index (NDVI)*. Il est défini comme le rapport de la différence et de la somme des réflectances dans deux bandes spectrales, rouge (R) et proche infrarouge (PIR) (Delbart, 2005). L'indice proposé par Rouse et *al.* (1973) est défini par la formule suivante :

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

L'image de *NDVI* (en niveaux de gris) qui, d'après Rouse et *al.*, (1973) traduit l'activité photosynthétique du couvert végétal à l'instant de la mesure. Cet indice donne une estimation sur la couverture végétale (densité, santé). Cet indice permet de faire la différence entre la végétation boisée et sénescence. Le *NDVI* est une méthode éprouvée pour l'étude et la cartographie de la végétation. Cet indice est utilisé pour détecter les phases de développement de la plante verte à partir des données multi spectrales de télédétection (Benkrid, 2008). Les variations temporelles de *NDVI* sont liées aux variations de la densité de ces tissus, et donc aux évolutions temporelles du feuillage. Dans plusieurs

méthodes, la date de début de saison est la date à laquelle le *NDVI* commence à croître, et le début de la sénescence est la date à laquelle le *NDVI* commence à décroître (Moulin et *al.*, 1997). La date à laquelle le *NDVI* cesse d'augmenter est prise comme la date de maturité de la canopée, et la date où il cesse de décroître est prise comme la fin de la sénescence. La végétation saine absorbe une grande quantité de lumière rouge et réfléchit une grande quantité de lumière infrarouge. Au contraire, une végétation moins saine réfléchira plus de rouge et absorbera plus d'infrarouge. Dans un tel cas, le *NDVI* à lui seul ne peut suffire pour témoigner de l'activité photosynthétique réelle. Étant principalement relié à l'indice foliaire du couvert végétal, il ne peut rendre compte que qualitativement de la distribution spatiale et temporelle de l'activité photosynthétique potentielle (Lobo, 2004). Le *NDVI* fournit une valeur entre -1 et +1. Une valeur de *NDVI* nulle indique une faible densité de végétation saine, une valeur proche de 1 indique une grande densité de végétation saine. La création d'indice de végétation vise plusieurs objectifs :

1. L'estimation de la masse végétale recouvrant le sol,
2. La description de l'état phénologique de la couverture végétale,
3. La prévision des récoltes,
4. L'évolution de la couverture végétale.

#### **Avantages de l'indice de végétation (IV)**

Facile à calculer et normalise en partie les effets d'éclairement ou de pentes et très utilisé, car assez générique (Caloz & Collet, 2001).

#### **1.3.3.2 Indice de sol**

L'indice de sol est connu sous le nom anglophone *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)*. Le *SAVI* qui introduit un paramètre d'ajustement noté L, qui caractérise le sol et son taux de recouvrement par la végétation. (Huete, 1988) a montré que les iso lignes de végétation ne sont pas parallèles à la droite des sols, mais qu'elles coupent celle-ci en un point selon la densité du couvert végétal. Le paramètre L prend la valeur de 0.25 pour une forte densité et de 1 pour une très faible densité de végétation. Pour des densités intermédiaires, il est égal à 0.5 (Huete, 1988).

$$SAVI = ((NIR - R) / (NIR + R + L)) * (1 + L)$$

Avec :

L : facteur d'ajustement des sols (0.25, 1)

### 1.3.3.3 Indice de l'eau

Plusieurs indices de détection de l'eau sont connus comme l'indice normalisé de l'eau ou *Normalized Difference Water Index (NDWI)* calculé à partir de la réflectance de deux bandes, Verte (V) et proche infrarouge (PIR) dont le rapport de l'équation s'écrit comme suit :

$$NDWI = (V - PIR) / (V + PIR)$$

Avec :

V : bande Verte,

PIR : bande Proche Infrarouge.

Aussi pour l'indice normalisé de l'eau modifié en substituant la bande verte par la bande infrarouge, le rapport de l'équation s'écrit comme suit :

$$NDWI = (PIR - MIR / PIR + MIR)$$

Avec :

PIR : bande du Proche Infrarouge,

MIR : Moyen Infrarouge.

### 1.3.3.4 Indice de stress hydrique

D'autres indices donnent une indication sur le stress hydrique, mais ils nécessitent la présence d'une bande moyenne infrarouge thermique (MIR).

### 1.3.3.5 Indice urbain

L'indice urbain est un indicateur utilisé pour évaluer la densité urbaine et la présence de zones urbaines dans les images satellites. Il permet de distinguer les zones bâties (urbaines) des zones non bâties (rurales) en se basant sur les caractéristiques spécifiques des zones urbaines telles que les matériaux de construction, la réflectance et la texture.

Il existe plusieurs indices urbains couramment utilisés, tels que l'indice *Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)* et l'indice *Normalized Difference Végétation Index (NDVI) inversé*. L'indice *NDBI* est

généralement calculé à l'aide des bandes de l'infrarouge proche (PIR) et du rouge (R) et est défini par la formule suivante :

$$NDBI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

Avec :

PIR : bande du Proche Infrarouge,

R : bande du rouge.

### 1.3.3.6 Indice de Brûlure

L'indice de végétation connu sous le nom anglophone *Normalized Burn Ratio (NBR)* est utilisé pour mettre en évidence les zones brûlées après un incendie. L'équation de l'indice de végétation *NBR* est basée sur des mesures dans les longueurs d'onde du proche infrarouge (PIR) et de l'infrarouge à ondes courtes (*SWIR*). Dans une végétation saine, le spectre PIR présente une réflectance élevée, tandis que les zones récemment brûlées se distinguent par une réflectance élevée dans le spectre *SWIR*. La formule s'écrit comme suit :

$$NBR = (PIR - SWIR) / (PIR + SWIR)$$

Avec ;

PIR : Proche Infrarouge,

SWIR : Infrarouge à ondes courtes.

Les valeurs de l'indice *NBR* varient entre -1 et +1.

Dans le domaine de l'agriculture et de la foresterie, l'utilisation courante de l'indice *NBR* comprend la détection des incendies de forêt en cours, l'analyse de l'intensité des brûlages et la surveillance de la reprise de la végétation après les incendies (site web, 2023).

### 1.3.4 Milieu socio-économique

Avec un climat semi-aride qui joue un grand rôle important dans le domaine de la production agricole pour l'économie de la wilaya et du pays. De ce fait la zone d'étude est particulièrement intéressante pour les enjeux socio-économiques qu'il constitue. Cette région est choisie, pour sa qualité évolutive de son milieu socio-économique (Zaoui, 2015).

### 1.3.4.1 Population

La wilaya de Mostaganem a connu une croissance démographique constante au cours des dernières décennies. Entre 2008 et 2019, la population a augmenté de 15.5%, passant de 774.450 habi en 2008 à 922.405 habi en 2019. Cette croissance est due à un taux de natalité élevé et à un solde migratoire positif (DPSB, 2021). En 2021, la population est estimée à 922.405 habitants (habi.), soit une augmentation d'environ 14.715 habi. Par rapport à 2019. Cette croissance démographique s'explique par un taux de natalité supérieur au taux de mortalité. La population se répartit de manière inégale sur le territoire de la wilaya. La commune de Mostaganem, chef-lieu de la wilaya, concentre à elle seule 45.53% de la population totale, soit environ 406.190 habi. Les communes secondaires regroupent 13.94% de la population, tandis que la zone éparsée compte 40.53% des habitants (Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire (DPSB, 2021).

### 1.3.4.2 Densité de population

La densité de population de la wilaya est de 407 habi. /km<sup>2</sup>, ce qui la place parmi les wilayas les plus peuplées d'Algérie. Cette forte densité de population est particulièrement concentrée dans la commune de Mostaganem et dans les zones côtières (DPSB, 2021). La ville de Mostaganem a connu la croissance démographique la plus forte des quatre communes, avec une population estimée à 155.000 habi. En 2021, soit une augmentation d'environ 9% par rapport à 2008. Cette croissance s'explique par plusieurs facteurs, dont l'attractivité économique de la ville, sa position géographique favorable et un solde migratoire positif (DPSB, 2021).

Entre 2008 et 2021 (13 ans), la population de la commune de Fornaka a connu une croissance modérée, passant de 13.252 habi. À environ 14.000 habi. Selon les estimations. Cette augmentation s'explique principalement par un taux de natalité supérieur au taux de mortalité (DPSB, 2021).

La commune de Stidia a également connu une croissance démographique modérée, avec une population estimée à 12.500 habi. En 2021 contre 11.941 en 2008. Les facteurs influençant cette évolution sont similaires à ceux observés à la commune de Fornaka (DPSB, 2021).

La population de Mazagran a enregistré une croissance plus importante que les deux communes précédentes, avec une augmentation d'environ 9% entre 2008 et 2021, pour atteindre une population estimée à 24.000 habi. Cette croissance s'explique par un dynamisme démographique plus important, notamment en raison d'une migration interne vers la commune de Mazagran (DPSB, 2021).



Tableau 1: Répartition de la population par commune (recensement arrêté à la date 31/12/2021 (d'après DPSB, 2021)).

Commune	Superficie (km <sup>2</sup> )	Nombre d'habitants (habi.)						Densité (habi/km <sup>2</sup> )	Taux (%)
		Urbain	Rural	Total	ACL	AS	ZE		
Mostaganem	50	167.46	1.81	169.27	167.46	0	1.81	3.38	99
Mazagrane	20	35.68	1.52	37.20	26.29	9.38	1.52	1.86	96
Stidia	55	9.67	4.42	14.09	8.11	1.56	4.42	256	69
Fornaka	70	17.51	2.50	20.02	5.02	12.49	2.50	286	87

Note :

CL : Agglomération Chef-Lieu.

AS : Agglomération Secondaire.

ZE : Zone Eparsée.

Le Tableau 1 montre que la population urbaine et rurale représente respectivement 60% et 40% de la population totale avec un taux d'urbanisation qui dépasse 60%. Les communes de Mostaganem (99%) et Mazagran (96%) connaissent l'apparition d'un phénomène de « suburbanisation ».

### 1.3.5 Activités socio-économiques

Les indicateurs socio-économiques à Mostaganem paraissent comme suit:

1. La part dans l'économie de la wilaya,
2. Les emplois,
3. L'utilisation des ressources locales,
4. La dynamique des investissements,
5. La fréquentation du territoire.

A ce titre, l'agriculture occupe la place prépondérante. En effet, la wilaya de Mostaganem compte parmi les premiers producteurs agricoles et avicoles au niveau national (DPSB, 2021)). Cette activité

centrale est appelée à se renforcer encore plus avec les perspectives de développement d'importants périmètres irrigués. Son plateau est le domaine des cultures maraîchères et de la céréaliculture. La pêche et le tourisme constituent des secteurs à fort potentiel de développement, s'appuyant sur une façade maritime de 124 km, une diversité de milieux naturels constitués d'un important cordon dunaire, de forêts maritimes montagneuses et un climat favorable. Au sujet des voies de communication, ces activités s'adossent à un réseau routier constituant pratiquement l'unique infrastructure de transport supportant les échanges intra et extra-wilaya.

### **1.3.6 Autres secteurs**

D'autres secteurs sont intégrés à savoir l'eau et l'énergie. L'eau est en effet le secteur qui présente la plus forte interaction avec les autres activités et qui constitue un maillon stratégique de la chaîne des valeurs sans compter l'alimentation en eau potable des populations. L'énergie, indispensable au fonctionnement de la wilaya dans tous ses domaines.

La wilaya de Mostaganem se caractérise par un peuplement déséquilibré au profit des communes, résultats d'une conjoncture socio-économique défavorable dans les zones rurales. La répartition des unités naturelles et des concentrations plus marquées sur le plateau de Mostaganem, mais la densité de population est relativement élevée. Cette inégalité de la distribution de la population se retrouve dans la disparité des densités par commune (Senouci et Trache, 2014)

### **1.3.7 Tourisme**

L'activité touristique a vu le jour, au milieu du siècle dernier, avec l'implantation de villages agricoles et des résidences secondaires dans les sites bordant des plages non loin de la ville de Mostaganem comme les Sablettes, Stidia, Ouréah, Salamandre, etc. Avec le développement des moyens de transport et l'attrait toujours plus fort pour la mer, l'aire d'influence de la fréquentation de la côte s'est élargie à tout le territoire national. Actuellement un potentiel de sept (7) millions de visiteurs fréquente les plages de Mostaganem avec des pics durant la période estivale, allant du mois de juin à août (Boudjelal, 2002).

Deux types de tourisme balnéaire peuvent être identifiés : le premier est un tourisme de masse issu d'une adaptation des flux d'estivants aux conditions socioéconomiques, le second est plutôt cadré par une planification préalable et des acteurs institutionnels. Les deux types jouent un rôle déterminant dans l'économie touristique et dans son rapport avec le milieu naturel.

### **1.3.8 Plages et l'activité balnéaire**

La bande côtière de la wilaya de Mostaganem s'étend de la plage de Sidi Mansour dans la commune de Stidia à l'ouest jusqu'à la plage de Bahara dans la commune de Ouled Boughalem à l'Est, soit au total 52 plages dont 42 ouvertes à la baignade et 10 non ouvertes à la baignade et ce pour leurs inaccessibilités. La dominance balnéaire est reflétée par la contraction des Zones d'Extension des Sites Touristiques (ZEST) de la wilaya qui sont au nombre de 16 et occupant une superficie totale de 4.724.8 ha dont la superficie constructible couvre 3.115.46 ha. Six (6) plages ont été prises en charges par le programme d'aménagement initié par le secteur du tourisme. La bande du littoral intègre le domaine forestier qui renforce le potentiel touristique de la wilaya (Direction du Tourisme et de l'Artisanat : DTA, 2021). Les données montrent que le nombre d'estivants qui ont visité les plages de la wilaya de Mostaganem, durant le mois d'août 2021 a atteint 3 millions, en majorité à Sidi Mansour et la Macta. A cela s'ajoute 1 million d'estivants à Sablettes, 500.000 à Ouréah (500 000) et 400.000 à Bahara (DTA, 2021).

### **1.3.9 Industrie**

L'évaluation économique actuelle de la wilaya sera abordée à travers les grands secteurs d'activité et leurs situations actuelles. La wilaya de Mostaganem est caractérisée par trois grands secteurs d'activité : L'agriculture, l'industrie, la pêche et les services.

### **1.3.10 Activités industrielles**

Le tissu industriel de la wilaya de Mostaganem est constitué de cinq (5) unités industrielles de grandes tailles, couvrant quatre branches d'activités principales à savoir, l'agroalimentaire, la cellulose, l'industrie manufacturière, le dessalement de l'eau de mer, les mines et les carrières. Parmi les unités industrielles, nous citons les trois (3) unités (dessalement de l'eau de mer (200 m<sup>3</sup>/jour), production de l'énergie électrique et production du sucre) qui sont situées dans le domaine littoral de la wilaya et couvrant de très grandes superficies comme le montre la Figure 6 suivante :



Figure. 6. Photos prises en 2023 sur l'unité de production de l'énergie électrique (Aizeb -Mostaganem).

La Figure 6 montre que l'unité de production d'énergie est en cours de montage par la société Samsung. L'unité a été implantée sur un sol sableux entre la mer et la Route Nationale (RN11).

### 1.3.10.1 Domaine maritime

La côte algérienne est divisée en quatorze wilayas maritimes. Chaque wilaya renferme un certain nombre de ports et d'abris de pêche. Depuis l'année 2000, vingt (20) structures portuaires ont été réalisées sur la côte algérienne et sont réparties comme suit :

1. 07 Ports de pêche et de plaisance.
2. 07 Abris de pêche,
3. 04 Ports de pêche,
4. 02 Ports de plaisance.

L'implantation d'un port à Mostaganem au bord de mer a comme conséquence immédiate et irréversible. Elle cause la destruction de la faune et de la flore. La création d'un port nécessite souvent le creusement de bassins et le rejet en mer de matériaux. Ces rejets ont des conséquences sur l'écosystème côtier telles que l'enfouissement d'organismes benthiques, l'augmentation de la turbidité et donc la diminution de la production primaire et le colmatage des branchies. Les structures portuaires agissent comme une

barrière côtière. La dérive côtière des sédiments menace de perturber les matériaux et de modifier le développement du littoral (DEW direction de l'environnement de la wilaya, 2020).

La wilaya de Mostaganem compte un (01) port de commerce, deux (02) ports de pêche et plaisance et deux (02) ports de pêche en projets à Stidia et à Sidi el Adjel dans la commune de Khadra (DPRH direction de la pêche et des ressources halieutique, 2021). Le Port de Mostaganem créée en 1904 dans la zone centrale du littoral est qualifié comme l'un des ports les plus importants d'Algérie et du Maghreb, car il relie de nombreuses lignes et est considéré comme un point de connexion entre l'Est et l'ouest. Un port de pêche et de plaisance ont été réalisés en 2012 au lieu-dit Salamandre (ville côtière) et un port de pêche au lieu-dit petit port dans la commune de Sidi Lakhdar. Cette infrastructure portuaire permettra à la wilaya de Mostaganem de posséder un potentiel de production halieutique qui peut lui permettre d'atteindre un niveau important en matière de développement économique et sociale. Son littoral s'étend sur une longueur totale de 124.5 km. Son milieu marin présente les caractéristiques générales suivantes :

1. Une superficie de 2.679 km<sup>2</sup> est réservée à la zone de pêche,
2. Nombre de site d'échouages : 09 sites,
3. Trois (3) ports de pêche dont un (1) mixte situé dans la ville de Mostaganem.

Par l'étendue de son littoral et la diversité de ses ressources marines, la wilaya possède un véritable potentiel de production pouvant faire du secteur de la pêche, un maillon primordial de développement économique et social.

### 1.3.10.2 Répartition des ports de la wilaya de Mostaganem

Tableau 2: Caractéristiques générales des ports de Mostaganem (direction de la pêche et des ressources halieutique : DPRH, 2021)

Ports	Jetée principale (Ml)	Jetée secondaire (Ml)	Capacité de production (T/AN)	Longueur de quais (Ml)
Mostaganem	1.380	500	1.670.000	140 (pêche)
Salamandre	707	290	10.500	635
S/Lakhdar	610	330	9.500	495

Le Tableau 2 montre que le port de Mostaganem a une grande capacité de production halieutique

### 1.3.11 Conclusion

La zone d'étude est délimitée géographiquement par le lieu-dit Sidi Mansour (commune de Stidia) à l'ouest et la commune de Mostaganem à l'est. La majorité de ses plages sont sableuses, protégées par des dunes naturelles, comme celles de la Macta, Sidi Mansour et Stidia. En revanche, cette zone côtière et littorale est traversée par plusieurs oueds, dont le plus important est l'Oued Chlef à l'est de Mostaganem, qui conserve de l'eau en permanence.

Le climat de la zone d'étude est semi-aride, avec des hivers doux et une pluviométrie annuelle moyenne de 355 mm. L'analyse des paramètres climatiques montre une tendance à la baisse des précipitations, accompagnée d'une hausse des températures de surface.

Une évaluation détaillée des activités socio-économiques de la wilaya de Mostaganem met en évidence les secteurs clés tels que l'agriculture, la pêche, le tourisme, l'industrie et l'urbanisation côtière. L'agriculture occupe une place cruciale, en particulier la production agricole et avicole, avec un fort potentiel de développement des périmètres irrigués. Le secteur halieutique et le tourisme balnéaire présentent également un potentiel important, grâce aux côtes. En revanche, le secteur industriel demeure limité à quelques grandes unités.

En termes d'infrastructure portuaire, Mostaganem dispose d'un port mixte (transport et pêche) et de plaisance, qui soutiennent les activités maritimes, mais posent également des défis écologiques liés à la construction sur rivage et le littoral. La wilaya bénéficie de ressources marines importantes, susceptibles de stimuler le développement économique, notamment dans le domaine de la pêche.

Le milieu biotique met en lumière la diversité biologique unique de cette région littorale d'Algérie. Située entre la mer Méditerranée et des zones rurales semi-arides, cette région abrite une riche variété d'espèces végétales et animales, qui prospèrent dans un climat méditerranéen favorable. Son littoral abrite des plages, des dunes, des forêts et des écosystèmes marins, offrant un habitat à de nombreuses espèces marines et terrestres.

Le milieu biotique est influencé par des facteurs naturels comme la présence d'écosystèmes forestiers et marins diversifiés, ainsi que par des activités humaines telles que l'agriculture, la pêche et le tourisme. Ces activités créent à la fois des opportunités pour le développement économique et des défis environnementaux, tels que la dégradation des habitats naturels et la surpêche.

Les zones humides et les forêts littorales, bien que limitées, jouent un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité locale, fournissant des habitats pour les oiseaux migrateurs et d'autres espèces fauniques. Par ailleurs, la richesse des ressources marines contribue au maintien de la pêche, tandis que le développement touristique exerce une pression sur ces écosystèmes fragiles, nécessitant des stratégies de gestion durable.

En résumé, le milieu biotique de la zone côtière ouest de Mostaganem présente une mosaïque d'écosystèmes qui, bien qu'abondants en ressources naturelles, doivent faire face à des menaces liées à l'activité humaine croissante.

Le territoire de la wilaya présente une diversité d'occupations des sols, mettant en évidence un fort potentiel agricole, forestier et écologique. L'agriculture, en particulier, domine avec 63 % de la superficie totale de la wilaya dédiée à cette activité. Trois secteurs majeurs se démarquent; l'élevage avicole, la production maraîchère et arboricole. Bien que la production céréalière reste limitée, l'existence d'importants aquifères et plaines, notamment dans le plateau de Mostaganem, favorise le développement agricole. En parallèle, les terres forestières couvrent une part significative du territoire, avec 35 % de la superficie forestière située dans la zone littorale, principalement composée de Pin d'Alep et de Genévrier de Phénicie. La gestion de ces zones, ainsi que l'exploitation contrôlée des espaces agricoles, sont essentielles pour maintenir un équilibre entre développement économique et protection des ressources naturelles.

La zone humide des marais de la Macta constitue un autre élément clé de la biodiversité, classée réserve naturelle et site Ramsar. Elle est partagée entre Mostaganem et les wilayas voisines (Mascara et Oran), ce qui souligne l'importance de la collaboration inter-wilaya pour la gestion durable des écosystèmes sensibles.

En résumé, la wilaya de Mostaganem est un territoire riche en ressources agricoles, forestières et écologiques, mais elle fait face à des défis, notamment liés à la surexploitation des terres et aux conditions climatiques. Le développement de stratégies durables, comme l'exploitation efficace des terres agricoles et la préservation des zones forestières et humides, est crucial pour garantir une production à long terme tout en protégeant l'environnement.

## **1.4 Outils d'investigations**

### **1.4.1 Outil Système d'Information Géographique (SIG)**

#### **1.4.1.1 Définition**

Le SIG est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace (Koehl, 2006), il permet aussi le recueil, la saisie, la codification, la correction, la manipulation, l'analyse et l'édition graphique des données géographiques spatiales (points, lignes, polygones et volumiques). Le SIG est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie des données, dont la majorité est spatialement référencée, destiné à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et à l'aide à la décision (Caloz & Collet, 2001).

#### **1.4.1.2 Apports des SIG**

Les cartes topographiques et thématiques sont encore aujourd'hui les plus utilisées pour la représentation des données spatiales. Cependant, les besoins actuels s'orientent plus vers un outil, non seulement descriptif, mais surtout d'aide à la gestion, à la planification et d'aide à la décision (cartes d'aptitude ou de risques). Un SIG intègre deux secteurs de pointe de l'informatique : d'une part la cartographie assistée par ordinateur qui s'attache à la représentation des données géographiques et d'autre part aux systèmes de gestion des bases de données (Gandon, 1991).

La méthodologie de l'agriculture de précision permet de mesurer et de gérer la variabilité des propriétés du sol, c'est-à-dire la variabilité spatiale, afin d'accroître l'efficacité de la production et de réduire l'impact environnemental. Pour cette raison, il est nécessaire de définir deux concepts de grande importance, qui sont la variabilité spatiale, qui exprime les différences de production dans un même champ, à la même saison et à la même récolte ; et la variabilité temporelle, qui se réfère aux changements de production dans un même champ, mais à des saisons de récolte différentes. Il est donc établi qu'elle correspond à un ensemble de technologies qui permettent l'application variable d'intrants agricoles tels que les engrais ou les pesticides, en fonction des besoins et/ou du potentiel productif des différents secteurs de la parcelle, préalablement définis. Il ne s'agit pas seulement de mesurer cette variabilité, mais aussi de mettre en œuvre une série de pratiques qui s'effectuent en fonction de cette variabilité. L'observation de l'existence de la variabilité en ce qui concerne les propriétés ou les



déterminants de la production n'est pas nouvelle, mais la différence réside dans la capacité à l'identifier, la quantifier et la cartographier.

Cette méthodologie peut être divisée en quatre phases suivantes :

- a. Collecte des données,
- b. Traitement et interprétation des informations,
- c. Prise de décision,
- d. Actions sur le terrain.

Sur cette base, une série de pratiques sont définies dans un cycle visant à remplacer la recommandation habituelle, utilisée dans l'agriculture traditionnelle, d'intrants basés sur des valeurs moyennes par une recommandation beaucoup plus précise de gestion localisée, qui tient compte des variations de rendement de toute la surface de l'exploitation. Cette combinaison optimise l'utilisation des intrants en déposant dans le sol la quantité de semences que chaque point supporte, la quantité de nutriments nécessaires et, en outre, la lutte contre les mauvaises herbes, les parasites et les maladies n'est effectuée que là où il y a une réelle demande de contrôle. Les pratiques de gestion localisées ne sont pas seulement basées sur des cartes de productivité ou de fertilité des sols. Les décisions peuvent être prises à partir d'une base de données ou d'informations obtenues au moment même où les actions doivent être menées, grâce à des capteurs en temps réel.

### **1.4.2 L'outil télédétection**

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (site web).

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes que nous élaborons ci-après. Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non-imageurs.

La télédétection présente de nombreux avantages pour l'analyse des dynamiques urbaines. Donnay (2001) relève 6 domaines dans lesquelles la télédétection a prouvé son efficacité dans le milieu urbain. Il s'agit de :

1. La localisation et l'extension des zones urbaines,
2. La nature et la distribution spatiale des catégories d'occupation du sol,
3. Le réseau de transport et ses infrastructures,
4. Les statistiques et les indicateurs socio-économiques reliés,
5. Les structures 3D,
6. Le changement des formes selon le temps.

Les méthodes de télédétection peuvent être utilisées au-dessus de grandes régions pour effectuer la classification des types d'utilisation du sol de façon pratique, économique et de manière répétitive.

#### **1.4.2.1 Traitement d'images satellitaires**

La dynamique de l'occupation du sol dans la zone d'étude doit être suivie et surveillée par l'utilisation de l'imagerie satellitaire. L'image fournit une vision synoptique des modes d'occupation du sol, ce qui est dans le cas des grandes zones, n'est pas facile à le faire par le biais des enquêtes sur terrain (Richards, 2013 ; El-Hattab, 2016). Leur capacité d'identifier les différents modes d'occupation repose essentiellement sur le comportement spectral des objets tels que les plages, zones urbaines, eaux, etc. (Ndao, 2012). L'avantage de l'utilisation de l'image est la multi temporalité, c'est-à-dire, la disponibilité des archives historiques qui permettent de cartographier et de comprendre les changements de l'occupation du sol dans le temps (Bhatti & Tripathi, 2014 ; Li et al., 2017). En Algérie, les études de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la zone côtière ont été abordées par plusieurs chercheurs notamment Bouhennache et al., (2014) et Rabehi (2018) ; ils se sont intéressés aux changements de l'occupation/utilisation du sol ou en anglais Land Use Land Cover Change (LULCC) dans la wilaya d'Alger, en particulier la baie d'Alger. Dans leurs études, ils ont utilisé une série multi-temporelle des images Sentinel 2.

L'image satellitaire est un document contenant diverses informations relatives à des objets tels que le sol et la végétation, dans ce sens le traitement effectuée est telle que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence (Lakhdari, 2015). Dans notre présente étude, nous avons adopté une approche géomatique qui s'applique sur les images Sentinel-2 afin de nous

permettre d'observer, cartographier et analyser l'occupation du sol (Heiskanen et *al.*, 2017) et d'évaluer les indicateurs de changements d'état et de surfaces dans un temps réduit, à faible coût et avec une meilleure précision (Corgne et *al.*, 2016).

Les images obtenues après acquisition ne sont pas utilisables directement pour une interprétation aisée. La présence de défaut ne permet pas d'avoir une qualité à une définition uniforme pour l'ensemble d'une campagne de prise de vue. On peut dire que le prétraitement doit fournir à partir des images brutes des images propres, dont il est nécessaire de fournir la qualité aussi bien en géométrie qu'en amplitude. La première opération au sol consiste à décoder le signal reçu afin de trouver la donnée originale créée par le capteur. Les traitements préliminaires ou pré traitements, ont pour but l'élimination ou du moins la réduction du « bruit » afin de faciliter l'extraction des informations à l'étape de classification thématique.

Ce bruit peut provenir de sources très diverses et dépendre notamment du système de télédétection en question aussi bien que de l'information recherchée (Ouldmelha, 2015).

#### **1.4.2.2 Classification des images satellitaires**

La classification d'image est une interprétation assistée par ordinateur d'images satellitaires, et se définit comme l'opération qui regroupe au mieux de leur ressemblance spectrale les divers objets de la surface de la zone. Autrement dit c'est une méthode d'analyse des données qui permet de ranger des pixels de l'image dans des classes homogènes. Il existe deux approches pour la classification d'images, une est dite non supervisée ou automatique, qui est utilisée dans le cas où l'information qu'on dispose est faible sur la zone d'étude (le logiciel définit lui-même les classes) ; l'autre est dite supervisée (par apprentissage) et nécessite une bonne connaissance du terrain (l'utilisateur définit lui-même les classes à produire (nombre, caractéristique spectrale,) (EL Morjani, 2015). L'algorithme classificateur étudié la signature spectrale des zones d'apprentissage et regroupe les objets qui ont des signatures spectrales similaires aux signatures d'apprentissages.

## 2 Chapitre II: Matériels et méthodes

Pour réaliser un inventaire écologique de la zone d'étude, nous avons utilisé une approche géomatique basée principalement sur les outils d'investigation de la haute technologie à savoir les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), le Système de Positionnement Global (GPS), la télédétection, et les documents cartographiques.

Le matériel utilisé se résume comme suit :

1. Un extrait du fond de cartes topographiques au 1: 50.000e (INCT, 1989),
2. Un extrait de la carte géologique de l'Algérie, au 1: 500.000e (INCT, 1952),
3. Un extrait de la carte des sols d'Algérie, au 1: 500.000e (INCT, 1952),
4. Un extrait de la carte de végétation de l'Algérie (Bosquet - Mostaganem), au 1: 200.000e (Boulaine, 1958),
5. Une imagerie du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de résolution 30 m généré à partir de l'image Radar acquise en date de 11/02/2000 par le satellite Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (disponible sur : <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>),
6. Le fichier vectoriel de type Shapefile de découpage administratif des communes et wilaya d'Algérie (Comgeo Algérie),
7. Un extrait de la carte d'inventaire Forestier National (IFN) de la wilaya de Mostaganem (IFN, 2008),
8. Six (6) images Sentinel-2, ([sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data access](http://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access)),
9. Données OpenStreetMap (OSM) (<https://extract.bbbike.org>),
10. Base de donnée terrain des classes d'occupation et de couverture de sol (*Corine Land Cover : CLC*),
11. Logiciels SIG et traitement d'images satellitaires (ArcGis 10.8, QGIS et Global Mapper),
12. Un GPS de marque Garmin 78c,
13. Appareils photo
14. Fiches descriptives de validation sur le terrain (2020).

Parmi les principales méthodes SIG utilisées, nous citons la méthode de géo référencement qui est une étape nécessaire avant tout travail sous SIG (Anouar, 2022). La méthode permet d'attribuer des coordonnées géographiques à des données. Cela permet de superposer des données de différentes sources, ce qui est essentiel pour l'analyse géographique (Abbé et *al.*, 2005). A l'aide du logiciel ArcGis (version 10.8), toutes les données d'entrées (cartes et autres) et de sorties (résultats) ont été géo référencées dans le système géodésique mondiale *WGS 84* et la projection *UTM*, zone géographique 31N. Ensuite, nous avons appliqué les méthodes de mosaïquage, découpage, digitalisation, numérisation et vectorisation sur les documents cartographiques calés. Les méthodes SIG ont permis d'élaborer pour la zone d'étude une cartographie de reconnaissance des milieux (physiques, biotiques, hydrologiques et environnementaux). Pour caractériser le relief de la zone, nous avons analysé limagette du Modèle Numérique de Terrain (MNT) générée à partir de l'image *SRTM-30m*. Pour exploiter les données du MNT, nous avons appliqué la méthode de lissage paramétré en moyenne sur un cercle de 3 cellules à l'aide de l'outil "statistiques focales" implémenté sur le logiciel ArcGis. La méthode a permis d'atténuer le bruit qui cause des défauts sur la pente et le réseau hydrographique qui peuvent être générées à partir du MNT (Manière, 2019). Les méthodes SIG appliquées sur le MNT sont citées dans le schéma de traitement représenté par la Figure 7 Suivante :

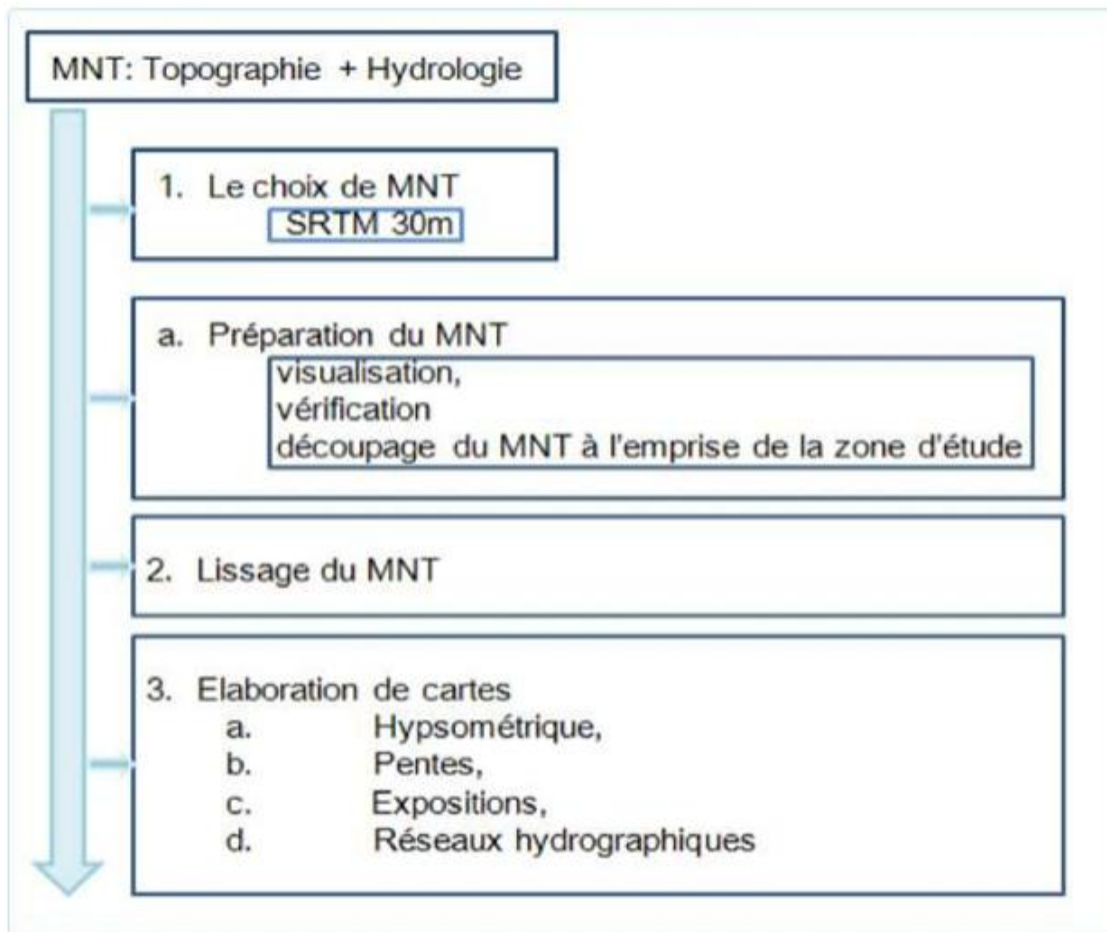


Figure. 7. Schéma de synthèse et d'analyse topographique utilisé dans le traitement du MNT de la zone d'étude.

La Figure 7 montre que les méthodes SIG d'extraction et de lissage appliquées sur le MNT ont permis de reconstituer la configuration physique du terrain de la zone d'étude. Quatre indices topographiques ont été générés à savoir les altitudes, pentes, expositions ou directions des pentes et les éléments hydrologiques.

## 2.1 Présentation de la zone d'étude

### 2.1.1 Aperçu général sur la wilaya de Mostaganem

En Algérie, la zone littorale est constituée de plaines, de plateaux, d'ensembles collinaires et d'escarpements où s'inscrivent des échancrures s'ouvrant souvent en forme de baies comme dans le cas des principales villes portuaires. On rencontre souvent des formations dunaires de type calibré qui dégage un plateau sablonneux le long de la côte sous l'effet de vents réguliers. Ceci peut être lié à

l'activité du tertiaire et les formations quaternaires qui ont marqué la morphogénèse littorale (Gourninard, 1958). Mederbal (1983) et Benest (1985) ont montré que la géomorphologie côtière de la région de Mostaganem est dominée par trois principales origines décrites comme suit :

Origine continentale étant donné que le plateau de Mostaganem est recouvert d'un manteau grés-calcaire reposant sur des marnes du pliocène,

Origine marine vu que l'action des vagues sur le continent désagrège les roches et le sable s'accumule sur les plages,

Origine fluviatile par la présence de nombreux oueds potentiellement capable d'entraîner des apports fluviatiles remaniés par les vagues puis rejetés sur le continent (Ouabel, 2012).

La wilaya de Mostaganem apparaît sous une morphologie plate, formée par un relief calme, divisé en six unités :

1. Le cordon littoral,
2. Les monts de Dahra,
3. Une zone de collines littorales,
4. Une zone de plateau,
5. La vallée du bas Chélif,
6. Une zone de plaine (la plaine des Bordjias).

La géographie de la wilaya de Mostaganem comprend au centre la plaine de l'Habra entourée à l'Ouest par le plateau de Sig et les monts d'Arzew, au Sud par les monts des Beni-Çhougrane, à l'Est par une portion de la plaine de la Mina et au Nord-Est par la wilaya de Chleff. Le relief de la wilaya permet d'individualiser 06 unités naturelles réparties comme suit :

Le cordon littoral ; d'une longueur de 124 Km, il s'étale sur huit (08) communes, et couvre une superficie de 27.043 ha. Le cordon littoral constitue la frange sahéenne de la Wilaya, composée de formations de sables et de dunes,

La plaine des Bordjias ; cette plaine couvre une superficie d'environ 25.000 ha. Elle est située dans la partie Sud-Ouest de la Wilaya. Elle se distingue par une topographie relativement plane (pentes

généralement inférieures à 3%) et une altitude avoisinant les 40 à 50 mètres. La plaine des Bordjias fait partie de la grande plaine sublittoral d'El Habra,

La vallée du Chleff ; elle occupe une superficie de 15.647 ha. Elle correspond à de larges terrasses dans la partie amont et centrale, puis se rétrécit progressivement jusqu'à l'embouchure de l'oued Chleff. Cette vallée fait partie de la plaine du Chleff,

Les collines sublittorales ; elles s'étendent sur une superficie de 14.268 ha, et constituent le prolongement des piémonts des monts de Dahra dans la partie Ouest, leurs altitudes oscillent entre 150 et 200 mètres et la pente est modérée (3 à 12%),

Les monts de Dahra ; ils couvrent une superficie de 78.550 ha. Ces montagnes se présentent sous la forme de petits massifs d'aspect collinaire. Le relief est très accidenté dans l'ensemble de cette zone, il est entaillé par un réseau hydrographique très chevelu. Les versants présentent des pentes appartenant dans l'ensemble à la classe des 12-25%. Les pentes les plus accusées (> 25%) caractérisent les versants de la partie Est,

Le plateau de Mostaganem ; Il s'étend sur une superficie de 56.198 ha, et présente un relief relativement ondulé s'abaissant sur la plaine d'El Habra et le golf d'Arzew. L'exposition générale est orientée vers le Nord. Son altitude oscille entre 200 et 250 mètres dans la partie Nord, et entre 150 et 200 mètres dans la partie Ouest et entre 300 et 350 mètres à l'Est, Il faut rappeler que le méridien de Greenwich traverse la Wilaya au niveau de la commune côtière de Stidia, à une dizaine de kilomètre à l'Ouest du chef-lieu de Wilaya (Zemouri, 2022).

### **2.1.2 Localisation géographique**

La wilaya de Mostaganem est située au Nord-Ouest de l'Algérie sur le littoral méditerranéen (d'Afrique du Nord), elle s'étend sur une superficie de 22.690 ha (2.269 Km<sup>2</sup>). Elle est située à 363 km à l'Ouest d'Alger, à 80,7 km à l'Est d'Oran, à 48 km d'Arzew et à 81 km au Nord de Mascara comme le montre la Figure 8 suivante :





Figure. 8. Localisation géographique de la wilaya de Mostaganem

### 2.1.3 Relief

La région de Mostaganem associe plusieurs unités de relief réparties comme suit :

1. Au centre et au sud, la façade littorale est constituée de plages sableuses, en arrière desquelles se trouvent des formations dunaires, mobiles ou consolidées,
2. Au nord de la vallée du Chélif, les monts du Dahra sont constitués de marnes, de flyschs et de grès. Ils forment une chaîne accidentée, drainée par un réseau hydrographique très dense. Les sommets atteignent de 300 à plus de 550 m d'altitude. Sur des pentes assez fortes, les sols sont souvent peu évolués.
3. Entre la mer et les monts du Dahra, des vallées et des plaines littorales forment un ensemble qui s'élargit vers le nord. Le soubassement est presque exclusivement marneux au centre et au sud. Des flyschs apparaissent également dans la partie nord.
4. Au sud de la vallée du Chélif, le plateau de Mostaganem, dont le soubassement est formé de grès pliocènes à ciment calcaire (Zaoui, 2015), présente une surface ondulée, inclinée vers le sud-ouest et le golfe d'Arzew. Les formations du Tertiaire sont couvertes de lumachelles pléistocènes et de matériaux sableux (produits d'altération et remaniements éoliens). Les

altitudes sont généralement comprises entre 50 et 300 m, mais elles dépassent localement 450 m. Au nord, le plateau surplombe la mer et le bas Chélif par un escarpement haut de 150 à 200 m. Les sols sont de type décalcifié rubéfié, souvent lessivés, passant souvent à des sols dunaires. Ils peuvent présenter en profondeur des encroûtements calcaires (Boulaine, 1955). Dans les bas-fonds se sont accumulés des matériaux riches en matière organique.

### **2.1.4 Climat**

Le climat de l'Algérie est de type méditerranéen caractérisé par deux saisons bien distinctes, celle des pluies et celle de la sécheresse. L'influence du nord - ouest apporte des courants froids et humides, et celle du sud est beaucoup plus liée à des courants chauds et secs. Concernant les aspects du climat de l'Oranie ont été analysés par plusieurs auteurs, en démontrant ses effets contraignants sur le milieu naturel et sur l'environnement socio-économiques. Aimé (1991) a mis en évidence après traitement des données météorologiques d'Oran, d'Es-Senia et de Tlemcen et sur plus de 60 ans (1924-1984) quatre périodes climatiques (grâce à la méthode des précipitations cumulées) dont la tendance se situerait soit au-dessous du volume des précipitations moyennes, soit en dessus.

1. 1924-1934 périodes relativement humides,
2. 1935-1945 périodes relativement sèches,
3. 1946-1976 périodes humides,
4. 1977-1985 périodes nettement sèches.

La wilaya de Mostaganem appartient au climat méditerranéen et précisément au climat de l'Oranie chaud et sec en été, tiède et pluvieux en hiver, les deux éléments principaux du climat (précipitations et températures) conditionnent tous les rythmes d'irrégularités (Smahi, 2001).

#### **2.1.4.1 Données hydriques (précipitation)**

Mostaganem a reçu des précipitations annuelles moyennes de 376 mm, mais avec de fortes fluctuations interannuelles et une tendance générale à la hausse. Sur les décennies 1980-1989, 1990-1999 et 2000-2009, les valeurs annuelles moyennes ont atteint respectivement 327 mm, 345 mm et 427 mm. La station de Mostaganem semble assez représentative des précipitations moyennes sur la wilaya : avec 340 mm/an sur la période 1976-2005, elle occupe le 6ème rang sur 13 stations, par ordre décroissant, la valeur maximale étant celle de Sidi Lakhdar avec 448 mm/an (Zaoui, 2015). Pour la même station, la

température annuelle moyenne est de 17,5°C sur la période 1977-2012 (Figure 5). Les valeurs décennales s'établissent à 17,2°C (1980-1989), 17,6°C (1990-1999) et 17,9°C (2000-2009). Cette augmentation se retrouve pour les moyennes décennales des températures maximales journalières, qui passent de 22,9°C à 23,1°C et à 23,6°C respectivement (Caïd et al., 2019). A partir de précipitations mensuelles, on a calculé les précipitations annuelles de la période (1990-2020) des deux stations ; donc en déduire que la station de Sidi lakhdar est la plus pluvieuse avec 423.9mm et la station de Mostaganem avec 358.5mm (Derbal et Khedimi, 2022).

Tableau 3: Moyenne des précipitations mensuelles (1990-2020) au niveau de station ([https://fr.climat-data.org/\(2024\)](https://fr.climat-data.org/(2024)))

Moyenne des précipitations mensuelles (mm) de la période (1990-2020)													Moy (mm)
Stations	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	
Mostaganem	46.6	36.4	40.7	42.3	26	8.6	3.2	4.6	17.6	33.2	60.1	39.2	358.5

Le Tableau 3 montre qu'entre 1990 et 2020, les précipitations moyennes mensuelles à Mostaganem révèlent une saisonnalité marquée. Les mois les plus pluvieux sont principalement en automne et hiver, notamment novembre (60.1 mm) et janvier (46.6 mm). Pendant l'été, les précipitations sont très faibles, surtout en juillet (3.2 mm) et août (4.6 mm), ce qui souligne le caractère méditerranéen semi-aride de la région. La répartition annuelle des précipitations atteint 358.5 mm, indiquant un climat où l'agriculture doit s'adapter à des ressources en eau limitées et irrégulières.

#### 2.1.4.2 Données thermiques (température)

L'analyse des données de la température de surface fournies par la station météorologique de Mostaganem montre que la température varie entre 7.7 °C et 34.8 °C. Le mois de janvier est le mois le plus froid et le mois d'août est le plus chaud (Derbal et Khedimi, 2022).

Tableau 4: Températures mensuelles maximales (1990-2020) station de Mostaganem ([https://fr.climat-data.org/\(2024\)](https://fr.climat-data.org/(2024)))

Moyennes mensuelles des Températures maximales (T°C) (1990-2020)											Moy	
J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	27.1
19.9	21.1	23.9	25.8	28.8	30.5	34.0	34.8	32.1	29.2	24.8	20.7	

Le Tableau 4 montre un climat méditerranéen typique, avec des hivers doux et des étés chauds. Les mois les plus frais sont janvier et février, avec des températures autour de 20°C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août, atteignant près de 35°C. La moyenne annuelle est de 27, 1°C, indiquant un climat agréable, avec des variations modérées entre les saisons.

### 2.1.5 Ressources hydrauliques

L'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) (2020) montre que le réseau hydrographique du littoral de la wilaya de Mostaganem est caractérisé à l'instar du cadre morphologique par trois régimes bien distincts suivants :

1. Le régime caractérisant le drainage des plateaux de l'Est de la wilaya est constitué d'un certain nombre d'Oued dont les plus importants sont l'oued Kramis, l'Oued Zerifa, l'oued Roumane, l'Oued Seddaoua ; ils sont caractérisés par un tracé court et des vallées larges profondes taillée dans les formations greso-calcaires des flancs nord des plateaux de l'Est de Mostaganem (plateau de Achaacha et de Chouachi). Ces oueds sont ponctués sur le rivage par des plages importantes et sont le siège d'une activité agricole intensive,
2. Le régime caractérisant le drainage de la zone centrale du littoral est dominé par la présence de la terminaison du tracé de l'Oued Chlef ; à côté de l'Oued Chlef on signale la présence de petits écoulements localisés sur les flancs des montagnes de Djebel Dis et Djebel Aïzeb dont ni l'aspect, ni le tracé n'influe sur l'aspect général du paysage. Ils sont en général recouverts par les forêts et ou les maquis,

3. Le régime de drainage de la zone ouest du littoral ; caractérisé par des Chaabats au tracé de faible longueur et coulant à fleur de sol quand il approche le domaine du littoral, avant de disparaître totalement sous les formations des dunes de sables.

Les principaux éléments hydrographiques qui sillonnent la zone du littoral sont représentés par la Figure9 suivante :

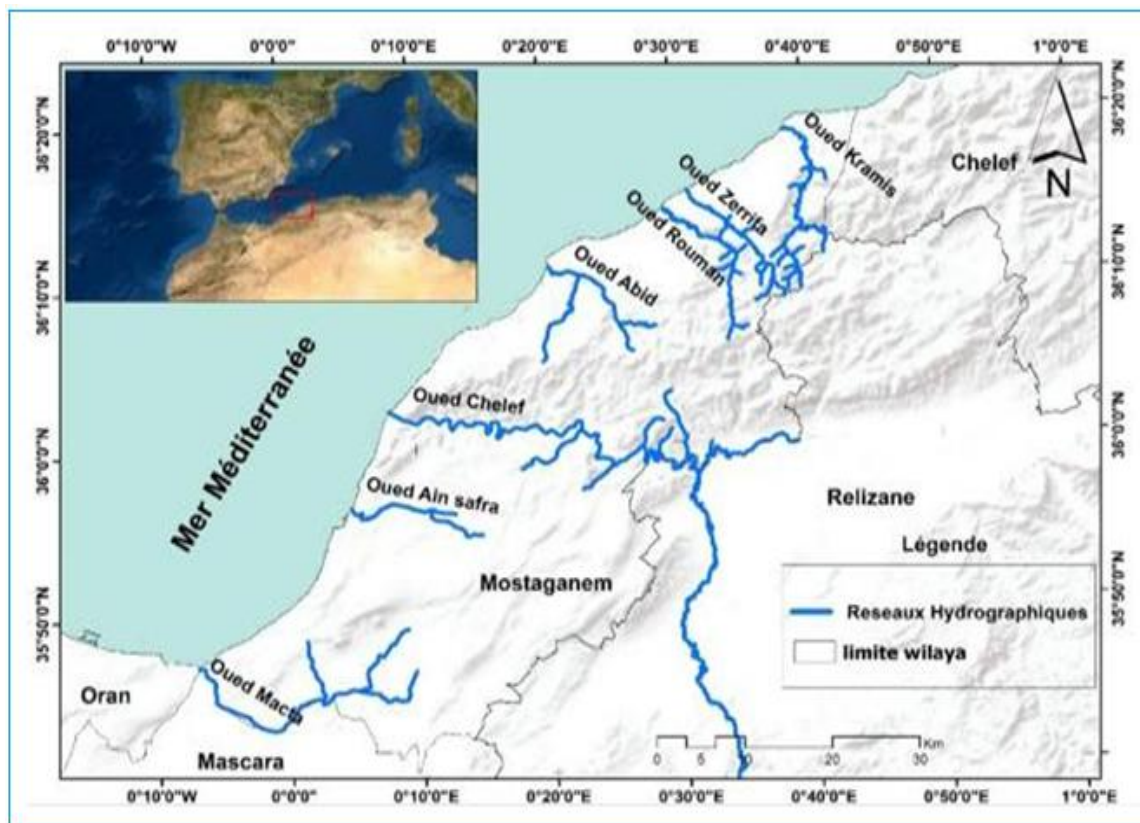


Figure. 9. Carte des principaux éléments hydrographiques de la wilaya de Mostaganem (ANRH, 2021)

La Figure9 montre que la zone littorale de Mostaganem est sillonnée de l’Est à l’ouest par trois principaux oueds. Les grands oueds qui traversent le littoral et déversent dans la mer méditerranée sont décrits dans le Tableau 5 suivant :

Tableau 5: Répartition des grands oueds dans le littoral de Mostaganem

Nom de l’Oued	Descriptions générales
Oued de Chlef	L’oued de Chlef et la plus longue en Algérie avec 700 kilomètres de long. Elle monte dans l’Atlas saharien près de la ville d’Aflou, coule à travers le

	Tell Atlas et se jette dans la mer Méditerranée au nord-Est de la ville de Mostaganem
Oued de Kramis	La commune d'Achaacha est située dans le Dahra occidental de Mostaganem à l'ouest et Ténès à l'est se trouvant à peu près à égale distance, 75 à 80 kilomètres. L'oued Kramis, la Oued la plus importante, abrite un barrage. Les autres oueds présentes sur le territoire de la commune sont l'oued Bezougert et l'oued Roumane.
Oued La Macta	La Macta est un oued côtier d'Algérie (Nord-Ouest de Mostaganem et à l'Est d'Arzew), situé au Nord-Ouest du pays, il est formé par la réunion de deux cours d'eau : Sig et Habra

L'analyse du Tableau 5 montre qu'il y a 03 vallées principales sur la côte de Mostaganemoise réparties comme suit :

1. La vallée de Kramis situé à l'est de la commune d'Achaacha, s'étend sur 80 km de long et contient le barrage de Kramis, qui alimente la région orientale en eau potable et en irrigation agricole,
2. Quant à la région centrale, on y trouve l'Oued Chlef, qui est la plus grande vallée d'Algérie avec une longueur de 700 km. Elle prend sa source dans la région d'Aflou (wilaya de Laghouat), et se jette dans la mer Méditerranée à l'Est de Mostaganem,
3. Quant au côté ouest, on trouve Oued Mactaa, qui est une zone humide partagée entre trois wilayas (Mostaganem, Oran et Mascara), dans laquelle se jettent à la fois Oued Tinn et Oued Habra.

## 2.2 Occupations et couvertures du sol

### 2.2.1 L'agriculture

La wilaya de Mostaganem est, selon le climat, le type de sol et la production agricole, réputée pour être une région à vocation agricole dans le Nord-Ouest de la wilaya. Elle dispose d'une superficie de 144.778 ha utiles pour l'agriculture, soit 63% de la superficie totale de la wilaya. Trois principales activités sont exercées dans le territoire de Mostaganem :

1. L'élevage avicole, il occupe la première place à l'échelle nationale,
2. La production des maraîchères couvre 29% de la production régionale et 5.9% de la production nationale,
3. La viticulture et l'arboriculture représentent 1/4 de la production régionale.

Quant à la production des céréales, elle reste limitée en le comparant avec celle des wilayas limitrophes. Plusieurs facteurs ont favorisé la production agricole à Mostaganem notamment l'importance des plaines de cette wilaya, la vallée de Chélif et le plateau de Mostaganem. Ce dernier occupe une superficie de 56.000 ha dont la nature pédologique est favorable pour la production agricole. Le plateau de Mostaganem dispose d'un aquifère important dont l'apport annuel est de 26 milliards de m<sup>3</sup>. La présence des agglomérations rurales favorise fortement le développement de l'agriculture (ANAT Agence National De l'aménagement du territoire, 2005)

Dans la zone d'étude, le cordon littoral occupe une superficie importante estimée à 31.83% (ANAT, 2005). En dépit que la nature sableuse de ce cordon dunaire ne favorise pas l'agriculture, selon les observations sur terrain, le Plan d'Aménagement Côtier (PAC) de Mostaganem et les cartes d'occupation du sol, quelques sites sont occupés par de petites parcelles agricoles. Cette activité n'est pratiquée que par 300 personnes. (ANAT, 2006 ; Trache et Senouci, 2014 ; Baiche et *al.*, 2015 ; Megherbi, 2015 ; DPSB, 2017 ; Mostari et *al.*, 2021).

Selon les statistiques fournies par la Direction des Services Agricoles (DSA) de Mostaganem, le pourcentage des terres exploitées par le secteur privé dépasse 28%. Quant au secteur public, le pourcentage des terres exploitées est de 7.18% (DSA, 2015).

Tableau 6: Superficies des terres agricoles exploitées (d'après DSA, 2015).

Secteur	Superficie (ha)	Superficie exploitée (ha)
<b>Public</b>	59.487	4.268
<b>Privé</b>	72.781	20.536
<b>Superficie totale</b>	132.268	24.804

Le Littoral de Mostaganem recèle des potentialités agricoles très importantes, mais menacés par l'érosion éolienne et hydrique dues à l'arrachage massif du vignoble, provoquant ainsi des pertes de fertilités des sols, entraînant un déséquilibre écologique et agronomique (DSA, 2015).

Tableau 7: Répartition des terres agricoles dans le plateau de Mostaganem (DSA, 2015).

Commune	Superficie Agricole Utile « SAU » (ha)			
	S.A.U	Irriguée	Terres labourées	Cultures permanentes
Mostaganem	2.434	272	3.924	510
Mazagran	2.304	22	2.104	200
Stidia	2.800	154	2.562	238
Fornaka	2.520	536	1.770	750
Achaacha	6.708	3.185	5.365	1.343
Ouled Boughalem	3.468	574	2.936	532
Sidi Lakhdar	5.370	2.221	4.470	900
Hadjadj	1.034	453	916	118
BenAbdelmalek	3.350	944	2.917	433
Sayada	5.037	1.446	3.437	1.600
Khadra	1.261	1.251	18	10
<b>Total wilaya</b>	<b>38.286</b>	<b>9.825</b>	<b>31.652</b>	<b>6.634</b>

SAU : surface agricole utile

Le Tableau 7 montre que les plus grandes superficies agricoles sont situées à l'Est en particulier à Achaacha et Sidi Lakhdar dont l'agriculture couvre respectivement une surface de 67.008 ha et 5.370 ha. Les périmètres irrigués couvrent 3.185 ha Sidi Lakhdar et 2.221 ha à Achaacha. Dans les communes du centre de Mostaganem, l'agriculture occupe une surface totale de 5.037 ha à Sayada et 2.804 ha à Mazagran (DSA, 2015).

Pour ce secteur agricole, la situation met en exergue la mutation profonde qu'a connu l'agriculture dans la wilaya de Mostaganem qui s'est progressivement éloignée de ses traditions méditerranéennes, de terrains arboricoles et viticoles, pour s'amener dans la pratique d'une agriculture spéculative faite d'association élevage-céréales qui se caractérise par un rendement faible en raison de déficit pluviométrique et par conséquent diminution de rendement dans l'agriculture. La production avicole et la culture maraîchère se présentent comme les principales activités de la région.



La wilaya de Mostaganem s'étend sur une superficie globale de 226.900 ha dont 177.310 ha de terres agricoles ce qui correspond à 78% de la surface totale. Les terres improductives occupent une surface de 49.590 ha ce qui correspond à 22% de la superficie totale. Le bilan des campagnes agricoles 2018/2019 et 2020/2021 montre que les terres ont été réparties en surfaces dans Tableau 8 suivant:

Tableau 8: Répartition des terres agricoles de la wilaya (campagnes 2019/2020 et 2020/2021) (d'après DPSB, 2021)

<b>Terres (ha)</b>		<b>2019/2020 (ha)</b>	<b>2020/2021 (ha)</b>
<b>Terres labourables</b>	Cultures herbacées	89.344	81.927
	Terres au repos (jachères)	10.530	18.125
	vignobles	10.194	9.944
<b>Culture permanentes</b>	Plantations d'arbre	22.200	22.274
<b>Superficie agricole utile (SAU)</b>		132.268	132.268
<b>Pacages et parcours</b>		5.110	5.110
<b>Terres improductive des exploitations agricoles</b>		7.400	7.400

Les données sur la répartition des terres agricoles montrent une légère diminution des terres consacrées aux cultures herbacées de 2019/2020 à 2020/2021, accompagnée d'une augmentation notable des terres en jachère. Cette évolution pourrait indiquer une stratégie de repos des sols pour améliorer leur fertilité. Les vignobles ont également légèrement diminué, tandis que les surfaces destinées aux plantations d'arbres fruitiers sont restées stables. La superficie agricole utile n'a pas changé, et les terres improductives des exploitations agricoles sont également restées constantes, reflétant une utilisation stable des ressources agricoles.

La production agricole est exprimée en quintaux (qx) dans la Figure 10 suivante :

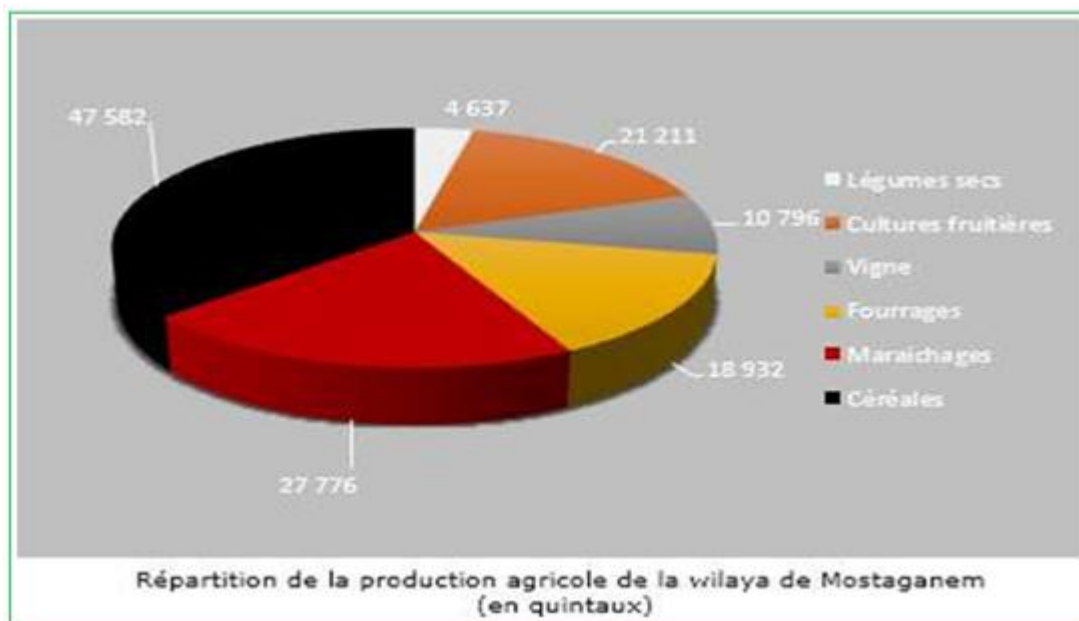


Figure. 10. Répartition de la production agricole (qx) dans la wilaya de Mostaganem (d'après Agence Nationale de l'Intégration des Ressources en Eau et de la Formation : ANIREF, 2018).

Selon un communiqué émanant de la DSA de la wilaya de Mostaganem, les prévisions de la culture de pomme de terre seront en hausse pour l'année 2022. Cette perspective pour la wilaya est le résultat d'une stratégie et des efforts consentis pour satisfaire les besoins du marché. En 2022, une superficie de 6.840 ha a été exploitée par la culture de la pomme de terre de saison. La DSA a indiqué que les objectifs vont atteindre une surface de 12.000 ha. La culture de ce tubercule est concentrée principalement sur le littoral de Mostaganem, notamment dans les communes d'Ain Tedeles, Mesra, Touahria, Bouguirat, Hassi Mamèche et Ain Nouissy. La pomme de terre d'arrière saison a occupé une superficie de 2.288 ha et a produit une production totale de 594.880 qx, avec un rendement de 260 qx/ha. La production a été totalement récoltée. S'agissant de la pomme de terre primeur, il est prévu une superficie de 500 ha d'où il a été réalisé à ce jour une superficie ensemencée de 130 ha. Rappelons que la pomme de terre primeur s'adapte au climat ambiant notamment dans le littoral ((Kessous, 2022)

Toutefois les conditions climatiques qui caractérisent le littoral, l'absence de gel en hiver notamment, permettent d'enregistrer quatre récoltes dans l'année. Outre la plantation de saison, En mars et en avril, l'arrière-saison à partir du mois de juillet et la primeur en novembre et décembre, on procède à la mise en place de l'extra-primeur en septembre, explique un agriculteur. Pour rappel, la pomme de terre à Mostaganem a atteint l'année dernière (2021), 5.2 million de quintaux (de saison, précoce et d'arrière-

saison) avec le pic de récoltes, enregistré au cours du deuxième trimestre de 2019, avec plus de 3.6 million de quintaux (Kessous, 2022).

### 2.2.2 Forêts

Les forêts situées à l'intérieur du littoral de la wilaya de Mostaganem couvrent une superficie totale de 11.500 ha ce qui correspond à 35% de la superficie forestière totale de la wilaya qui est estimée à 32.422 ha. Les forêts sont constituées principalement de Pin d'Alep, Genévrier de Phénicie et d'Eucalyptus formant une strate arborée qui couvre 15 % et les maquis composés de strates arbustives et herbacées occupe près de 14 % de la superficie forestière totale dans le littoral (PAC, 2005). Les forêts inventoriées dans la zone du littorale de Mostaganem sont identifiées comme suit :

1. Forêt de Bahara,
2. Forêt des maquis de Bouzeguert,
3. Forêt domaniale Zerrifa. Elle est constituée d'Eucalyptus, de Pin d'Alep et de Genévrier de Phénicie,
4. Forêt ex DAS si Chaif.
5. Forêt domaniale de Seddaoua. Elle s'étend de la méditerranée jusqu'au CW 42. Elle est constituée de Pin d'Alep, de Genévrier de Phénicie et d'Eucalyptus,
6. Forêt domaniale de Bourahma. Son territoire s'étend sur trois communes côtières. Elle est constituée d'Eucalyptus, de Pin d'Alep dans la commune de Hadjadj et Ben Abdelmatlek Ramdane et le mélange avec le Genévrier de Phénicie dans la commune de Sidi Lakhdar. La Forêt de Touafir est constituée d'un jeune reboisement industriel en Eucalyptus.
7. Terres humides
8. Zone humide des marais de la Macta

Une seule zone humide (marais saumâtre saisonnier) à cheval entre la wilaya de Mostaganem, Mascara et Oran. L'embouchure des marais de la Macta est située aux coordonnées géographiques pour longitude (0°09'30'' W) et latitude (35°47'40'' N). Cette zone s'étend au-delà de la zone littorale de la wilaya de Mostaganem et d'Oran. La grande superficie de cette zone est située dans le territoire de la wilaya de Mascara. La zone humide entière est connue écologiquement comme étant une réserve naturelle classée site Ramsar.

## 2.3 Matériels et méthodes de télédétection

### 2.3.1 Images satellitaires

Pour observer et suivre l'évolution de l'occupation du sol de la zone d'étude, nous avons utilisé les images satellitaires suivantes :

1. Sept (7) imageries optiques mensuelles et saisonnières acquises en 2024 par le capteur *Multispectrale Imageur (MSI)* du satellite Sentinel-2 avec une résolution de 10, 20 et 60 mètres,
2. Sept (7) extraits d'images d'indices spectraux (*NDVI, NDWI et NDBI*) générées à partir des images Sentinel-2,
3. Une (1) image Bing de Microsoft (2024),
4. Une (1) image Google Earth pro. (2024),

Les images Sentinel-2 ont été téléchargées gratuitement et avec un niveau de correction L2A à partir du site web ([sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access](https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access)). Les images sont listées dans le Tableau 9 suivant:

Tableau 9: Liste des images satellitaires utilisées.

N°	Dates 'acquisition	Résolution spatiale	Résolution spectrale
1	27/01/2024		
2	12/03/2024	10m, 20m et 60m	13 bandes spectrales
4	21/05/2024		
5	05/06/2024		
6	20/07/2024		
7	24/08/2024		
8	13/09/2024		

Le Tableau 9 montre que la zone d'étude a été observée et imagée par le satellite Sentinel-2 au moyenne une (1) fois par mois pendant six (6) mois de l'année 2024. Cette disponibilité d'images a

permis une meilleure discrimination pour la cartographie thématique de la zone (Dobson et *al.*, 1991) et l'estimation des surfaces des habitats écologiques présents. Pour affiner l'interprétation des images, avons utilisé les images Bing de Microsoft et du google earth professionnel.

## 2.3.2 Méthodes de télédétection

### 2.3.2.1 Correction géométrique et radiométrique

Nous avons traité les images à l'aide des outils arc toolbox implémentés sur le logiciel ArcGis. Avec les outils, la fusion des bandes (composition colorée), la correction (géométrique et radiométrique), la partition de l'image (segmentation) et la classification automatique en objets thématiques ont été réalisées. Le principe de correction géométrique est basé sur la méthode de correction d'image à image (Jensen, 1996) exemple par rapport à une image de date très récente afin de rendre les pixels sur le même référentiel géométrique. La correction radiométrique consistait à corriger l'image par rapport à une image saisonnière (acquise au mois de Mai) pour ramener les valeurs spectrales sur le même niveau. Ces deux méthodes de prétraitement rendent les images satellitaires utilisables et exploitables.

### 2.3.2.2 Composition colorée

Pour rendre les images exploitables et comparables entre elles, nous avons appliqué à l'aide de l'outil réchantillonnage (*Resample*) du logiciel ArcGis la méthode de ré échantillonnage sur les bandes spectrales (B11 et B12) des images Sentinel-2 pour aligner leur résolution de 20m à 10m afin de permettre de fusionner les deux (2) bandes avec celles de 10m (B2, B3, B4, B8) qui représente le profil spectrale (visible et proche infrarouge). A l'aide de l'outil « *composite band* » du logiciel ArcGis, avons appliqué la méthode de la composition colorée sur les six (6) bandes spectrales. La méthode a permis de reconstituer les images en modes multi spectrales car la méthode de fusion entre les bandes offrant la possibilité d'exploiter simultanément les images lors de l'étape de prétraitement précédant la classification d'images (Bechet et *al.*, 2017). La composition colorée appliquée sur les 6 bandes spectrales de 10m (B2, B3, B4, B8, B11 et B12) de l'image Sentinel-2 acquise en date du 12/03/2024 donne l'image en vraie et fausse couleur comme le montre la Figure 11 et 12 suivantes :



Figure 11. Image multispectrale en vraie couleur

Le composite de couleurs vraies utilise des bandes de lumière visible rouge, verte et bleue (B3, B2 et B1) dans les canaux de couleur rouge, vert et bleus correspondants, ce qui donne un produit de couleur naturelle, qui est une bonne représentation de la Terre telle que les humains la verraient naturellement (Parmentier, 2022).



Figure 12. Image multispectrale en fausse couleur

Le composite en fausses couleurs utilisant le proche infrarouge, les bandes rouges et vertes (B8, B4 et B2) est très populaire (une bande est une région du spectre électromagnétique ; un capteur satellite peut imager la Terre dans différentes bandes). Le composite en fausses couleurs est le plus souvent utilisé pour évaluer la densité et la santé des plantes, car les plantes réfléchissent le proche infrarouge et la lumière verte, tandis qu'elles absorbent le rouge. Les villes et les sols exposés sont gris ou beige, et l'eau apparaît bleue ou noire (Parmentier, 2022).

Ensuite avons découpé à l'aide de l'outil « extraction par masque » les images multi spectrales selon l'emprise de la zone d'étude. La méthode a permis de générer des imagettes de dimension économique en taille, en capacité de stockage et en temps de traitement comme le montre la Figure 13 suivante :

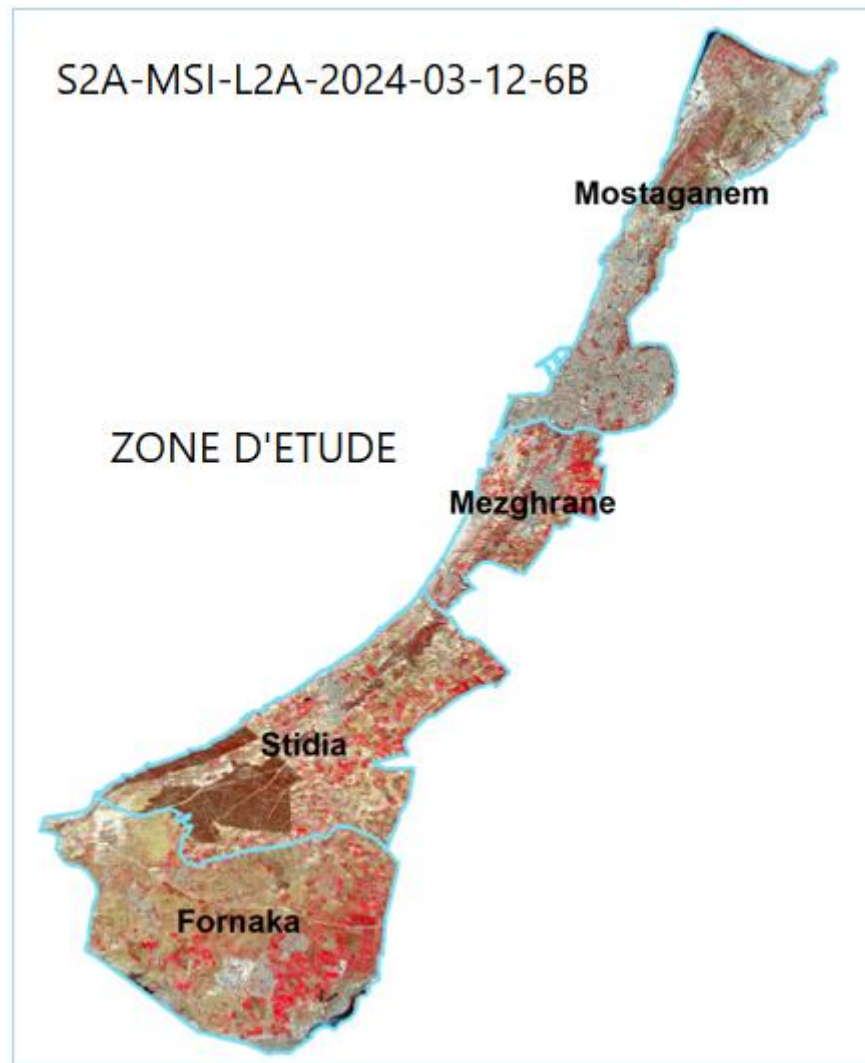


Figure 13. Imagerie multispectrale découpée selon l'emprise de la zone d'étude

La zone d'étude est délimitée par les contours des limites administratives de quatre (4) communes car l'organisation administrative en Algérie est fondée sur la commune, qui est la cellule de base (Bousmaha, 2014).

### 2.3.2.3 Calcul des indices spectraux

Pour affiner l'interprétation des images satellites, nous avons calculé les indices spectraux à partir des images saisonnières (Bechet et al., 2017). Parmi les indices les plus utilisés, nous avons calculé l'indice de végétation connu sous le nom anglophone *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* proposé par Rouse et al. en 1973. La normalisation par la somme des deux bandes (Rouge et Proche infrarouge) permet de réduire les effets d'éclairement. Le *NDVI* conserve une valeur constante quelle que soit



l'éclairement global, contrairement à la simple différence entre la bande proche infrarouge et rouge (indice de végétation simple), qui est très sensible aux variations d'éclairement. L'indice normalisé est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation. Cet indice est le plus connu en télédétection car il fournit des valeurs estimées de « l'intensité de vert » des végétaux, c'est un indicateur de la vigueur de croissance et de la santé végétale. Le *NDVI* est un indice sans dimension, aussi sa valeur est-elle comprise entre  $-1$  et  $+1$ . Les valeurs négatives (valeurs proches de  $-1$ ) correspondent à l'eau, ( $-0.1$  à  $0.1$ ) correspondent généralement à des zones stériles de roche, de sable ou de neige, ( $0.1$  à  $0.7$ ) indiquent une forte activité de photosynthèse (Meneses-Tovar, 2011). Les valeurs (environ  $0.2$  à  $0.4$ ) représentent les arbustes et les prairies, tandis que les valeurs élevées indiquent les forêts pluviales tempérées et tropicales (valeurs proches de  $1$ ) (Parmentier, 2022). Pour suivre l'activité chlorophyllienne dans la zone d'étude, nous avons calculé le *NDVI* à partir des images saisonnières (mars à août 2024). Les images de *NDVI* sont géo référencées, superposables et riches en informations relatives à la présence/absence de la végétation (couleur blanche sur l'image) et non végétation ou surfaces minérales (couleur noire sur l'image). Ces deux teintes de couleur (blanche/noire) permettent d'affiner l'interprétation, aider à l'échantillonnage et renseigner les segments lors de l'apprentissage et la classification d'images. Pour évaluer la teneur en eau de la végétation et surveiller les sécheresses, nous avons calculé l'indice d'humidité différentiel normalisé (*NDMI*) ou « *moisture index* » en anglais. Cet indice complète bien le *NDVI*. La plage des valeurs du *NDMI* est comprise entre  $-1$  et  $1$ . Les valeurs négatives du *NDMI* (valeurs proches de  $-1$ ) correspondent à un sol stérile alors que les valeurs proches de zéro ( $-0,2$  à  $0,4$ ) correspondent généralement à un stress hydrique. Des valeurs élevées et positives représentent une canopée élevée sans stress hydrique (environ  $0,4$  à  $1$ ) (Parmentier, 2022). Pour séparer les surfaces de l'eau des classes végétales, nous avons calculé aussi l'indice normalisé de différence d'eau connu sous le nom anglophone *Normalized Difference Water Index (NDWI)* car cet indice est souvent utilisé pour identifier les surfaces aquatiques (McFeeters, 1996). L'indice permet de combiner les informations des canaux vert et proche infrarouge respectivement liés à la variation de densité et de profondeur de submersion des herbiers aquatiques (Lieutand & Puech, 1996). Les zones d'eau libre ont des valeurs positives (couleur blanche sur l'image), tandis que les zones de sols nus et de végétation terrestre ont des valeurs inférieures ou égales à  $0$  (couleur noire sur l'image) (Davranche, 2008). Cela permet d'estimer l'évolution des superficies des eaux en comparant une série des images à différentes périodes du temps (Rafik & Oughriss, 2016). Les images *NDWI* ont permis d'affiner l'interprétation et contribuent dans la cartographie des surfaces inondées saisonnièrement ou en permanence. Pour mettre

en relief, les surfaces artificialisées, nous avons calculé l'indice de bâti ou urbain connu sous le nom *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)*. Les indices sont connus sous des sigles anglophones lesquels peuvent être écrit par les formules suivantes :

1.  $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$  ou  $((B8-B4) / (B8+B4))$ ,
2.  $NDMI = (Végétation\ Red\ Edge - MIR) / (PAN + MIR)$  ou  $(B8A - B11) / (B8A + B11)$
3.  $NDWI = (V - MIR) / (V + MIR)$  ou  $(B3 - B8) / (B3 + B8)$
4.  $NDBI = (MIR - PIR) / (MIR + PIR)$  ou  $(B12 - B8) / (B12 + B8)$ .

Avec :

Végétation Red Edge : B8A,

PIR : Proche Infrarouge (B8),

MIR : Moyen Infrarouge (B11, 12)

R : Rouge (B4),

V : Vert (B3).

Tous les indices spectraux ont été calculés à l'aide de l'outil Arc toolbox "Calculatrice Raster" implémenté sur le logiciel ArcGis (version 10.8). Le calcul d'indices ont permis d'obtenir des images qui montrent les surfaces végétalisées et minérales (sols nus, inondés et artificialisées). La méthode de croisement entre les images d'indices et de classification a permis d'apporter un complément utile à l'interprétation des images satellites.

#### **2.3.2.4 Création de la carte et exportation**

A l'aide du logiciel ArcGis 10.8, avons appliqué les méthodes SIG pour mettre en formes universelles les cartes obtenues sur le relief et l'occupation thématique de la zone d'étude. Les cartes ont été exportées sous format JPEG, A4 type paysage avec une résolution 300 ppp (dpi) et une échelle de sortie de 1/25.000. Les cartes ont été insérées sur un fond d'image satellite ce qui montre leur bon géoréférencement.

L'analyse des cartes montre que les objets graphiques présentent une meilleure qualité de visibilité, lecture et de compréhension.

\*

## **3 Chapitre III: Résultats et discussions**

### **3.1 Analyse des résultats topographiques**

#### **3.1.1 Localisation géographique de la zone d'étude**

Les méthodes SIG (géo référencement, mosaiquage, découpage et numérisation des couches d'informations) sur les documents cartographiques ont permis de réaliser pour la zone d'étude une carte de localisation géographique et administrative comme le montre la Figure 14 suivante :

\*



Figure 14. Localisation géographique et administrative de la zone d'étude (communes côtières ouest de Mostaganem). Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 14 montre que la zone d'étude est délimitée par quatre (4) communes côtières (Fornaka, Stidia, Mezaghrane et Mostaganem). La zone couvre une surface totale de 18.400 ha ce qui correspond à 8 % de la surface totale de la wilaya (226.900 ha).

\*

Pour caractériser la morphologie du terrain (relief) de la zone, nous avons généré à l'aide du logiciel ArcGis (version 10.8), un modèle numérique de terrain (MNT) à partir des données *SRTM* comme le montre la Figure 15 suivante :

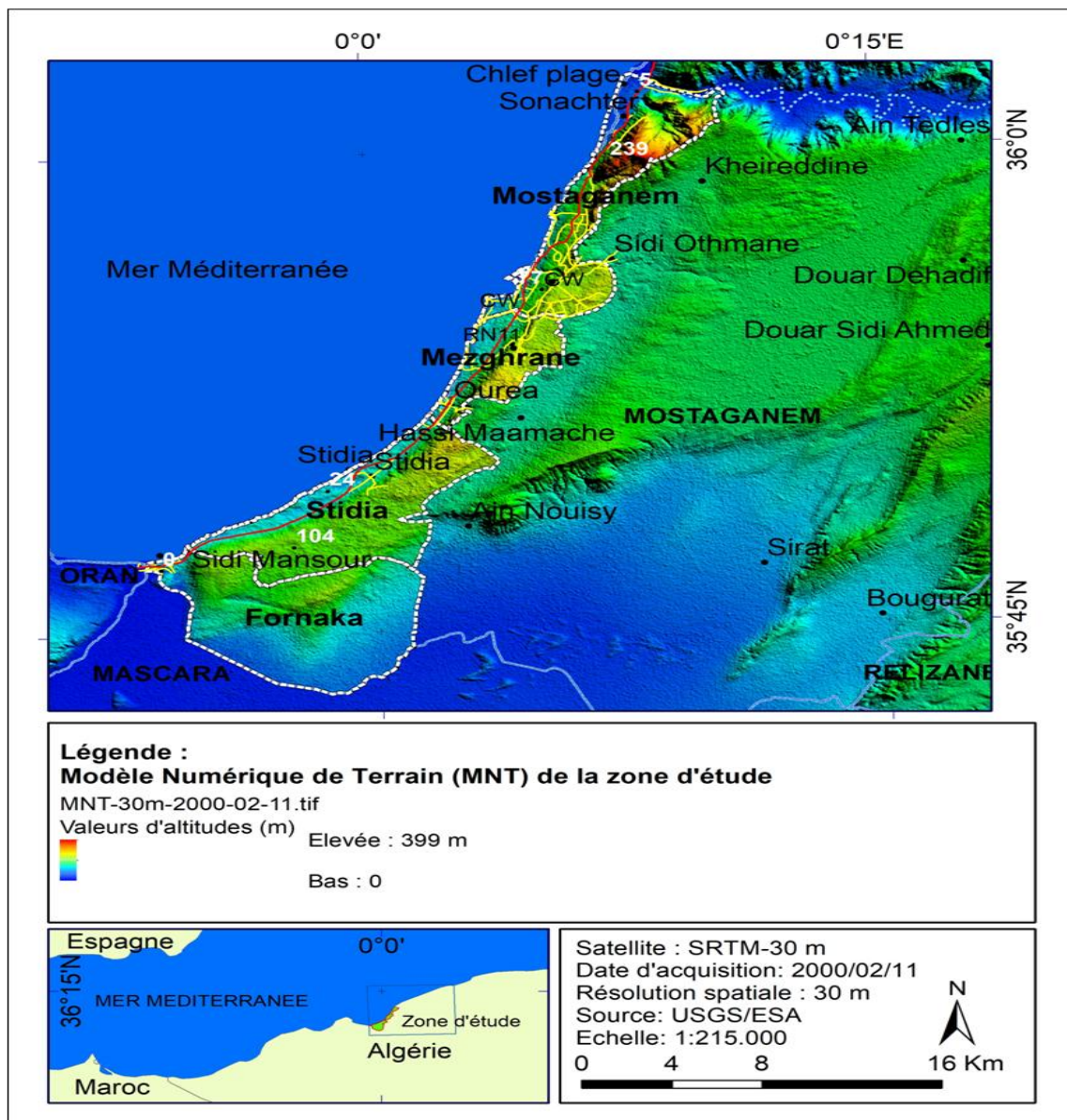


Figure 15 . Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la zone d'étude (communes côtières ouest de Mostaganem). Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 15 montre que l'altitude du terrain varie entre 0 et 399 m. les altitudes les plus élevées occupent la zone Est de Mostaganem.

\*

### 3.1.2 Indices topographiques

Le MNT de la zone est constitué d'une grille d'altitude ne contenant que le relief naturel sans végétation ou de bâtiments (Roullé *et al.*, 2010) en donnant une représentation numérique du relief par des valeurs d'altitude exprimées en mètres par rapport au niveau moyen de la mer (Gregory & Lee, 2012) ce qui restitue à la zone sa forme réelle en 3 dimensions (3D). Cette forme reflète des informations relatives à la structure morphologique sur l'ensemble de la zone (Lin, 2009). La méthode de découpage selon l'emprise de la zone d'étude a été appliquée sur le MNT à l'aide de l'outil arctoolbox "Extraction par masque" du logiciel ArcGis et qui a permis de générer deux (2) principaux indicateurs topographiques (pentes et réseau hydrographique).

#### 3.1.2.1 Pentés du terrain

Les pentes du terrain sont regroupées en cinq (5) classes comme le montre la Figure 16 suivante :

\*

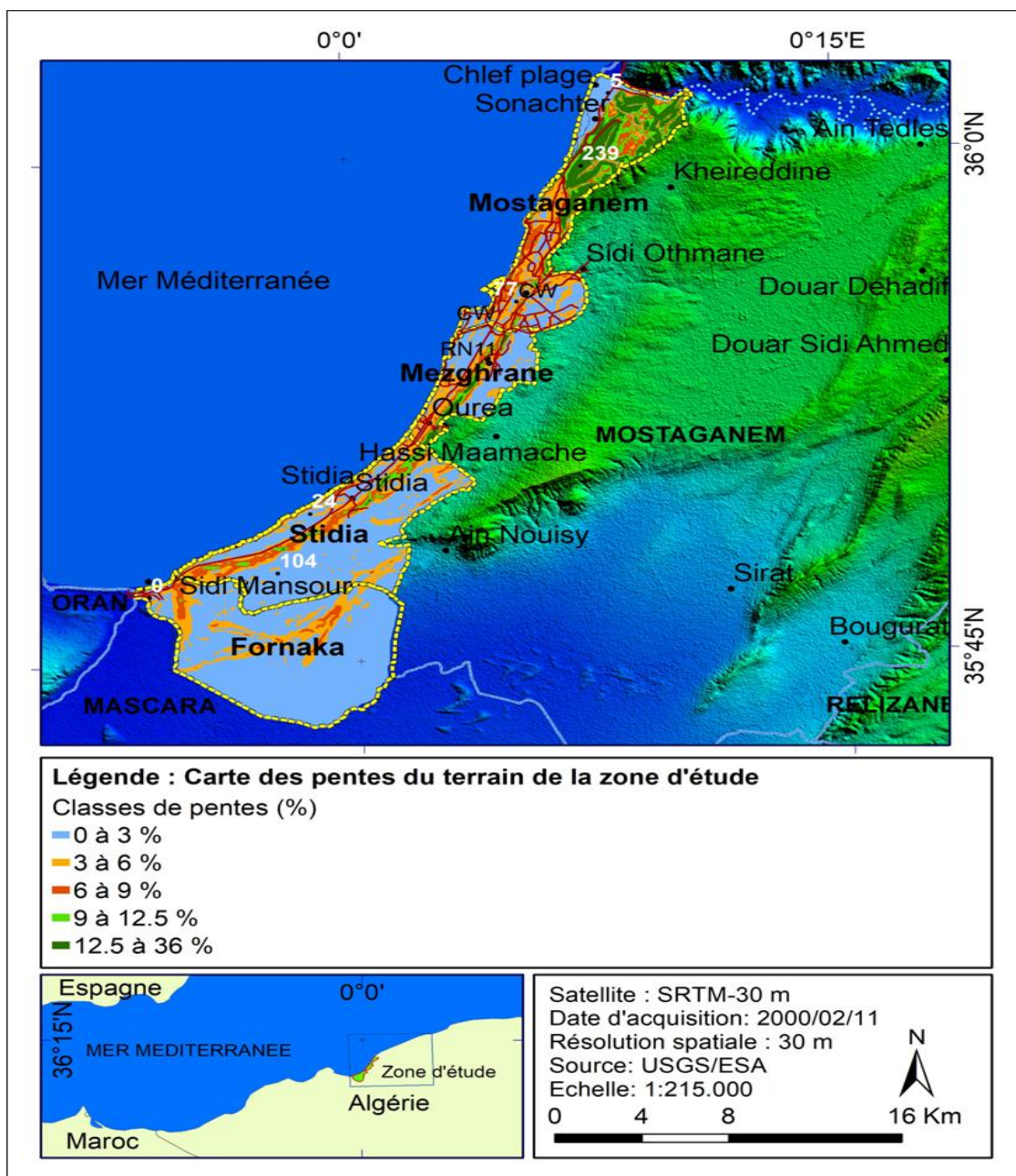


Figure 16. Pentes de la zone d'étude. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

L'analyse de la Figure 16 montre que le relief est moyennement accidenté à l'Est de la commune de Mostaganem (Aizeb et Sokra). Les classes des pentes varient entre 0 et 36 %. Les classes de pentes ont été estimées en surfaces (ha) et pourcentage (%) dans le Tableau 10 suivant :

\*

Tableau 10: Surfaces et pourcentage des classes de pentes de la zone d'étude.

N°	Classes des pentes	Surfaces (ha)	Taux (%)
1	(0 - 3%)	11.146	60.57
2	(3% - 6%)	3.811	20.71
3	(6% - 9%)	1.518	8.26
4	(9% - 12,5%)	824	4.48
5	(12,5% - 36%)	1.101	5.98
<b>Total</b>		<b>18.400</b>	<b>100</b>

Le Tableau 10 montre que les terrains situés sur des pentes faibles (0-6%) occupent une surface de 14.957ha ce qui correspond à 81.29% de la surface totale, alors que les terrains pentus entre 6% et 36% couvrent une surface de 3.443 ha, soit 18.71% de la surface totale de la zone.

### 3.1.2.2 Expositions du terrain

Les principales expositions du terrain de la zone d'étude ont été cartographiées et représentées par la Figure 17 suivante :



\*

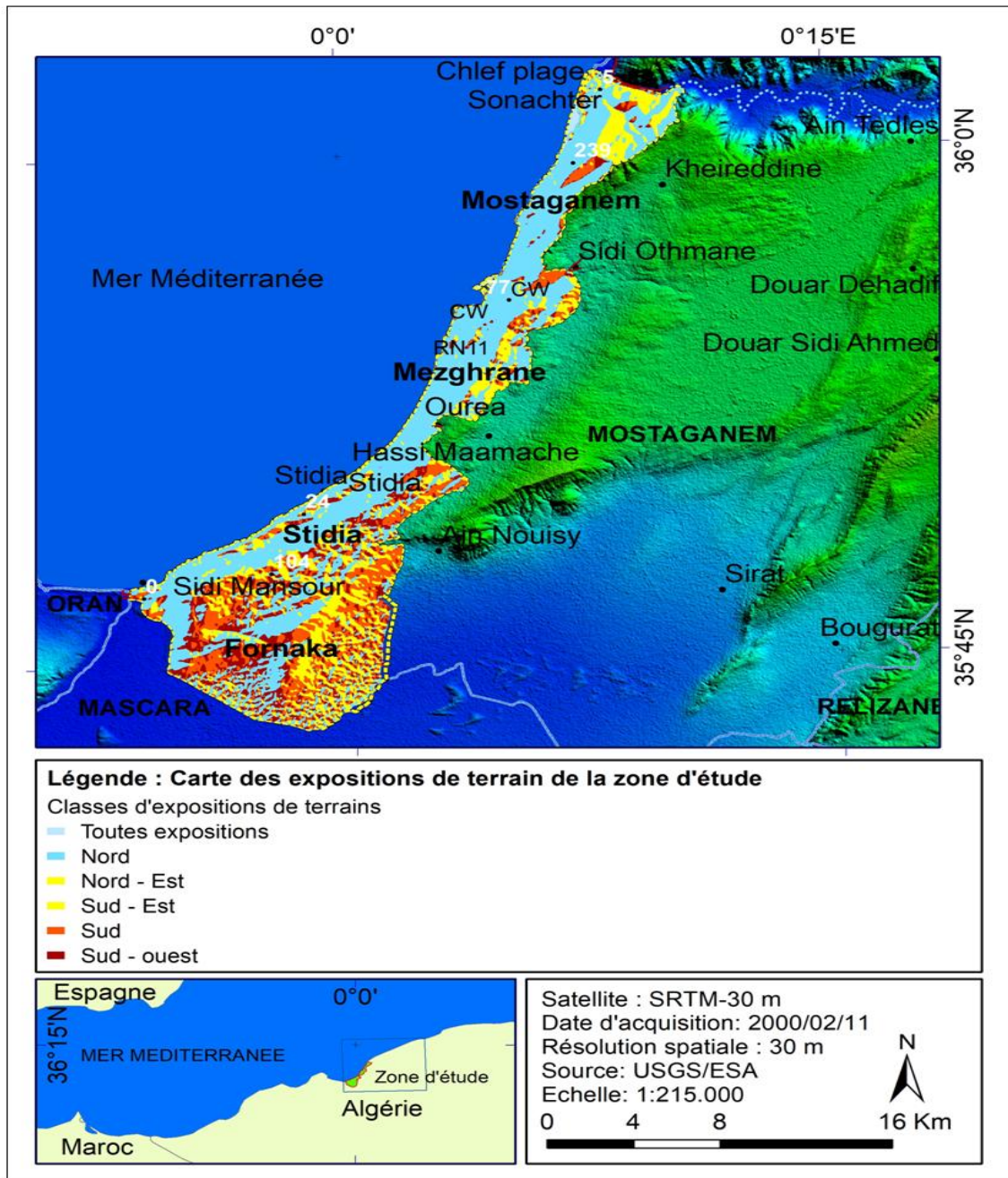


Figure 17. Expositions du terrain de la zone d'étude. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 17 montre que les terrains exposés au nord dominent largement la zone. Les classes d'expositions ont été estimées en pourcentage (%) et surfaces (ha) dans le Tableau 11 suivant :

\*

Tableau 11 : Surfaces et pourcentages des classes d'expositions du terrain de la zone d'étude.

N°	Classes d'expositions	Surfaces (ha)	Taux (%)
1	Plat (ou toutes expositions)	60	0.32
2	Nord	9.498	51.64
3	Nord - Est	1.075	5.84
4	Sud - Est	2.652	14.41
5	Sud	2.976	16.17
6	Sud - Ouest	2.139	11.62
<b>Total</b>		<b>18.400</b>	<b>100</b>

L'analyse du Tableau 11 montre que les terrains exposés au nord occupent plus de la moitié (51.64%) de la surface totale.

### 3.1.2.3 Réseau hydrographique

L'application des outils arctoolbox du logiciel ArcGis version 10.8 à savoir hydrologie, Direction d'écoulement, Sens d'accumulation, Expression Con (méthode Strahler) sur le MNT ont permis de déterminer pour la zone d'étude l'indice hydrologique comme le montre la Figure 18 suivante :

\*

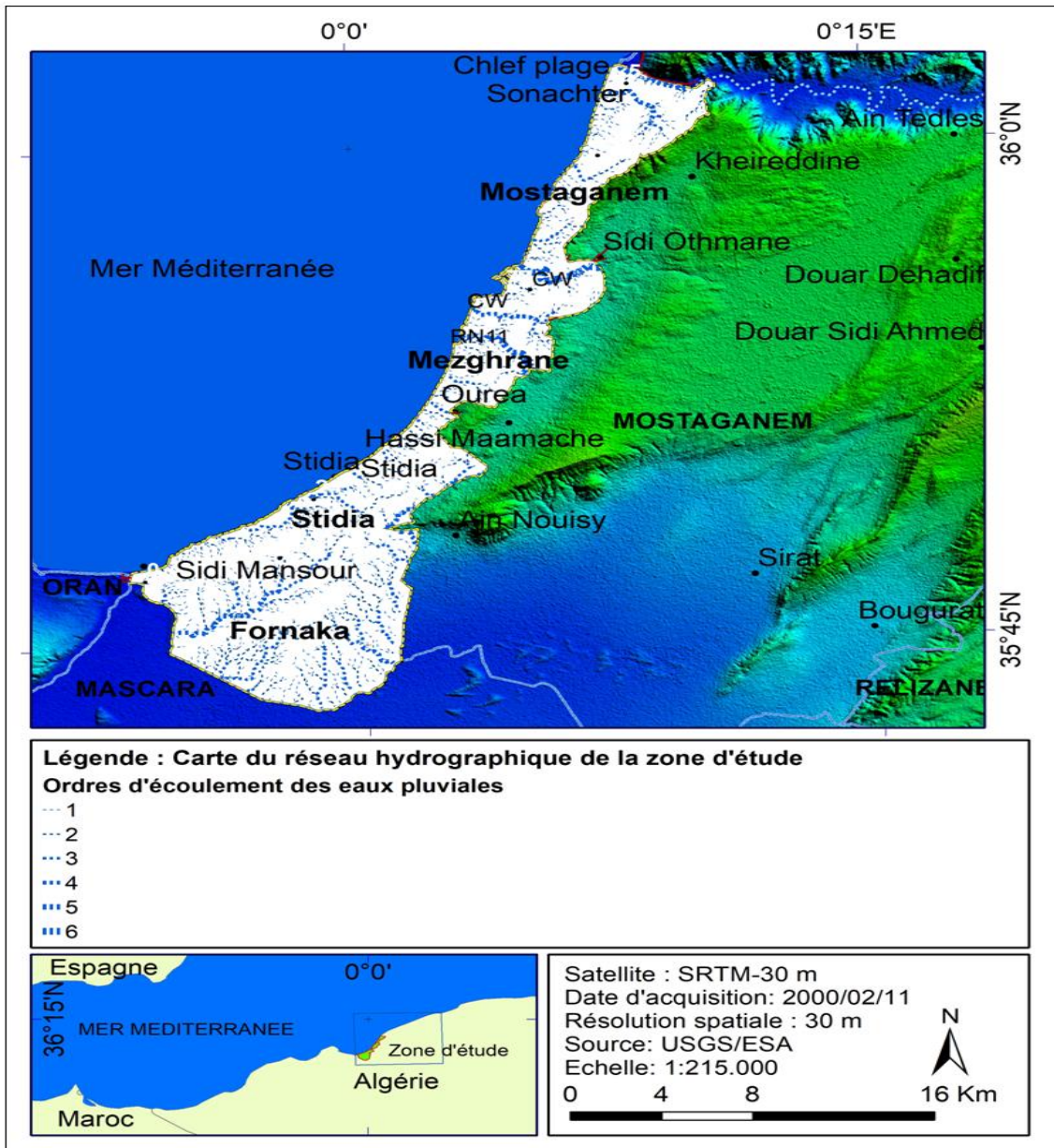


Figure 18. Réseau hydrographique. Conception: (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 18 montre que la zone d'étude est sillonnée par un réseau hydrographique composé de 6 ordres d'écoulement (1 à 6). Les ordres d'écoulements sont tous orientés vers le nord pour déverser leurs eaux pluviales dans la mer méditerranée. La longueur et le pourcentage des ordres d'écoulement des eaux sont exprimés en (m) et (%) dans le Tableau 12 suivant:

\*

Tableau 12: Longueur et pourcentage du réseau hydrographique de la zone d'étude.

N°	Numéro d'ordre d'écoulement	Longueur (km)	Taux (%)
1	1	275	55
2	2	135	27
3	3	54	11
4	4	26	5
5	5	5	1
6	6	6	1
	Total	501	100

Le Tableau 12 montre que les ordres d'écoulement des eaux (1, 2, 3, 4, 5 et 6) comptent une longueur totale de 501 km. L'ordre d'écoulement (ordre1) qui prend naissance à partir des sommets des monticules sillonne la zone d'étude par une longueur totale de 275 km, soit plus de la moitié (55 %) de la longueur totale. L'oued Chellif (ordre 6) parcourt la zone à l'Est sur une longueur totale de 4.5 km.

#### 3.1.2.4 Voies de communication

Les méthodes SIG (numérisation) appliquées à l'aide du logiciel ArcGis sur les documents cartographiques ont permis d'élaborer une carte des voies d'accès à la zone d'étude comme le montre la Figure 19 suivante :

\*

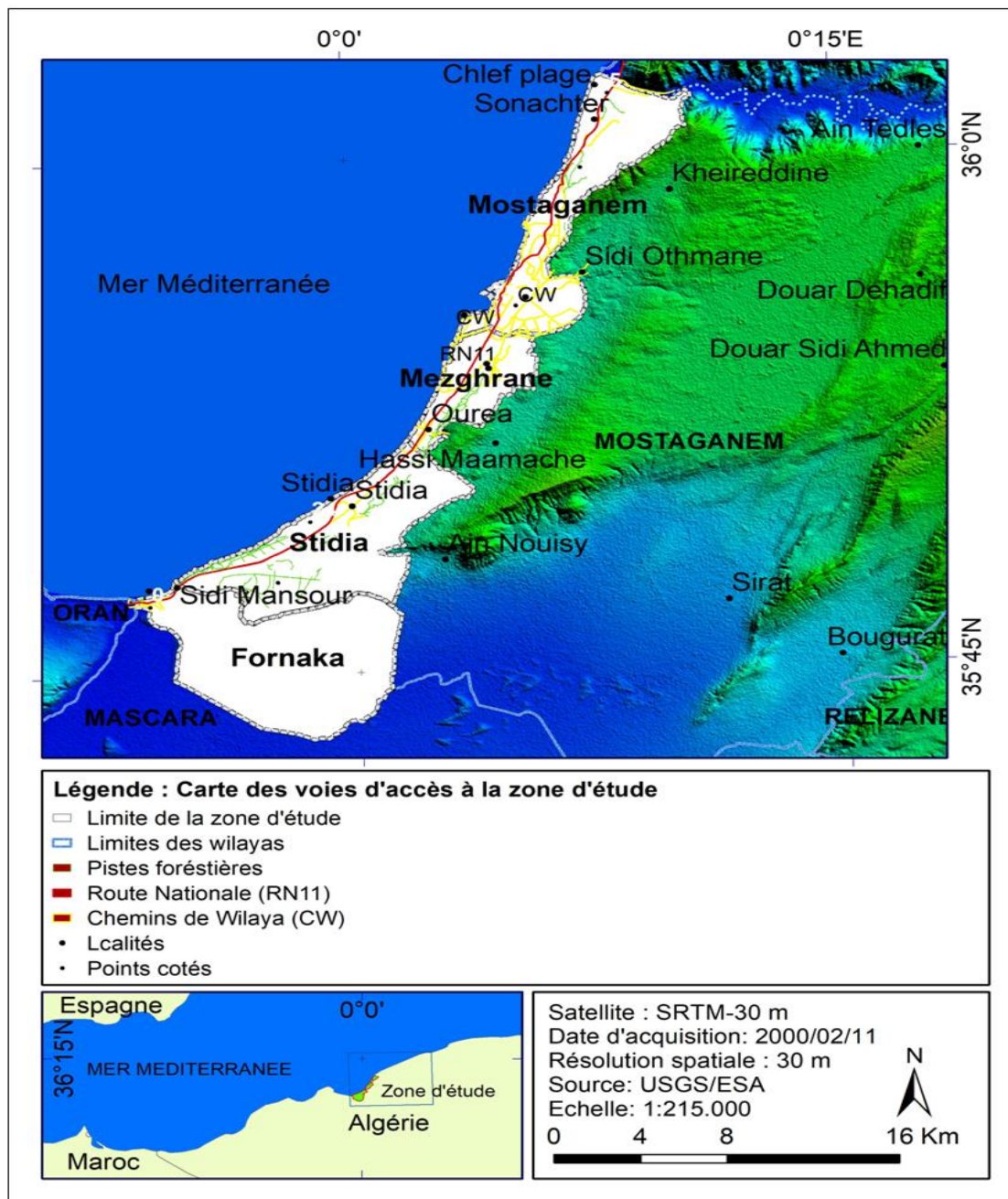


Figure 19. Voies d'accès de la zone d'étude. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 19 montre que la zone d'étude est desservie par un réseau de voies d'accès composées principalement de 39 km de Routes nationales (RN), 99 km de Chemin de wilaya (CW) et 70 km de pistes forestières.

\*

### **3.1.2.5 Conclusion**

La zone d'étude s'étend sur quatre communs côtiers ouest de Mostaganem. Elle couvre une surface totale de 18.400 ha, soit 8 % de la surface totale de la wilaya. L'altitude du terrain varie entre 0 et 399 m. Son relief, bien que moyennement accidenté à l'est, est caractérisé par de faibles pentes (0 à 6%) sur plus de 80% de la surface totale. La zone est desservie par un réseau de 208 km composés de RN, CW et pistes forestières. La zone bénéficie d'un climat semi-aride à hiver tempéré. Ces atouts en font un territoire attractif pour les investissements, la population et le tourisme.

## **3.2 Analyse des résultats thématiques**

### **3.2.1 Occupation du sol de la zone d'étude**

L'approche géomatique appliquées sur la série temporelle des images Sentinel-2 acquises entre le mois de janvier et août 2024 ont permis de réaliser pour la zone une carte d'occupation et couverture du sol.

#### **3.2.1.1 Occupation et couverture du sol pendant la saison hivernale**

L'analyse de l'indice de végétation (*NDVI*) calculé à partir de l'image Sentinel-2 acquise en date du 27/01/2024 a permis de réaliser une carte de répartition des surfaces végétales et minérales comme le montre la Figure 20 suivante :

\*

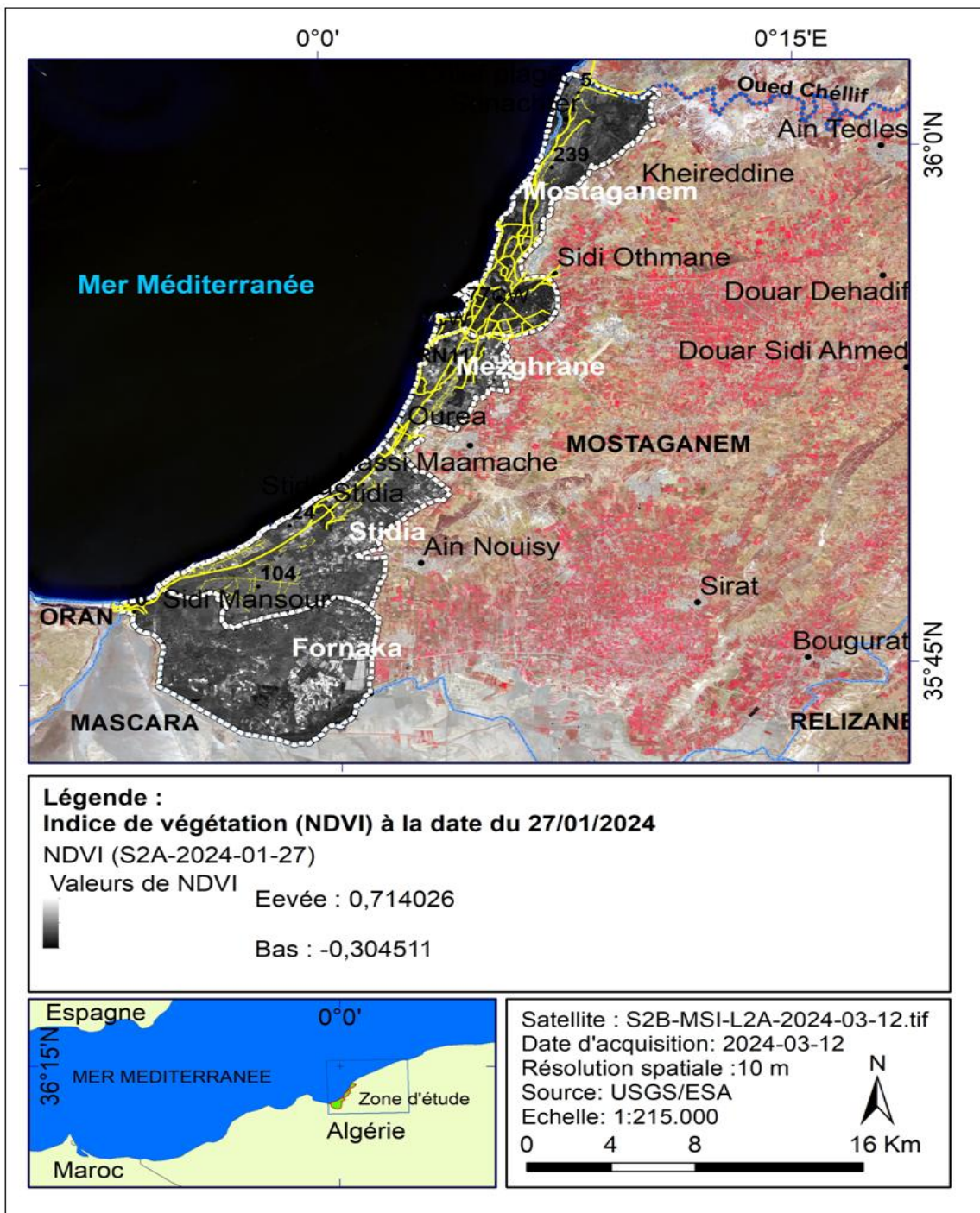


Figure 20. Indice de végétation (NDVI) à la date du 27/01/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

---

\*

La Figure 20 montre que les valeurs de l'indice de végétation (*NDVI*) sont comprises entre -0.304 et 0.714. Les valeurs en dessous de 0.1 c'est-à-dire de -0.304 à 0.1 représentées sur l'image *NDVI* par des couleurs noires sur la Figure 20 correspondent aux surfaces minérales (eau, sol nu et zones urbanisées) (Meneses-Tovar, 2011) alors que les valeurs comprises entre 0.2 et 0.4 représentées par les couleurs blanches sur la Figure 20 correspondent aux prairies (agriculture) et les valeurs élevées c'est-à-dire de 0.4 à 0.714 sur l'image *NDVI* indiquent les forêts (Parmentier, 2022). Les méthodes SIG de reclassification des valeurs de *NDVI* ont permis de regrouper l'occupation du sol en deux classes. Une classe représente les surfaces minérales (*NDVI* de -0.304 à 0.1) et une autre représente les surfaces végétales (*NDVI* de 0.1 à 0.714) comme le montre la Figure 21 suivante :



\*

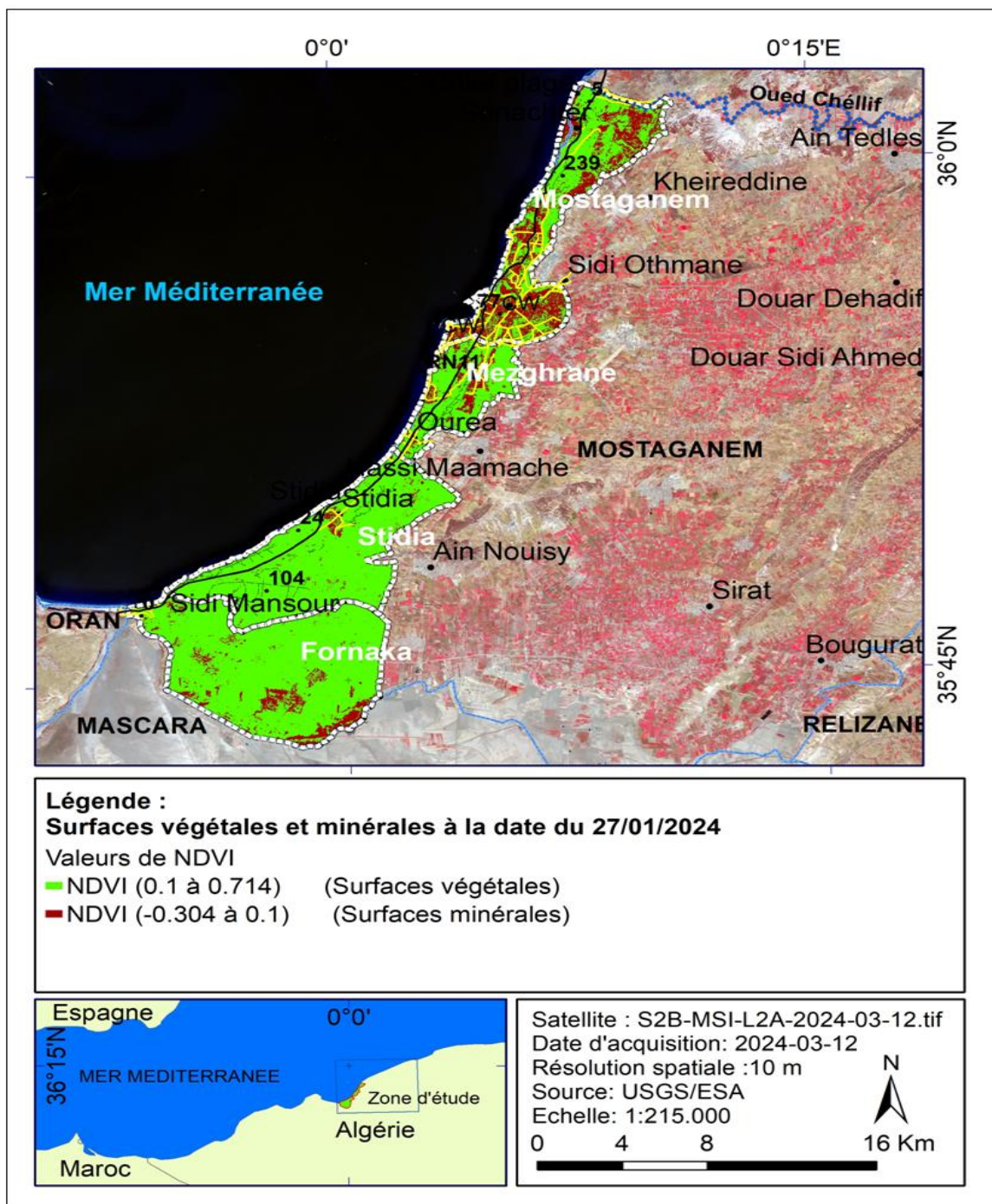


Figure 21. Surfaces végétales et minérales à la date du 27/01/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

\*

La Figure 21 montre que la classe de la biomasse végétale domine largement l'occupation du sol de la zone. Les surfaces végétales et minérales ont été estimée en hectares (ha) et en pourcentage (%) dans le Tableau 13 suivant :

Tableau 13: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 27/01/2024.

N°	Classes de l'indice de végétation ( <i>NDVI</i> )	Superficie (ha)	Taux (%)
1	Classes des surfaces végétales	15.129	82
2	Classes des surfaces minérales	3.271	18
<b>Total</b>		18.400	100

Le Tableau 13 montre qu'à la date du 27/01/2024 la biomasse végétale (agriculture, forêts et végétation halophile) occupe une surface totale de 15.129 ha, soit 82% de la surface totale de la zone. Les surfaces minérales (eau, sol nu et zones urbanisées) couvrent une surface totale de 3.271 ha soit 18% de la surface totale de la zone.

### 3.2.1.2 Occupation et couverture du sol pendant la saison printanière

L'analyse de l'indice de végétation (*NDVI*) calculé à partir de l'image Sentinel-2 acquise en date du 12/03/2024 a permis de réaliser pour la zone une carte de répartition de la biomasse végétale comme le montre la Figure 22 suivante :

\*

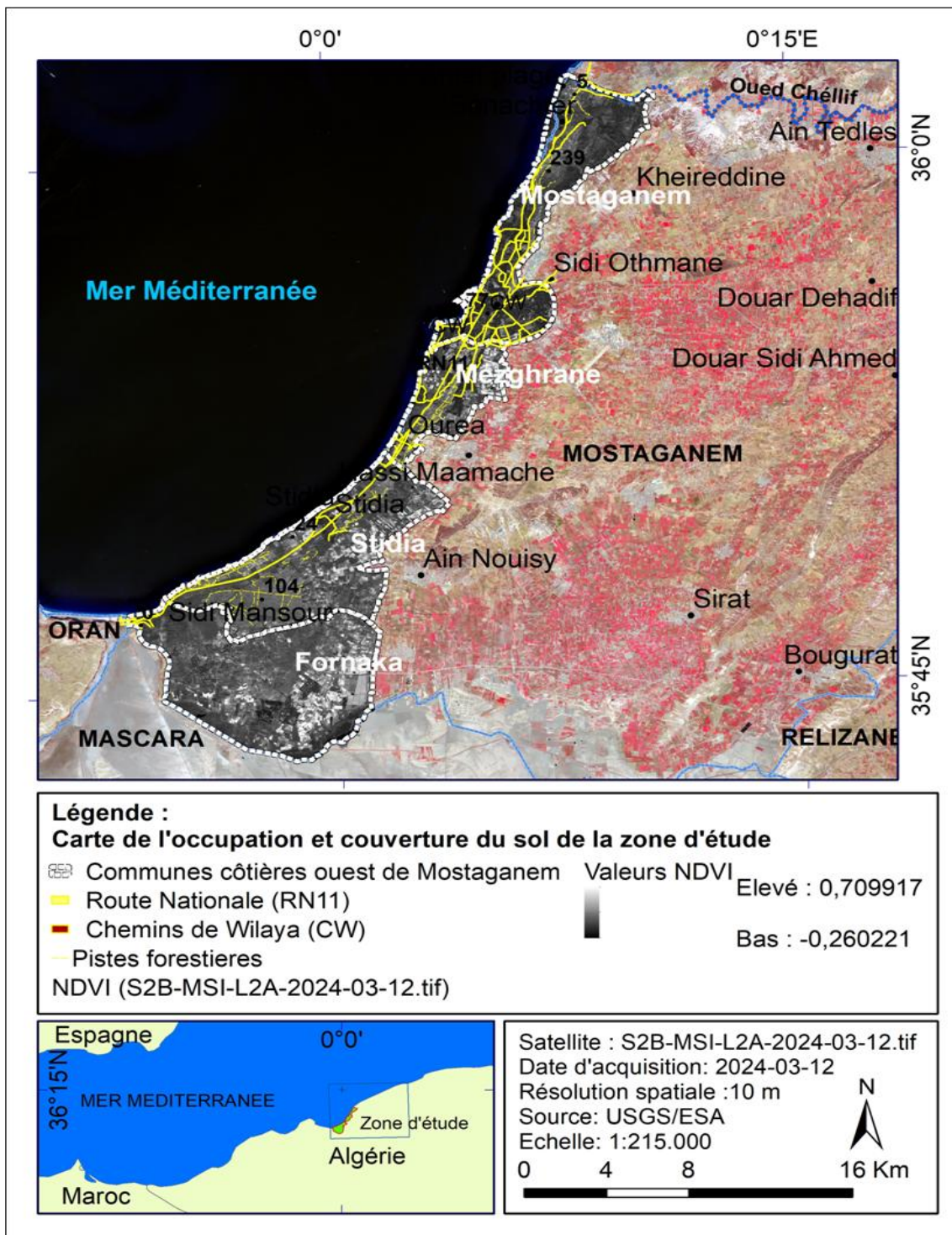


Figure 22. Indice de végétation (NDVI) à la date du 12/03/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

---

\*

La Figure 22 montre que les valeurs de l'indice de végétation (*NDVI*) sont comprises entre -0.26 et 0.70. Les méthodes SIG de reclassification des valeurs de *NDVI* ont permis de regrouper l'occupation du sol en deux classes. Une classe représente les surfaces minérales (*NDVI* de -0.26 à 0.1) et une autre représente les surfaces végétales (*NDVI* de 0.1 à 0.7) comme le montre la Figure 23 suivante :

\*

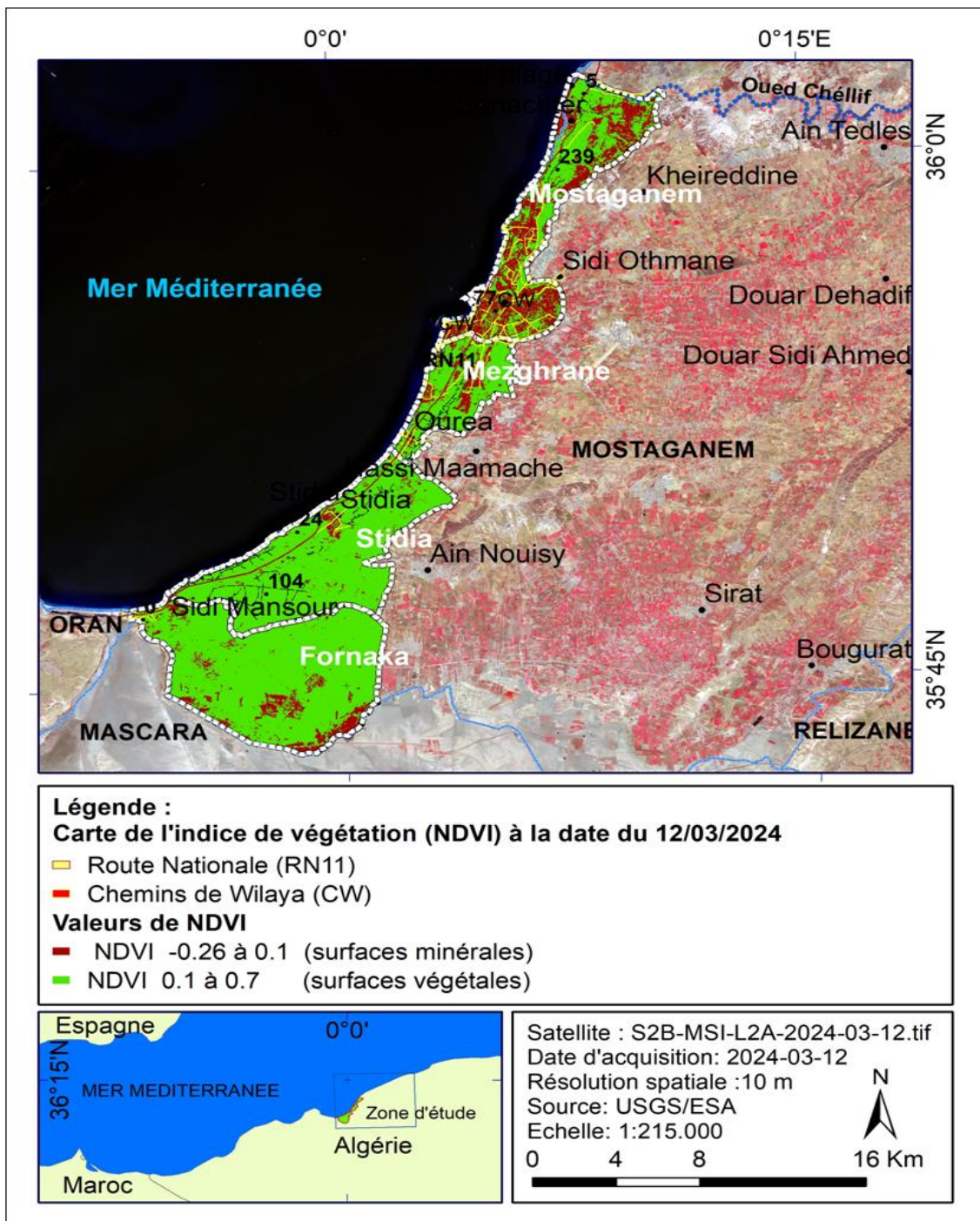


Figure 23. Indice de végétation (NDVI) à la date du 12/03/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

\*

La Figure 23 montre que la classe de la biomasse végétale domine largement l'occupation du sol de la zone. La surface des classes végétales et minérales a été estimée en hectares (ha) et en pourcentage (%) dans le Tableau 14 suivant :

Tableau 14: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 12/03/2024.

N°	Classes de l'indice de végétation ( <i>NDVI</i> )	Superficie (ha)	Taux (%)
1	Classes des surfaces végétales	14.876	81
2	Classes des surfaces minérales	3.524	19
<b>Total</b>		18.400	100

Le Tableau 14 montre qu'à la date du 12/03/2024 les surfaces végétales ont passées de 15.129 ha en mois de janvier à 14.876 ha en mois de mars ce qui correspond à une diminution de 253 ha en trois (3) mois. Les surfaces minérales ont passées de 3.271 ha à 3.524 ha, soit une augmentation en surfaces nus de 253 ha.

L'analyse de l'indice de végétation (*NDVI*) calculé à partir de l'image Sentinel-2 acquise en date du 21/05/2024 a permis de réaliser pour la zone une carte de répartition de la biomasse végétale comme le montre la Figure 24 suivante :

\*

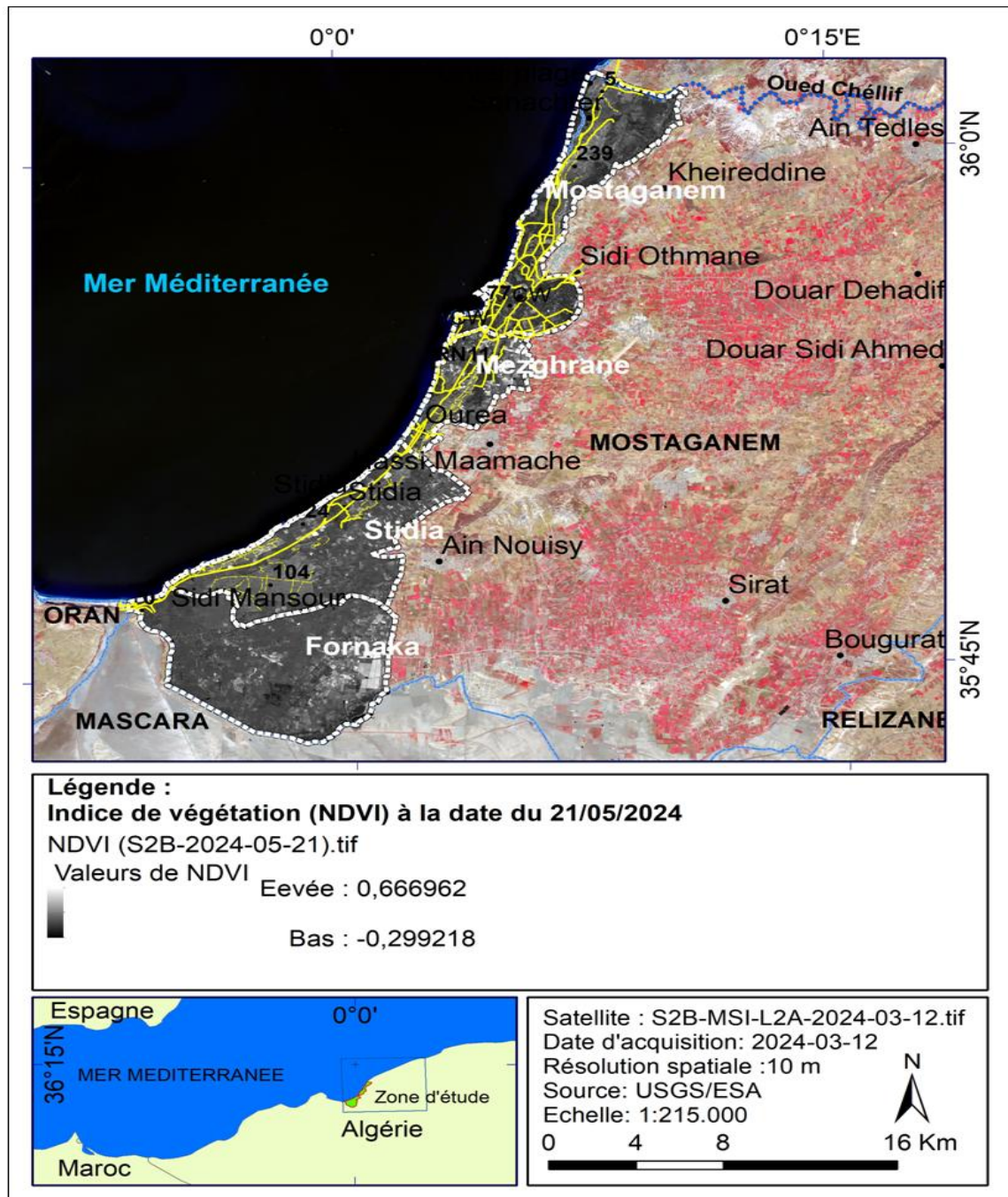


Figure. 24. Indice de végétation (NDVI) à la date du 21/05/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 24 montre que les valeurs de l’indice de végétation (*NDVI*) sont comprises entre -0.299 et 0.666. Les méthodes SIG de reclassification des valeurs de *NDVI* ont permis de regrouper

---

\*

l'occupation du sol en deux classes. Une classe représente les surfaces minérales (*NDVI* de -0.299 à 0.1) et une autre représente les surfaces végétales (*NDVI* de 0.1 à 0.666) comme le montre la Figure 25 suivante :



\*

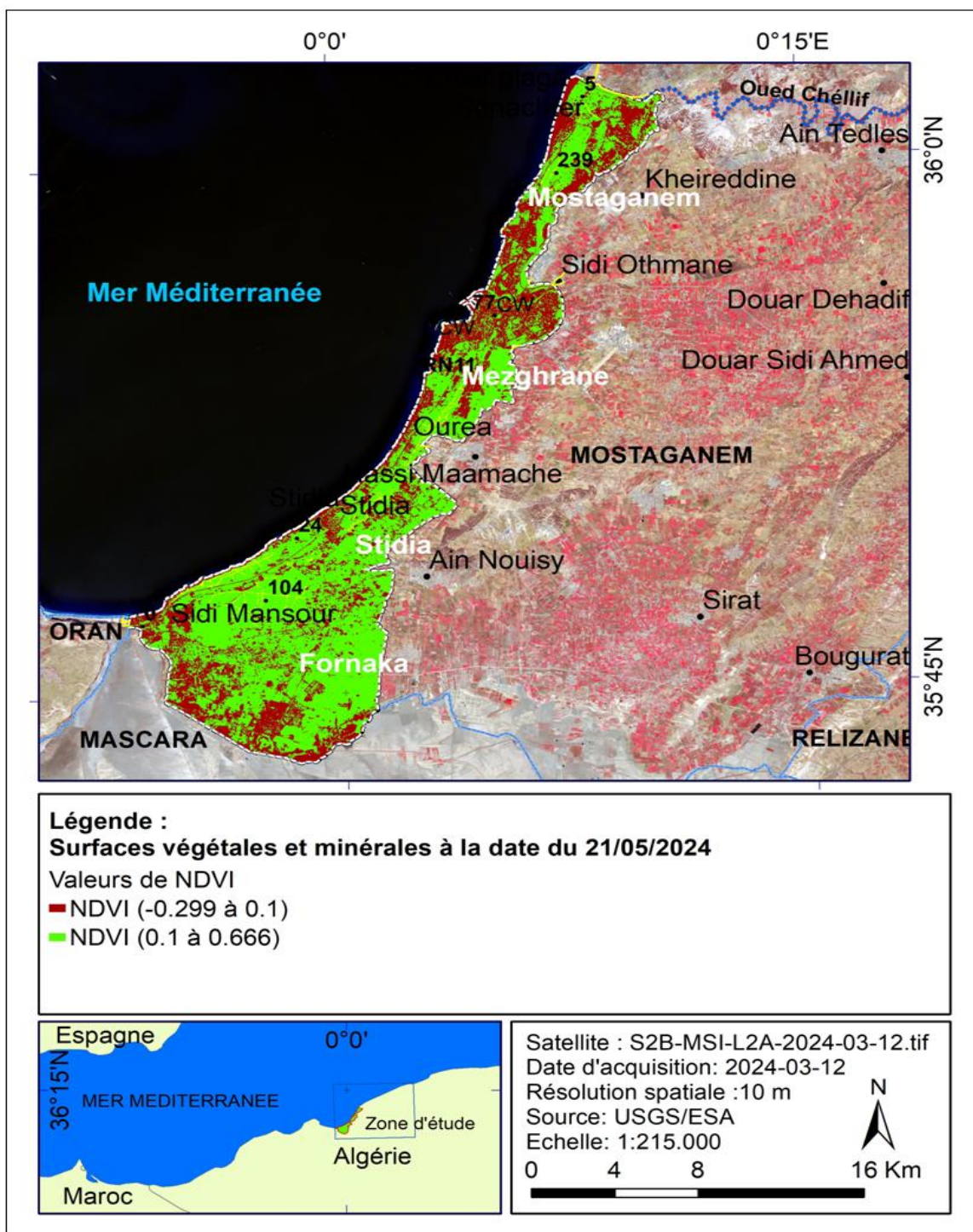


Figure. 25. Surfaces végétales et minérales à la date du 21/05/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

\*

La Figure 25 montre que la classe de la biomasse végétale est réduite en surfaces. La surface des classes végétales et minérales a été estimée en hectares (ha) et en pourcentage (%) dans le Tableau 15 suivant :

Tableau 15: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 21/05/2024.

N°	Classes de l'indice de végétation ( <i>NDVI</i> )	Superficie (ha)	Taux (%)
1	Classes des surfaces végétales	12.292	67
2	Classes des surfaces minérales	6.108	33
<b>Total</b>		18.400	100

Le Tableau 15 montre qu'à la date du 21/05/2024 les surfaces végétales ont passées a passée de 14.876 (81%) en mois de mars à 12.292 ha (67%) en mois de mai, soit une diminution de 2.584 en deux (2) mois. Les surfaces minérales ont passées 3.524 ha (19%) en mois de mars à 6.108 ha (33%) en mois de mai, soit une augmentation en surfaces de sols nus de 2.584 ha en deux (2) mois.

### 3.2.1.3 Occupation et couverture du sol pendant la saison estivale

L'analyse de l'indice de végétation (*NDVI*) calculé à partir de l'image Sentinel-2 acquise en date du 25/06/2024 a permis de réaliser pour la zone une carte de répartition de la biomasse végétale comme le montre la Figure 26 suivante :

\*

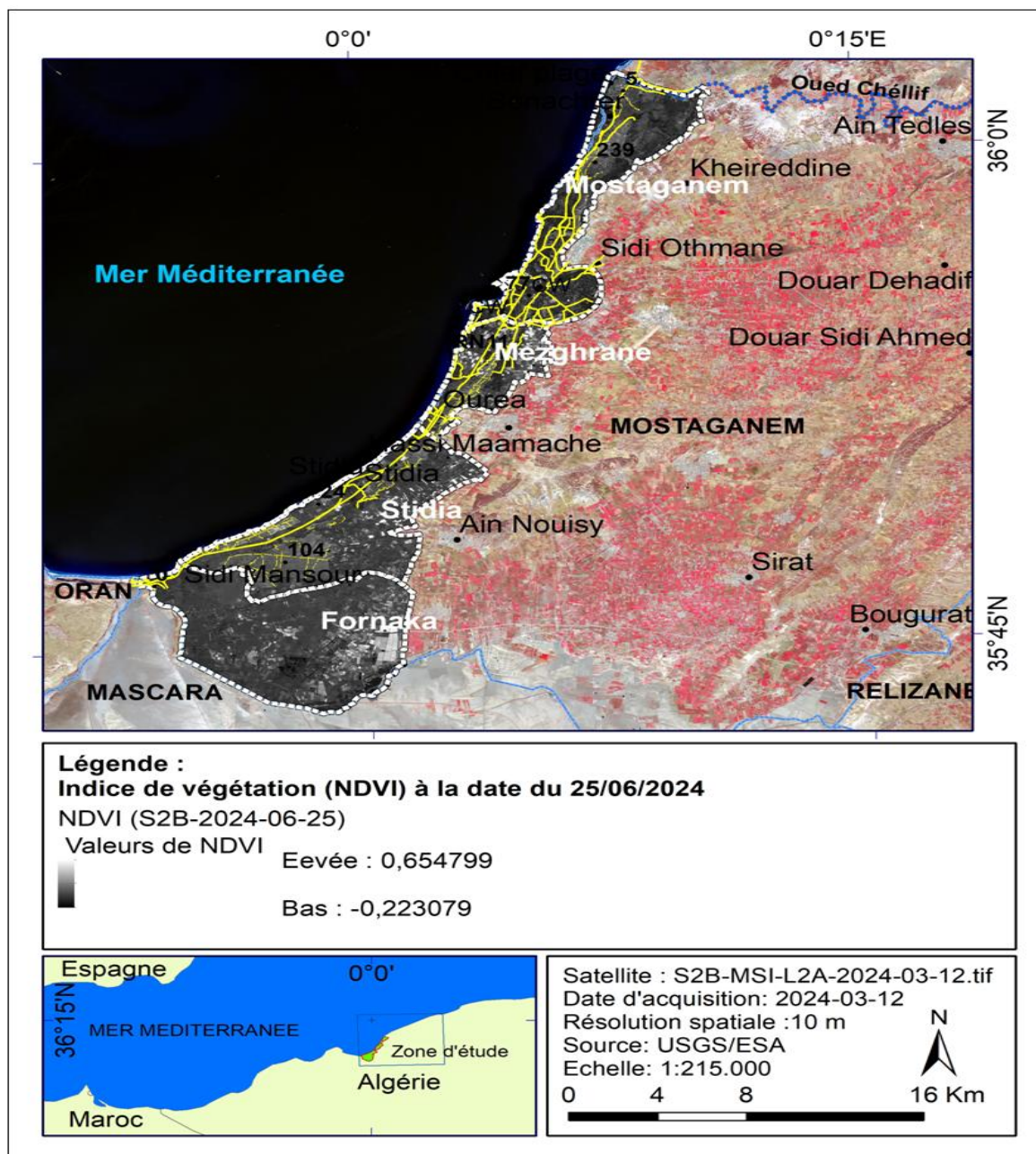


Figure. 26. Indice de végétation (NDVI) à la date du 25/06/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 26 montre que les valeurs de l'indice de végétation (*NDVI*) sont comprises entre -0.223 et 0.654. Les méthodes SIG de reclassification des valeurs de *NDVI* ont permis de regrouper l'occupation du sol en deux classes. Une classe représente les surfaces minérales (*NDVI* de -0.223 à

\*

0.1) et une autre représente les surfaces végétales (NDVI de 0.1 à 0.654) comme le montre la Figure 27 suivante :

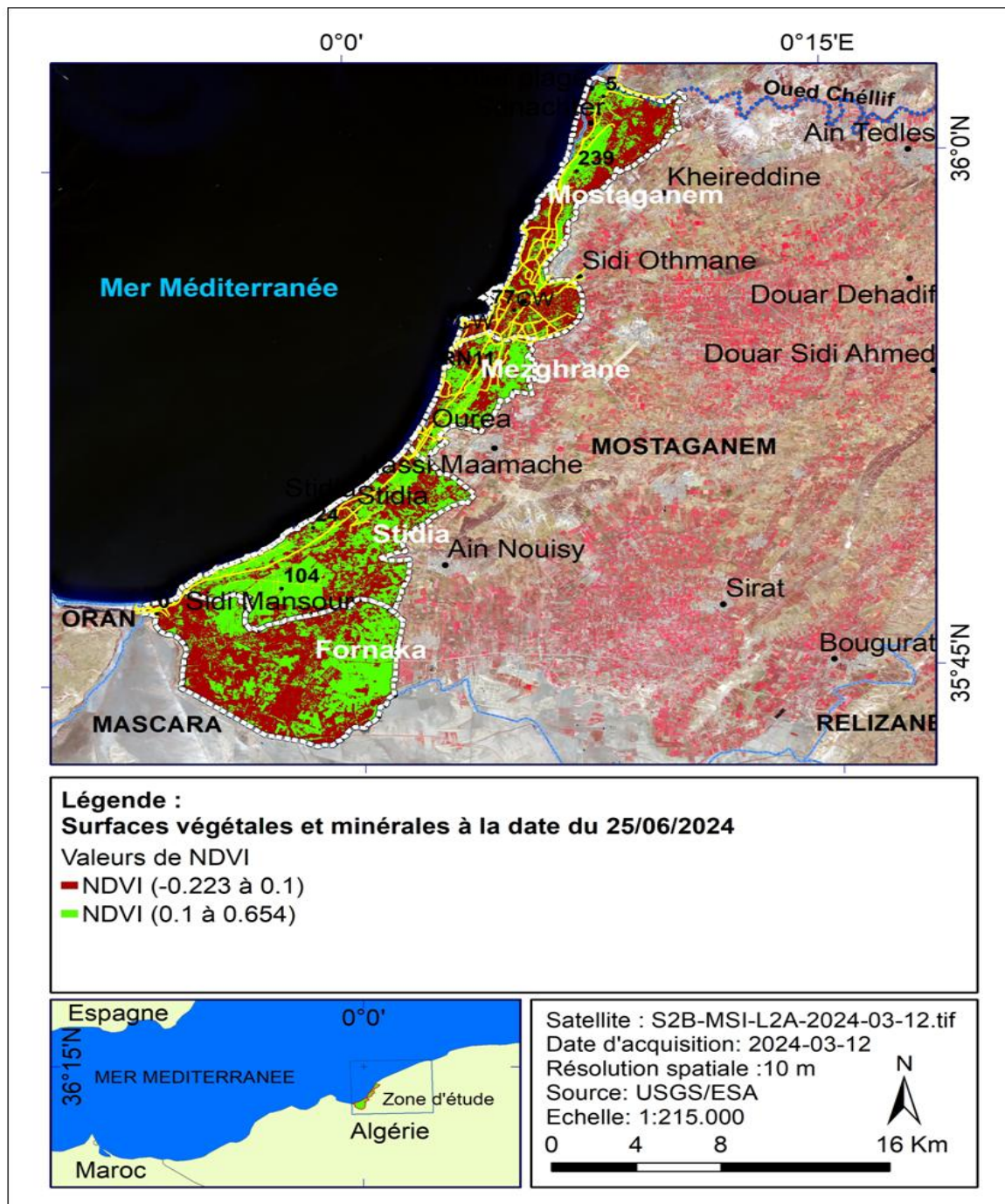


Figure 27. Surfaces végétales et minérales à la date du 25/06/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

\*

La Figure 27 montre que la surface de la biomasse végétale a diminué. Les surfaces végétales et minérales ont été estimées en hectares (ha) et en pourcentage (%) dans le Tableau 16 suivant :

Tableau 16: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 25/06/2024.

N°	Classes de l'indice de végétation ( <i>NDVI</i> )	Superficie (ha)	Taux (%)
1	Classes des surfaces végétales	8.680	47
2	Classes des surfaces minérales	9.720	53
<b>Total</b>		18.400	100

Le Tableau 16 montre qu'à la date du 25/06/2024 les surfaces végétales ont passées de 12.292 ha (67%) en mois de mai à 8.680 ha (47%) en mois, soit une diminution de 3.612 ha en un (1) mois. Les surfaces minérales ont passées 6.108 ha (33%) en mois de mai à 9.720 ha (53%) en mois de juin, soit une augmentation en surfaces de sols nus de 3.612 ha en un (1) mois. Durant ce mois de juin les surfaces minérales couvrent plus de la moitié (53%) de la surface totale.

L'analyse de l'indice de végétation (*NDVI*) calculé à partir de l'image Sentinel-2 acquise en date du 30/07/2024 a permis de réaliser pour la zone une carte de répartition de la biomasse végétale comme le montre la Figure 28 suivante :

\*

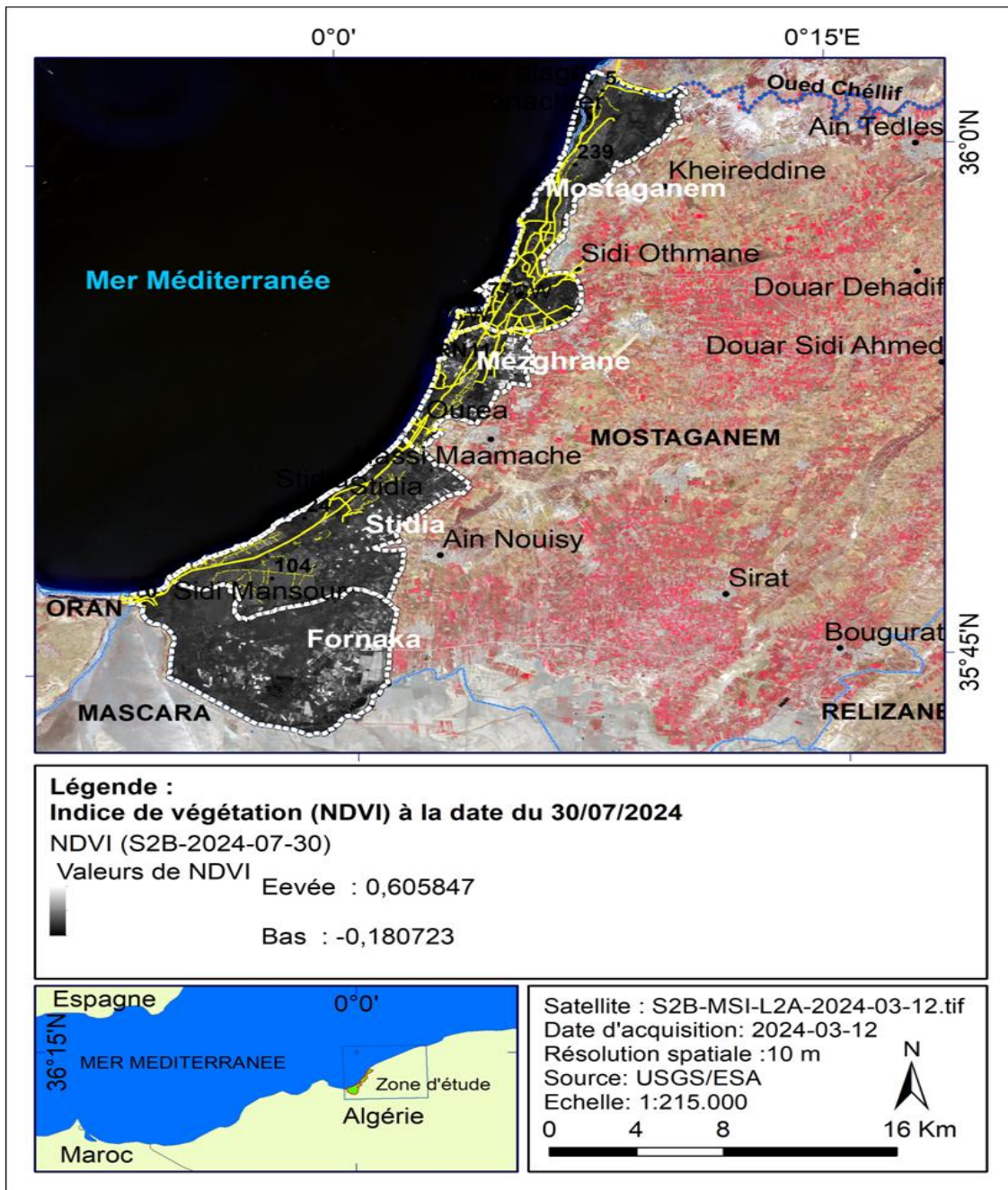


Figure 28. Indice de végétation (NDVI) à la date du 30/07/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 28 montre que les valeurs de l'indice de végétation (*NDVI*) sont comprises entre -0.180 et 0.605. Les méthodes SIG de reclassification des valeurs de *NDVI* ont permis de regrouper l'occupation du sol en deux classes. Une classe représente les surfaces minérales (*NDVI* de -0.180 à

\*

0.1) et une autre représente les surfaces végétales (NDVI de 0.1 à 0.605) comme le montre la Figure 29 suivante :

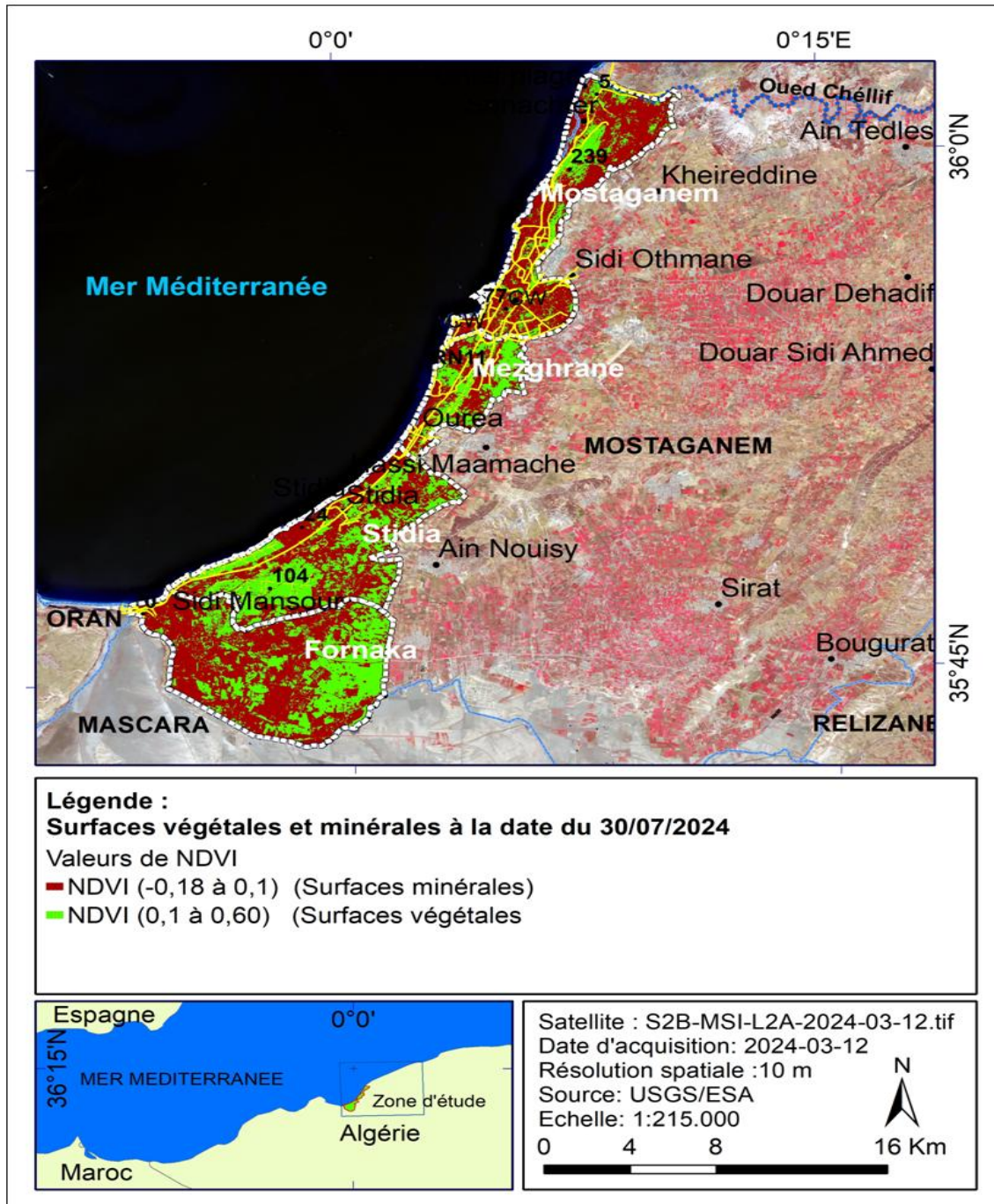


Figure. 29. Surfaces végétales et minérales à la date du 30/07/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

\*

La Figure 29 montre que la surface de la biomasse végétale a diminué. Les surfaces végétales et minérales ont été estimées en hectares (ha) et en pourcentage (%) dans le Tableau 17 suivant :

Tableau 17: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 30/07/2024.

N°	Classes de l'indice de végétation ( <i>NDVI</i> )	Superficie (ha)	Taux (%)
1	Classes des surfaces végétales	7.064	38
2	Classes des surfaces minérales	11.336	62
<b>Total</b>		18.400	100

Le Tableau 17 montre qu'à la date du 30/07/2024 la surface de la biomasse végétale (agriculture, forêts et végétation halophile) a passée de 8.680 ha (47%) en mois de juin à 7.064 ha (38%) en mois de juillet, soit une diminution de 1.616 ha en un (1) mois. Les surfaces minérales ont passées de 9.720 ha (53%) en mois de juin à 11.336 ha (62%) en mois, soit une augmentation en surfaces de sols nus de 1.616 ha en un (1) mois.

L'analyse de l'indice de végétation (*NDVI*) calculé à partir de l'image Sentinel-2 acquise en date du 24/08/2024 a permis de réaliser pour la zone une carte de répartition de la biomasse végétale comme le montre la Figure 30 suivante :



\*

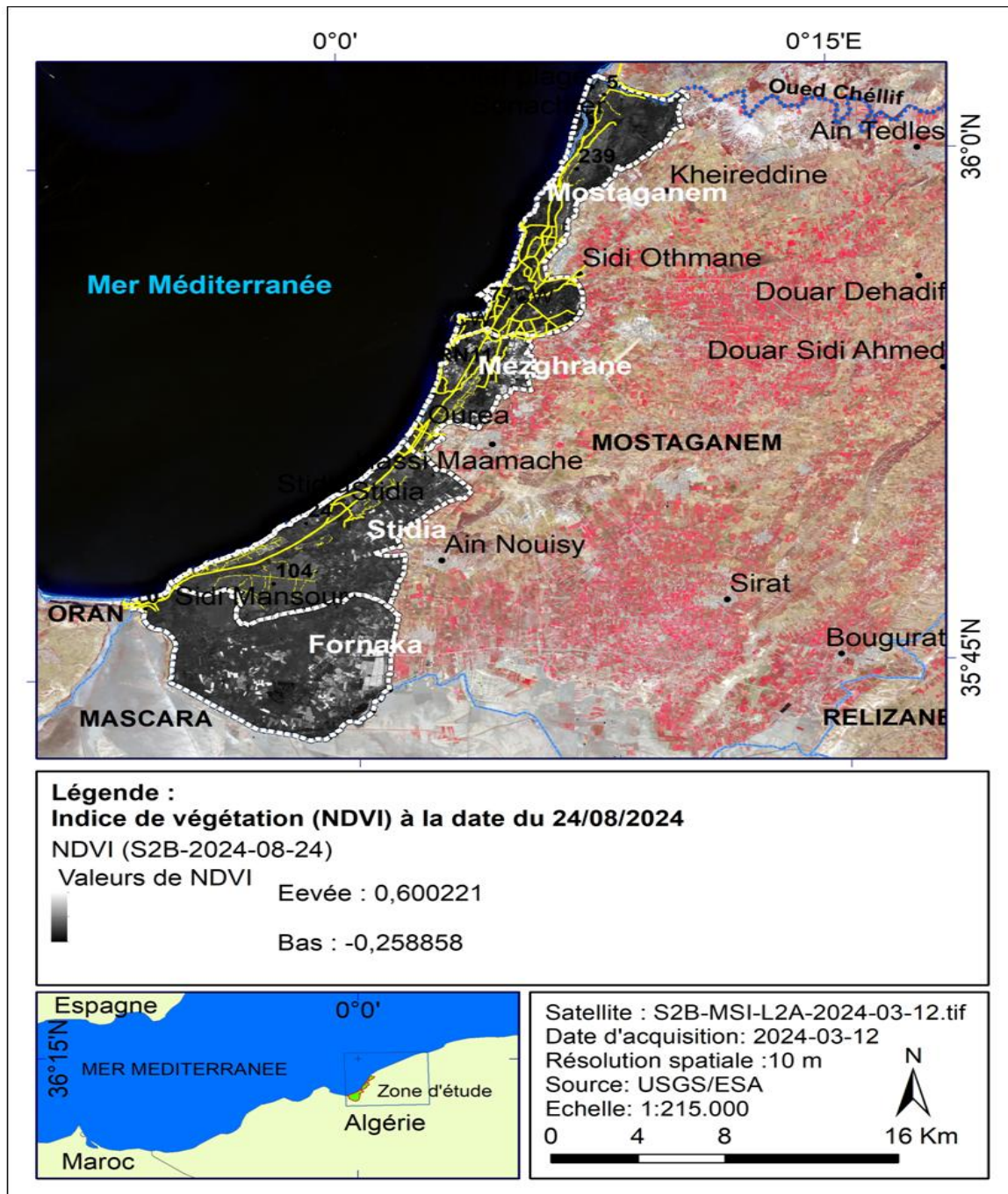


Figure. 30. Indice de végétation (NDVI) à la date du 24/08/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

La Figure 30 montre que les valeurs de l'indice de végétation (*NDVI*) sont comprises entre -0.258 et 0.600. Les méthodes SIG de reclassification des valeurs de *NDVI* ont permis de regrouper

---

\*

l'occupation du sol en deux classes. Une classe représente les surfaces minérales (*NDVI* de -0.258 à 0.1) et une autre représente les surfaces végétales (*NDVI* de 0.1 à 0.600) comme le montre la Figure 31 suivante :

\*

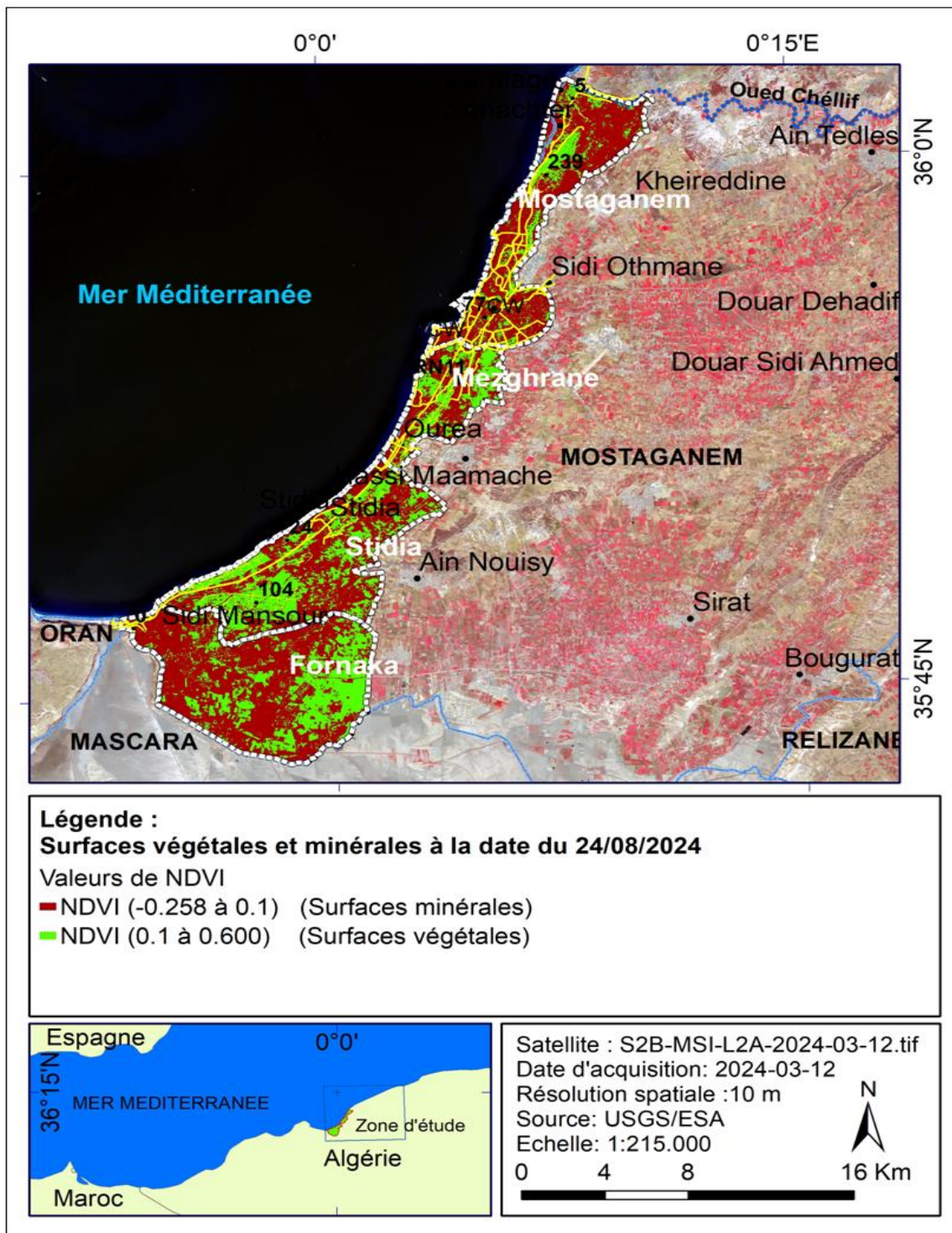


Figure. 31. Surfaces végétales et minérales à la date du 24/08/2024. Conception : (Belkhodja & Farah©2024).

\*

La Figure 31 montre que la surface de la biomasse végétale a continu de diminuer. Les surfaces végétales et minérales ont été estimées en hectares (ha) et en pourcentage (%) dans le Tableau 18 suivant :

Tableau 18: Surfaces et pourcentages des surfaces végétales et minérales à la date du 24/08/2024.

N°	Classes de l'indice de végétation ( <i>NDVI</i> )	Superficie (ha)	Taux (%)
1	Classes des surfaces végétales	6.319	34
2	Classes des surfaces minérales	12.081	66
<b>Total</b>		18.400	100

Le Tableau 18 montre qu'à la date du 24/08/2024 les surfaces végétales ont passées de 7.064 ha (38%) en mois de juillet à 6.319 ha (34%) en mois d'août ce qui correspond à une diminution de 745 ha en un (1) mois. Les surfaces minérales ont passées de 11.336 ha (62%) en mois de juillet à 12.081 ha (66%) en mois de juillet, soit une augmentation en surfaces de sols nus de 745 ha en un (1) mois.

### 3.2.1.4 Variation spatiotemporelle entre janvier et août 2024 de l'occupation du sol

Tableau 19: Tableau réduplicatif de la variation de la biomasse végétale dans la zone d'étude.

N°	Dates	<i>NDVI</i>	Surfaces végétales	Surfaces minérales
1	27/01/2024	(-0.304 - 0.714)	15.129	3.271
2	12/03/2024	(-0.260 - 0.709)	14.876	3.524
3	21/05/2024	(-0.299 - 0.666)	12.292	6.108
4	25/06/2024	(-0.223 - 0.654)	8.680	9.720
5	30/07/2024	(-0.180 - 0.605)	7.064	11.336
6	24/08/2024	(-0.258 - 0.600)	6.319	12.081

\*

Le Tableau 19 montre que la biomasse végétale a atteint son maximum d'occupation du sol de la zone d'étude en fin de mois de janvier 2024 et ce à cause de la reprise de la croissance végétale et la relance de la campagne agricole après les pluies du mois de janvier 2024. La biomasse végétale occupe 15.129 ha (82% du total de la zone) dont les forêts couvrent une surface totale de 3.518 ha (19% du total de la zone) (DPSB : Direction de la programmation et du suivi budgétaire, 2021). Les données montrent que le plateau de Mostaganem couvre un tapis végétal permanent qui dépasse 32.000 ha dont 10.950 ha de forêt (BNEDER, 2008). Nos résultats montrent qu'entre le mois de janvier et le mois de mars (2024), les surfaces végétales (agriculture, forêts et végétation halophile) de la zone d'étude ont été diminuées de 253 ha en trois (3) mois, soit 1.67% de la surface végétale de référence (janvier 2024) et ce à cause du dessèchement dû aux pertes de chlorophylles des plantes à cycle saisonnier après leurs récoltes telles que les cultures vivrières et maraichères (petits poids, fèves, tomates et pommes de terre). Entre le mois de mars et le mois de juin (4 mois) les surfaces végétales ont été réduites à plus de la moitié (57%) de la surface totale végétale initiale et ce à cause du dessèchement des cultures annuelles (ex. céréaliculture). Durant ce mois de juin, les surfaces minérales ont occupées plus de la moitié (53%) de la surface totale de la zone. Entre le mois de juin et août (2 mois) les surfaces minérales ont été augmentées de 2.361 ha en trois (3) mois et ce à cause des travaux de préparation des sols par labours profonds pour mettre en place les betteraves, poivron, piments, cucurbitacées et les tomates arrières saisons (hors serres). Les labours ont été réalisés sur les terrains occupés auparavant par les cultures récoltées précédemment en mois de mars et mai (vivrières, maraichères et céréalières). Ces labours ont été constatés dans le périmètre irrigué de Fornaka et de Stidia.

\*

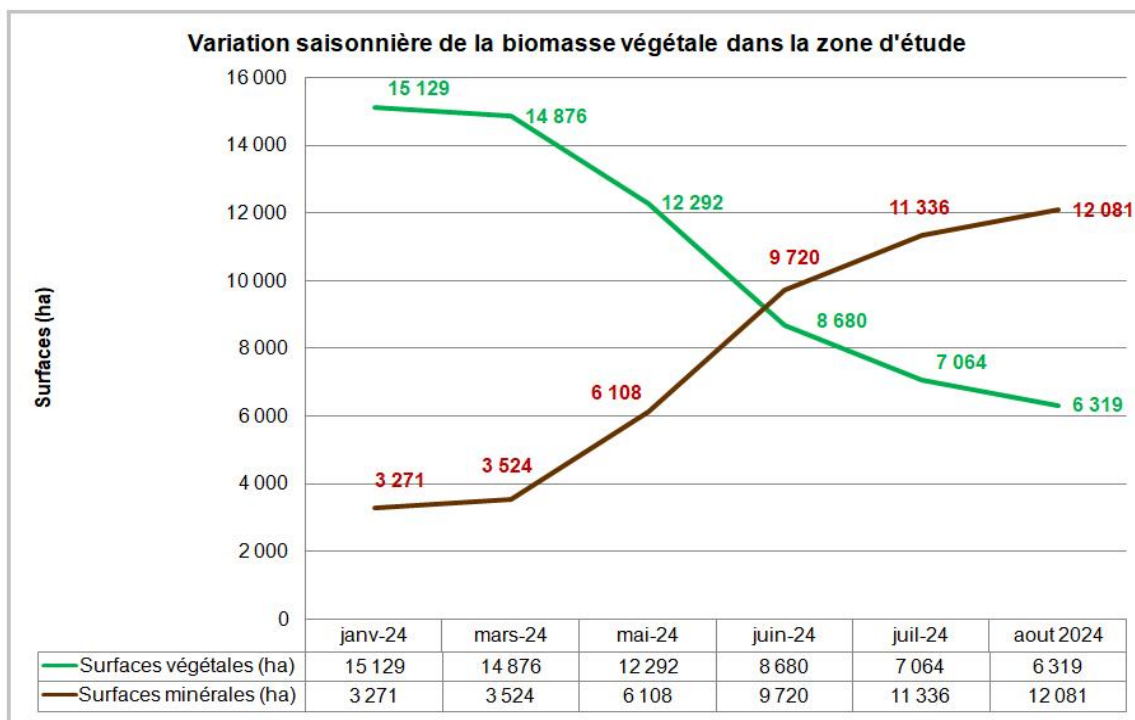


Figure. 32. Histogramme de variation saisonnière de la biomasse végétale dans la zone d’étude.

La Figure 32 montre que la surface totale de la biomasse végétale a été estimée à 15.129 ha en fin de mois de janvier 2024. A partir du mois de mars la biomasse a commencé de reculer en surfaces à cause de la récolte de certaines cultures agricoles (vivrières et maraichères). A la fin du mois de mai et début de juin la surface végétale et minérale ont occupées chacune la moitié (9.200 ha, 50% du total de la zone) de la surface totale de la zone. A partir du mois de juin, les surfaces minérales ont augmenté au détriment des surfaces végétales récoltées et labourées. A la fin du mois d’août, les surfaces minérales (12.081 ha, 66%) ont doublées les surfaces végétales (6.319 ha, 34%).

## 4 Conclusion générale

A travers nos résultats, nous pouvons conclure que l’approche géomatique utilisée dans notre présent travail était capable de diagnostiquer, cartographier et analyser les milieux physiques, biotiques et environnementaux de la zone. Les méthodes SIG de géo référencement appliquées sur les documents cartographiques ont permis de réaliser une carte de localisation et délimitation de la zone d’étude en quatre (4) communes côtières ouest de Mostaganem (Fornaka, Stidia, Mazagran et Mostaganem). L’analyse montre que la zone d’étude occupe une surface totale de 18.400 ha, soit

\*

8% de la surface totale de la wilaya. L'altitude du terrain varie entre 0 et 399 m donnant lieu à un relief légèrement incliné et moyennement accidenté à l'est. 80% de la surface totale de la zone sont situées sur des pentes faibles (0 à 6%). La zone est desservie par un réseau de 208 km composés de RN, CW et pistes forestières.

Les méthodes de télédétection appliquées sur la série temporelle d'images Sentinel-2 acquises entre 27/01/2024 et 24/08/2024 (8 mois) ont permis de cartographier et suivre avec précision la biomasse végétale aérienne qui a pu couvrir le sol de la zone pendant huit (8) mois. La biomasse est composée principalement des formations végétales agricoles, forestières et la végétation halophile des zones humides de la Macta (Fornaka) et de part et d'autres de l'oued Chellif (Mostaganem -Est). Les méthodes de classification automatique des images Sentinel-2 et le calcul de l'indice de végétation (*NDVI*) ont permis de réaliser pour la zone une carte d'occupation du sol à jour. L'analyse des résultats thématiques montre qu'entre le 27/01/2024 et 24/08/2024 les surfaces végétales ont été diminuées de 8.810 ha (48% du total de la zone) en huit (8) mois ce qui correspond à une perte moyenne en surfaces végétales de 1.101 ha/mois. Ces pertes sont dues principalement aux pertes de chlorophylles des cultures à cycles biologiques saisonniers et annuelles. Cette situation a provoqué l'augmentation de la surface des sols nus comptés au départ parmi les surfaces minérales. A la fin du mois d'août 2024, les surfaces minérales ont doublées de deux (2) fois plus les surfaces végétales ce qui augmente le risque d'érosion, diminution de l'oxygénation de l'environnement et de la réduction de la séquestration du carbone.

Nos résultats constituent une base de données géographiques permettant d'actualiser certaines références bibliographiques existantes.

Il serait donc intéressant de mettre ce document à la disposition des gestionnaires de la zone (direction des services agricoles et de l'environnement) afin de leur apporter un complément d'informations utiles leur permettant de mieux comprendre le changement de la phénologie et la saisonnalité des cultures et leurs conséquences sur l'environnement local. Ils leurs permettent de prendre conscience des problèmes environnementaux et de prévoir les solutions d'adaptation et de gestion durable des sols de la zone.

## **4.1 Suggestions**

La problématique de l'aménagement du territoire est l'une des questions d'actualité à travers de toutes les wilayas d'Algérie. La willaya de Mostaganem et en particulier de sa zone côtière ouest

\*

qui est l'un des zones de la willaya caractérisée par un potentiel agricole et une concentration de la population sur son territoire. Aussi, c'est une zone qui présente un potentiel socio-économique et touristique considérables. Pour lutter contre l'augmentation des surfaces nues au détriment des surfaces végétales récoltées en fin de cycles, nous suggérons un aménagement qui impose une démarche avec un arrangement compétitif à savoir :

1. Planifier dans l'espace et dans le temps un aménagement de l'occupation du sol pour atteindre l'objectif zéro sol nu,
2. Maintenir le sol couvert par une végétation à feuillages persistants et permanents,
3. Occuper les sols nus par des cultures irriguées afin d'assurer leurs adaptations aux conditions de la saison estivale,
4. Maintenir les chaumes des céréales sur places et limiter l'élevage intensif,
5. Lutter contre le pacage en milieu forestier et zones humides.

A la fin, nous concluons que les suggestions et les recommandations citées ci-dessus peuvent être des actions utiles à la prise de décision quant à la gestion durable de la zone d'étude.



## Références bibliographiques

- Abdelbaki Amina, (2012). Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétatif dans le sous bassin versant de oued Bouguedfine wilaya de Chleff, Université Hassiba Benbouali-chlef, P21, 23. Disponible-sur: [http://bu.univchlef.dz/doc\\_num.php?explnum\\_id=293](http://bu.univchlef.dz/doc_num.php?explnum_id=293)
- Achbun, A, Mansour, M, Layelmam, M, & Smiej, M, F, (2011). Etude comparative de la classification orientée objet d'une image spot5 pour la cartographie de l'occupation du sol via cognition® 9, GEO OBSERVATEUR, (19). 13, Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00915067/>.
- AIME S. (1991). Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide, semi-aride et aride dans l'étage thermo méditerranéen du tell oranais (Algérie nord-occidentale). Thèse Doc. Etat : Université Aix- Marseille3. 190 p.
- Albetis De La Cruz J. L. (2018). Potentiel des images multi spectrales acquises par drone dans la détection des zones infectées par la flavescence dorée de la vigne. Mémoire de doctorat. Sciences de la Terre. Université Paul Sabatier - Toulouse III. 213 p.
- Bacour C., Breon F. M., Maignan F. (2006). Normalization of the directional effects in NOAA - AVHRR reflectance measurements for an improved monitoring of vegetation cycles. Remote Sensing of Environment.102, n°3-4, 402-413 p
- Bechet, B, Le Bissonnais, Y, Ruas, A, Aguilera, A, Andrieu, H, Barbe, E, & Desrousseaux, M, (2017). Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols: déterminants, impacts et leviers d'action, Synthèse (Doctoral dissertation, Inra). Disponible sur: <https://hal.inrae.fr/hal-02791450/document>,
- Beltrame, C, Perennou, C, & Guelmami, A, (2015). Évolution de l'occupation du sol dans les zones humides littorales du Bassin méditerranéen de 1975 à 2005, Méditerranée, Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography, (125). 97-111, Disponible sur: <https://journals.openedition.org/mediterranee/8046>
- Bey, S-B. et S. Boudjlél, (2002). Potentialités et perspectives de développement du tourisme à Mostaganem, Kouti A (dir), Université d'Oran, mémoire d'ingénieur en géographie, 120 p.
- BNEDER, Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (2008). Etude d'Inventaire Forestier National (IFN) - Rapport sur le schéma directeur d'aménagement - Wilaya de Mostaganem, Conservation des forêts de Mostaganem, Algérie.
- Bonnet et, S, Toromanoff, F, Fourneau, F, & Lejeune, P., (2011). Principes de base de la télédétection et ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière, I, Images aériennes et

satellitaires, Forêt Wallonne, (114). 45 56, Disponible sur:  
<https://orbi.uliege.be/handle/2268/103250>

Bouhari, A. (2017). Analyse des dynamiques environnementales et patrimoniales de la zone côtière ouest de Mostaganem. Université de [Institution], Algérie.

Bousmaha, A. (2014). Le rôle des petites villes dans le mouvement d'urbanisation en Algérie: le cas de la région centrale du Tell de l'est algérien. *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, 29-44.  
<https://revue.umc.edu.dz/d/article/view/1723>

Boulaine J. (1955). Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie. Feuille de Mostaganem. N° 21. Édit. Gouvernement Général de l'Algérie, Alger (Algérie), 17 p.

Bouzouita, M. (2019). Étude géographique et environnementale des zones côtières : Le cas de la wilaya de Mostaganem. [Institution ou éditeur], Algérie

By Innovatione AgroFood Design (2020). Disponible sur: <http://de-vegetation-dans-l-agriculture-deprecision/>

Caïd N, Chachoua M AND Berrichi F., (2019). Analyse spatiale diachronique de l'occupation du vignoble algérien depuis 60 ans: cas de la wilaya de Mostaganem. (Article). Disponible sur:  
<https://journals.openedition.org/physio-geo/7675>

Caloz, R, & Collet, C. (2001). Précis de télédétection-Volume 3 : Traitements numériques d'images de télédétection (Vol, 3). PUQ,  
[https://www.researchgate.net/publication/327538872\\_Precis\\_de\\_teledection\\_-\\_Volume\\_3\\_Traitements\\_numeriques\\_d](https://www.researchgate.net/publication/327538872_Precis_de_teledection_-_Volume_3_Traitements_numeriques_d)

CFM (Conservation des forêts de la wilaya de Mostaganem) (2008). Inventaires des zones humides algériennes; content/uploads/2016/11/14\_WSP1\_Souidi\_Zahira.pdf.

Corgne, S, Hubert-Moy, L, & Betbeder, J, (2016). Monitoring of agricultural landscapes using remote sensing data, In *Land Surface Remote Sensing in Agriculture and Forest* (pp, 221- 247). Elsevier, Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781785481031500066>

Damien, A (2011). La biomasse énergie, définition, ressources, usages. p 25-30

Davranche, A. (2008). Suivi de la gestion des zones humides camarguaises par télédétection en référence à leur intérêt avifaunistique (Doctoral dissertation, Université de Provence-Aix-Marseille I). <https://theses.hal.science/file/index/docid/293585/filename/thesead2.pdf>

- Delbart, N. (2005). Télédétection de la phénologie dans les régions boréales (Doctoral dissertation, Toulouse 3). Disponible sur: [http://www.cesbio,ups-tlse,fr/data\\_all/theses/Th\\_Delbart\\_2005,pdf](http://www.cesbio,ups-tlse,fr/data_all/theses/Th_Delbart_2005,pdf) (Consulté le 11/06/2012).
- De Wispelaere, G, (1994). Contribution of satellite remote sensing to the mapping of land use and of potential glossina biotopes: case study of the Adamawa plateau in Cameroon, Etude FAO: Production ET SantéAnimale (FAO). <https://agris,fao.org/agris-search/search, do? Record ID=XF9551457>
- Derbal Meriem El Batoul et Khedimi Fatima, (2022). Analyses bioclimatiques actualisées de la région de Mostaganem. Université de Mostaganem, p33. Disponiblesur: <file:///C:/Users/utilisateur/Downloads/m%C3%A9moire%20final%202022%20analyse%20bioclimatique%20mosta> (1)
- Dobson, M, C, Mcdonald, K, Ulaby, F, T, & Sharik, T, (1991). Relating the temporal change observed by AIRSAR to surface and canopy properties of mixed conifer and hardwood forests of northern Michigan, In JPL, Proceedings of the Third Airborne Synthetic Aperture Radar (AIRSAR) Workshop, <https://ntrs.nasa.gov/citations/19920018774>
- DPSB (Direction de la programmation et du suivi budgétaire) (2021). Monographie générale de la wilaya de Mostaganem, p7. Disponible sur: [https://docs.google.com/document/d/1pWwMYfbFF\\_Mjdzmo50HXvE5d4Tuz5VXT/edit](https://docs.google.com/document/d/1pWwMYfbFF_Mjdzmo50HXvE5d4Tuz5VXT/edit)
- El Morjani, Z. E. A. (2015). Initiation à la télédétection spatiale : travaux pratiques. FPT-UIZ. <https://core.ac.uk/download/pdf/236411911.pdf>
- Escadafal A., Huete R. (1991). Étude des propriétés spectrales des sols arides appliquées à l'amélioration des indices de végétation obtenus par télédétection. R. E. Unité de télédétection, A. H. Department of Soil and Water Science, University of Arizona, Tucson, U.S.A., 1385- 1395p.
- Françoise Gandon, (1991). Synthèse sur les SIG et Perspectives d'utilisation en Hydrologie, Laboratoire d'Hydrologie, p5.Disponible sur: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers16-09/41243.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/41243.pdf)
- Hamzaoui, A. (2015). Potentiel touristique et biodiversité des zones côtières : Étude de la côte ouest de Mostaganem. [Institution ou éditeur], Algérie

- Huete, A.R., (1988). A Soil - Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, n°25, 295-309. Disponible <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/ued/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/indices-effets-sol.html>
- Jensen, J, R, (1996). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* (No, Ed, 2). Prentice-Hall Inc., <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001911540>.
- Kessous Charef, (2000). Agriculture à Mostaganem. 6.840 hectares réservés à la pomme de terre de saison. Disponible sur: [lecarrefouralgerie.dz/agriculture-a-mostaganem-6-840-hectares-reserves-ala-pomme-de-terre-de-saison](http://lecarrefouralgerie.dz/agriculture-a-mostaganem-6-840-hectares-reserves-ala-pomme-de-terre-de-saison)
- Lakhdari, (2015). Diagnostic de la qualité des eaux de source et thermales de la wilaya de saida algérie
- Manière L. (2019). Extraction d'informations topographiques et hydrologiques à partir d'un modèle numérique de terrain – Cas pratique sur le MNT du projet Desert Networks. CNRS, HiSoMA, Lyon—France. Disponible sur: <https://desertnetworks.hypotheses.org/920>,
- Megherbi Wahiba, (2015). Un risque négligé en zone tellienne littorale, cas de la région de Mostaganem magisters en géographie et aménagement du territoire, Université d' Oran2, p49, 50. Disponible sur: <https://bucket.thesesalgerie.com/files/repositories-dz/1343391904582940.pdf>
- Moulin, S, Kergoat, L, Viovy, N, & Dedieu, GG. (1997). Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements, *Journal of Climate*, 10, 1154–1170, [https://vip.arizona.edu/documents/dataviewer/Monitoring\\_Phenology\\_Zhang.pdf](https://vip.arizona.edu/documents/dataviewer/Monitoring_Phenology_Zhang.pdf)
- Mostari, A., Benabdeli, K., & Ferah, T. (2021). Évaluation de l'impact de l'urbanisation sur les espaces agricoles et forestiers de la zone côtière de Mostaganem (ouest algérien). *Ekologie (Bratislava)*, 40 (3), 230-239. <https://search.proquest.com/openview/c70c0e7fc18678752037c6ffe81a756f/1?pqorigsite=gscholar&cbl=2815>
- Mostari, A., Benabdeli, K., & Vela, E. (2020). Le littoral de Mostaganem (Algérie), une “zone importante pour les plantes”(ZIP) autant négligée que menacée. *Fl. Medit*, 30, 208-209.
- Moussi khathir (2023). Évaluation de l'impact de l'urbanisation dans le littoral du plateau de Mostaganem à l'aide des SIG et télédétection, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem p
- ONCEA, Observatoire Nationale de la Consommation des Espaces Agricoles (2014). Panorama de la quantification de l'évolution nationale des surfaces agricoles, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt—France, Observatoire Nationale de la Consommation des Espaces

Agricoles, Disponible sur :<https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/PDF/144000288.pdf>

- Ouabel Habib, (2012). Contribution à l'étude des agents de dégradation des ressources en sols et en eaux dans le plateau de Mostaganem, Université de Mostaganem, p11, 18, 45. Disponible sur: <http://ebiblio.univmosta.dz/bitstream/handle/123456789/1215/CD31.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Parmentier, H. (2022). « Imageries Sentinelles, collectes et calculs d'indices de végétation ». <https://www.researchgate.net/profile/Herve-Parmentier>.
- Rabehi, W., Guerfi, M., & Mahi, H. (2018). Cartographie de la vulnérabilité des communes de la baie d'Alger. Approche socio-économique et physique de la côte. Mediterranee.
- Razali, M. & Abderahmane, N. (2020). Contribution à l'étude de la biodiversité végétales sa conservation dans les forêts de la région est de mostaganem, Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem p 22.
- Richards, J. A. (2013). Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.
- Santa, S. & Daumas, P. (coll. Simonneau, P., Chevassut, G., Jacquard, B.) (1958). Carte de la végétation de l'Algérie. Bosquet – Mostaganem. Ech : 1/ 1250000.
- Sellin, V, Gourmelon, F, Magnanon, S, Debaine, F, Hubert-Moy, L, Rapinel, S, & Nabucet, J, (2013). Cartographie des grands types de végétation par télédétection: étude de faisabilité (Bretagne, Basse Normandie et Pays-de-la-Loire). Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00826807/>
- Senouci M. et Trache A. (2014). Étude de vulnérabilité aux changements climatiques de la wilaya de Mostaganem. Édit. Direction de l'Environnement de Mostaganem (Algérie), 124 p.
- Smahi El. (2001). Étude du phénomène d'ensablement sur le plateau de Mostaganem et proposition sur le littoral de Béni-Saf. Mémoire d'ingénieur d'état, IGAT Es-Senia Oran, 140p.
- Souidi, Z. (2016). Étude de la dynamique végétale et de la diversité floristiques des marais de la Macta (Algérie). Application à la conservation et à la préservation de la biodiversité. 1<sup>er</sup> Semaine de la conservation des plantes méditerranéenne 24-29 Octobre 2016 (Université de Mascara Algérie). Mascara Algérie: Université de Mascara / Association Verte de Mascara. Disponible sur: [http://www.medplantsweek.uicnmed.org/public\\_html/medplantsweek/wp](http://www.medplantsweek.uicnmed.org/public_html/medplantsweek/wp)

Sparfel, L, (2011). Étude des changements d'occupation des sols dans la zone côtière à partir de données hétérogènes : application au Pays de Brest (Doctoral dissertation, Brest). Disponible sur : <https://www.theses.fr/2011BRES1008>.

UVED, Université Virtuelle Environnement et Développement Durable (2008). Université Virtuelle Environnement et Développement durable. Suivi de l'environnement par télédétection. Environnement terrestre. Les indices de végétation. Les principaux indices de végétation. <https://e-cours.univparis1.fr/modules/uvad/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/indices-effets-sol>

Zaoui M. (2015). Système d'information géographique et méthodologie multicritère pour le choix de sites de retenues collinaires : application pour la wilaya de Mostaganem, Algérie. Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem (Algérie), 156 p.

Zemouri Wissam, (2022). Inventaires floristiques des formations végétales du littoral oranais : cas de la wilaya de Mostaganem, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, p26, 27. Disponible sur : <file:///D:/plateau%20de%20mostaganem%20b.pdf>

### **Sites internet :**

<https://eos.com/fr/blog/indices-de-vegetation/>

[https://fr.climat-data.org/\(2024\)](https://fr.climat-data.org/(2024))

<https://ressources-naturelles.canada.ca/accueil>

<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home#section-1-id>