

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en
science de la mer et de l'aménagement du littoral

Option : Ingénierie de l'Environnement Marin et Côtier

Thème :

Diagnostic sur la pression exercée sur le littoral de Tipasa

Présentée par :

RIANE Imane

HAMDANI Kaouther

Soutenu le 12/07/2022 devant le jury suivant :

Membre de jury	Grade	Qualité
Mme MEHDID S.	M.A.A (ENSSMAL)	Présidente
Mr FERNANE L.	M.A.A (ENSSMAL)	Promoteur
Mr ATTALI I.	Chef d'antenne-CNL-Tipasa	Co-promoteur
Mme BENZOUAI S.	M.C.B (ENSSMAL)	Examinatrice
Mme KERAGHEL M.A.	M.C.B (ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion : 2021-2022

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master d'Etat en
science de la mer et de l'aménagement du littoral

Option : Ingénierie de l'Environnement Marin et Côtier

Thème :

Diagnostic sur la pression exercée sur le littoral de Tipasa

Présentée par :

RIANE Imane

HAMDANI Kaouther

Soutenu le 12/07/2022 devant le jury suivant :

Membre de jury	Grade	Qualité
Mme MEHDID S.	M.A.A (ENSSMAL)	Présidente
Mr FERNANE L.	M.A.A (ENSSMAL)	Promoteur
Mr ATTALI I.	Chef d'antenne-CNL-Tipasa	Co-promoteur
Mme BENZOUAI S.	M.C.B (ENSSMAL)	Examinatrice
Mme KERAGHEL M.A.	M.C.B (ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion : 2021-2022



Remerciements

Tout d'abord, nous commençons par remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la patience d'accomplir cet humble travail

Nous tenons à remercier notre encadreur Mr.Fernane. L, pour avoir accepté de nous accompagner tout au long de ce travail, pour sa patience, sa disponibilité et surtout pour ses conseils judicieux qui ont contribué à alimenter notre réflexion

Nous tenons également à remercier notre Co-promoteur le chef d'antenne de CNL de Tipasa Mr. Attali. I, qui nous a suggéré le sujet de ce mémoire et nous a guidé et donné toutes les informations nécessaires pour développer ce travail,

Nous adressons également nos remerciements à Mme. Mahdid, pour avoir accepté de juger et présider le jury

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre gratitude à Mme. Benzouai. S, et Mme. Keraghel. M, pour avoir accepté d'examiner et juger ce modeste travail et pour avoir accepté de nous aider et guider dans la partie pratique de notre mémoire

Un grand Merci à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, même avec un bon mot gentil ou une prière.

Table des matières

Introduction	10
Chapitre 01 : Synthèse bibliographique.....	13
1. Qu'est-ce qu'un diagnostic ?	14
2. Les types de pressions subis par le littoral.....	14
3. Les étapes d'un diagnostic du littoral.....	15
4. La littoralisation.....	16
5. Exemples de diagnostic du littoral à l'échelle mondiale.....	18
6. Législation au niveau national	20
Chapitre 02 : Présentation du contexte générale de la zone d'étude.....	22
1. Présentation et description de la zone d'étude.....	23
1.1. Localisation géographique de la wilaya de Tipasa.....	23
1.2. Le cadre administratif de la wilaya	24
1.3. Cadre géomorphologique.....	24
1.4. Le littoral entre Chenoua et Mazafran	28
1.5. Le cadre géologique	28
1.6. Le cadre hydrologique.....	29
2. La croissance démographique en Algérie	30
Chapitre 03 : Matériels et méthodes	32
1. L'acquisition des données.....	34
1.1. Téléchargement des données landsat.....	34
1.2. L'acquisition de limites administratives des communes de la wilaya de Tiapsa.....	37
2. Prétraitement des données raster.....	37
2.1. Prétraitement des bandes spectrales	37
2.2. Prétraitement des bandes thermiques.....	38
3. Traitement des données.....	40
3.1. Calculer les indices et différences indices	40
3.2. La classification binaire des images NDVI, EBBI et UI.....	43
3.3. La superposition des images d'indices NDVI avec EBBI et NDVI avec UI	44
3.4. Création de trait de côte	44
3.5. Créations des bandes littorales.....	44

3.6. Convertir les images rasters aux vecteurs.....	44
3.7.Calcul des superficies.....	45
Chapitre 04 : Résultats et discussion	46
I. Résultats et analyses du changement	47
1. Résultats de l'évolution des indices NDVI, EBBI et UI sur la zone d'étude pendant la période de 1990 à 2021.....	47
2. Résultats des superpositions des images d'indices NDVI / EBBI et NDVI / UI..	48
3. Résultats des différences indices	50
3.1.Tipasa.....	50
3.2.Ain Tagourait.....	52
3.3.Bouharoun	54
3.4.Khemisti.....	56
3.5.Bousmail.....	58
3.6.Fouka.....	60
3.7.Douaouda.....	62
4. Analyse du changement	64
4.1.La commune de Tipasa.....	64
4.2.La commune de Khemisti.....	65
II. Discussion générale.....	66
Conclusion.....	77
Références bibliographiques.....	80
Annexes	83

Liste des figures

Figure 01 : les bandes littorales délimitées par la loi 02-02 du 05/02/2002

Figure 02 : Situation géographique de la zone d'étude dans la wilaya de Tipasa en Algérie.

Figure 03 : Carte des limites administratives de la wilaya de Tipasa

Figure 04 : falaise du mont Chenoua

Figure 05 : Dunes consolidées d'Anses de Kouali

Figure 06 : Cordon dunaire de Colonel Abes-Douaouda

Figure 07 : Carte géologique de la partie Est de la wilaya de Tipasa

Figure 08 : Carte hydrologique de la partie Est de la wilaya de Tipasa

Figure 09 : Carte de l'évolution d'indice NDVI sur la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 10 : Carte de l'évolution d'indice EBBI sur la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 11 : Carte de l'évolution d'indice UI sur la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 12 : Carte de la différence de superposition entre l'image d'indice NDVI et EBBI sur les communes côtières de l'Est de Tipasa en 2021

Figure 13 : Carte de la différence de superposition entre l'image d'indice UI et NDVI sur les communes côtières de l'Est de Tipasa en 2021

Figure 14 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Tipasa et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 15 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Tipasa et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 16 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune d'Ain Tagourait et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 17 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune d'Ain Tagourait et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 18 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Bouharoun et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 19 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Bouharoun et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 20 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Khemisti et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 21 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Khemisti et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 22 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Bousmail et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 23 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Bousmail et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 24 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Fouka et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 25 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Fouka et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 26 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Douaouda et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 27 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Douaouda et ses bandes littorales de 1990 à 2021

Figure 28 : les superficies du changement en (km²) de différence UI pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 29 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 3 km pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 30 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 800m pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 31 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 300m pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 32 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 100m pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

Figure 33 : la carte d'occupation du sol de la partie Est de Tipasa

Liste des Tableaux

Tableau 01 : les plages de la partie Est de Tipasa et ses types

Tableau 02 : Evolution de la population des communes littorales de la wilaya de Tipasa à travers les différents RGPH

Tableau 03 : tableau explicatif des étapes de travail

Tableau 04 : Les caractéristiques de satellite « landsat 5 TM »

Tableau 05 : les caractéristiques de satellite « landsat 8 OLI/TIRS »

Tableau 06 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Tipasa et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 07 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune d'Ain Tagourait et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 08 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Bouharoun et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 09 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Khemisti et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 10 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Bousmail et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 11 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Fouka et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 12 : Résultats récapitulatif des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Douaouda et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Tableau 13 : Les résultats d'urbanisation de la commune de Tipasa par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Tableau 14 : Les résultats de l'urbanisation de la commune d'Ain Tagourait par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Tableau 15 : Les résultats de l'urbanisation de la commune de Bouharoun par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Tableau 16 : Les résultats de l'urbanisation de la commune de Khemisti par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Tableau 17 : Les résultats de l'urbanisation de la commune de Bousmail par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Tableau 18 : Les résultats de l'urbanisation de la commune de Fouka par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Tableau 19 : Les résultats de l'urbanisation de la commune de Douaouda par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Liste des équations

Equation 01 : Radiance spectral pour les données Landsat 5 TM

Equation 02 : Radiance spectral pour les données Landsat 8 OLI/TIRS

Equation 03 : indice de NDVI

Equation 04 : indice de NDVI pour les données Landsat 5 TM

Equation 05 : indice de NDVI pour les données Landsat 8 OLI/TIRS

Equation 06 : différence d'indice NDVI

Equation 07 : indice d'EBBI

Equation 08 : indice EBBI pour les données Landsat 5 TM

Equation 09 : indice EBBI pour les données Landsat 8 OLI/TIRS

Equation 10 : différence d'indice EBBI

Equation 11 : indice d'UI

Equation 12 : indice UI pour les données Landsat 5 TM

Equation 13 : indice UI pour les données Landsat 8 OLI/TIRS

Equation 14 : différence d'indice UI

Liste des abréviations

CNL : Commissariat National du Littoral.

CNRDPA : Centre National de Recherche et Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

CRF : Centre de Repos Familial

DN : Digital Number.

DPSB : Direction de Programmation et du Suivi Budgétaires.

EBBI : Indice de développement et de nudité (Enhanced Built-Up and Bareness Index).

ENSM : École Nationale Supérieure Maritime

ESA : Agence spatiale européenne (European Space Agency).

ID : identifiant (Add Data).

IRCL : Infrarouge de Courte Longueur d'onde (Short Wave Infrared, abrégé SWIR).

IRM : Infrarouge moyen (medium infrared).

ISM : Institut Supérieur Maritime

IRT : Infrarouge thermique (Thermal infrared).

LPGS : système de génération de produits landsat (Landsat Product Generation System).

MTL : Metadonnées (Mouth To Lung)

NDVI : indice de végétation par différence normalisé (Normalized Difference Vegetation Index).

NASA : Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (National Aeronautics and Space Administration).

NLAPS : National Land Archive Production System.

OLI : Imageur terrestre opérationnel (Operational Land Imager).

PIR : Proche Infrarouge.

PAN : Panchromatic.

RGPH : Le Recensement General de la Population et de l'Habitat.

SIG : Système d'Informations Géographiques.

TIRS : capteur infrarouge thermique (Thermal Infrared Sensor).

TM : Thematic Mapper (Thematic Mapper).

UI : Indice urbain (urban index).

USGS : Institut d'études géologiques des États-Unis (United States Geological Survey).

UTM : La projection transverse universelle de Mercator (Universal transverse Mercator).

VCID : visual channel identifiant

WGS : système géodésique mondial (world geodetic system).

Introduction

Problématique

Les littoraux sont des espaces particulièrement fragiles du fait de leur mobilité permanente, de la variété des écosystèmes qu'ils englobent et des transformations qu'ils subissent (**Ghodbani et Bougherira, 2019**). Le littoral subit une forte pression anthropique en raison de son attractivité qui augmente avec l'augmentation de la disponibilité des opportunités économiques et des équipements publics qui facilitent la vie humaine et répondent à leurs besoins. Cette augmentation est en ligne avec la montée des activités humaines, au point de provoquer une artificialisation des sols. (**Rabehi et al., 2019**)

Le littoral subit des pressions naturelles de type : inondations, les marées, les volcans et l'érosion, et des pressions anthropiques tel que la pollution maritime volontaire et tellurique, l'artificialisation, Dans le cadre de cette étude, nous avons concentrés uniquement sur le phénomène d'urbanisation

Aujourd'hui, 91 % de la population algérienne vit le long de la côte méditerranéenne sur 12 % de la surface totale du pays et près de la moitié de la population est urbaine (**MATE, 2006**).

Tipasa représente un pôle démographique du littoral algérien. L'extension des centres urbains de cette wilaya a entraîné une consommation considérable de l'espace (occupation du sol) (**Touat, 2016**). Par conséquent, nous assistons aujourd'hui à l'apparition de grands ensembles d'habitat collectif à proximité des rivages de la mer et à des constructions individuelles éparpillées. Il est à signaler que ces emprises importantes se sont faites sur des zones agricoles et touristiques.

Objectif

Notre projet de fin d'étude porte sur le versant oriental de littoral de Tipasa qui se compose de 07 communes côtières (Douaouda, Fouka, Bou Ismaïl, khemisti, Bouharoun, Ain Tagourait, Tipasa). Au gré des différents découpages administratifs qu'elle a connus, son réseau urbain a subi différentes mutations, dues en général aux fréquents bouleversements (économique, sociale, politique et sécuritaire).

Récemment plusieurs travaux ont été réalisés pour estimer de cartographie le taux d'urbanisation que subit le littoral Algérien que ce soit à l'échelle locale tel que le travail de : BENFERCHICHE en 2018 qui a fait un essai d'analyse de la situation d'artificialisation des sols dans le domaine littoral algérien, pour évaluer le niveau de l'artificialisation des sols côtiers

dans les wilayas d'Oran et de Tipaza. Le travail de SOLTANI et BOUMEZBEUR en 2019 qui ont fait une étude approfondie basée sur plusieurs méthodes, et type de données satellitaires a été élaborée afin de cartographier et d'estimer le taux d'artificialisation des sols au niveau des communes côtières de la wilaya de Annaba durant les deux dernières décennies. A l'échelle nationale tel que le travail de DAHAOUI et BERKISSA en 2020 qui ont utilisés la télédétection du changement par deux techniques qui sont : la classification multi-temporelle et celle de différence d'indice EBBI après seuillage, qui se basent sur le calcul de la superficie de changement dans les trois dernières décennies, afin de quantifier l'artificialisation le long du littoral algérien. Mais sans qu'il y ait une évaluation de leurs résultats, ou vérification (validation) sur le terrain.

Donc faire un diagnostic sur la pression exercé sur le littoral Est de Tipasa est nécessaire pour un objectif principal, qui est l'estimation du taux de littoralisation et précisément le taux d'urbanisation dans les 07 communes côtières de l'Est de la wilaya de Tipasa. Aussi pour réaliser des cartes d'occupation du sol à l'aide des images satellitaires. Cela permet de savoir dans quelle mesure la loi 02-02 est respectée et quelle sont les mesures à prendre pour limiter la littoralisation dans cette zone.

Organisation du manuscrit

Ce travail s'articule sur quatre grands chapitres :

- le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les notions générales du diagnostic environnemental et ses étapes de mise en œuvre, ainsi que la définition de la littoralisation et ces conséquences.
- le deuxième chapitre concerne la présentation du contexte général du littoral Est du Tipasa et les pressions exercées sur ce milieu (population, activités économiques, etc.), en se concentrant notamment sur la présentation et la description de la zone d'étude.
- le troisième chapitre détaille et explique la méthodologie proposée et suivie.
- Enfin, le quatrième chapitre englobe les résultats obtenus ainsi que la discussion de ces derniers.

Ce travail a abouti à une conclusion générale.

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

1) Qu'est-ce qu'un diagnostic ?

Le diagnostic du territoire est constitué d'une démarche de développement territorial, « conçu comme l'augmentation de la capacité des acteurs d'un territoire à maîtriser les processus qui les concernent » (**Deffontaines et al., 2001**). Il constitue l'outil à privilégier pour la prise en compte et l'intégration durable de ces milieux au sein de tout projet d'urbanisme. Il permet de formuler un jugement sur la cohérence de territoire.

Le diagnostic de territoire s'applique à différentes échelles (national, régional, local) et pour différents objectifs. Ces différentes situations ont toutes en commun la recherche de synergies entre des processus naturels (l'érosion) et des activités humaines (l'urbanisation) avec la volonté de transformer le territoire (**Sylvie et Vincent, 2005**).

Le diagnostic constitue une analyse dynamique et prospective du territoire permettant de comprendre et d'en dégager les enjeux stratégiques. Il résulte de la mise en perspective des différentes composantes du territoire et analyse leurs dysfonctionnements, leurs atouts et leurs tendances d'évolution afin d'envisager les différents futurs possibles pour le territoire. Bien que l'approche permettant son élaboration soit libre de manière à être plus appropriée au contexte local (**Rodriguez et al., 2007**).

Le diagnostic du littoral est un processus qui permet de suivre l'évolution du littoral et de connaître les différents changements qui s'y produisent dans le temps, il permet aussi de montrer les points forts et les points faibles, ainsi que les menaces du littoral, il recherche également les causes du déséquilibre et les axes de progrès. Il constitue un instrument essentiel dans le processus de développement du littoral (**Senil et al., 2006**).

Le diagnostic du littoral est donc une condition essentielle à toute procédure d'aménagement sur le littoral et de plus en plus à toute action de développement local. Il n'est pas juste un état des lieux d'une situation ou la photographie d'un espace donné, mais aussi un pouvoir d'agir des acteurs du secteur du littoral (**Lardon et Piveteau, 2005**).

2) Les types de pressions subis par le littoral

Le littoral est exposée à deux types de pressions qui conduisent à l'instabilité du littoral : la pression naturelle qui est due par l'influence de la nature (inondations, feux de forêts, érosion, les marées...) et la pression anthropique qui est due par l'effet de l'homme (littoralisation, coupe à blanc des forêts, rejets illicites des ordures ou des déchets ménagers ou industriels, exploitation illicite du sable des plages...). Où notre étude se limite à étudier la pression

anthropique, particulièrement le phénomène de littoralisation (urbanisation au niveau de littoral)

3) Les étapes de réalisation d'un diagnostic du littoral

Le diagnostic du littoral de notre étude consiste à analyser les différents phénomènes côtiers anthropiques et leur impact sur le littoral, afin de déterminer les forces, les faiblesses et les axes d'amélioration, ce diagnostic passe par plusieurs étapes :

- **Connaitre l'état de la zone d'étude**

L'état du lieu peut être déterminé en posant plusieurs questions, y compris :

- Quel est l'état des côtes dans notre zone d'étude ? Quels changements affectent ces côtes ?

Il faut savoir le type de diagnostic qu'il soit d'un phénomène naturel ou anthropique, la localisation de la zone d'étude (limites géographiques et administratives de la zone d'étude), la date de début et de fin de l'inventaire et éventuellement l'évolution de l'état de la zone d'étude. Une description plus précise permettra d'anticiper d'éventuels conflits

Recueillir des données anciennes et actuelles sur la zone d'étude et faire une comparaison entre les deux

- **Recueillir les données**

Nous pouvons recueillir deux types de données :

- Des données quantitatives : présentées par des valeurs, elles permettent de mesurer ou apprécier l'état de la zone d'étude, d'une évolution et pour préciser les résultats
- Des données qualitatives : elles sont des observations de certains phénomènes sur le littoral. Elles permettent de décrire des faits à travers l'évaluation des différences

- **Définir une stratégie d'action**

Une stratégie pour tout phénomène est déterminée par l'utilisation de plusieurs outils en fonction du type de phénomène et de la manière dont il est étudié

- **Analyser les données**

Les données sont analysées afin d'évaluer pleinement les risques et avantages potentiels du phénomène étudié

- **Discuter les résultats**

Les résultats sont discutés là où il faut le signaler s'il y a un changement dans le phénomène de manière négative ou positive, ou dans un cas où aucun changement ne s'est produit, avec les raisons mentionnées. Cette étape est pour prendre des décisions futures

4) La littoralisation

Presque partout dans le monde, les côtes, en particulier dans les pays industrialisés et les pays en développement, sont soumises à de fortes pressions qui les attaquent, menacent leur équilibre naturel et compromettent la richesse de toutes les espèces qu'elles contiennent. Pour remédier à la situation, les pouvoirs publics recherchent généralement des mesures pour préserver les zones sensibles de l'appétit massif des promoteurs de toutes nuances, qu'il faut éviter (**Lebreton et Grosvalet, 2012**).

Les activités humaines regroupent essentiellement les activités industrielles, les implantations urbaines et le développement touristique. La dégradation du milieu littoral par l'activité humaine correspond à une modification de l'équilibre naturel susceptible de mettre en danger la santé de l'homme, de nuire aux ressources biologiques, à la flore et la faune, de porter atteinte aux agréments ou gêner toutes autres utilisations légitimes de la mer (**Merenne, 2008**).

L'attraction exercée par les littoraux dans la plupart des contrées du monde, et sur le pourtour méditerranéen en particulier, se traduit par une densification constante des zones côtières aux lourdes conséquences territoriales et environnementales, ce qu'on appelle le phénomène de littoralisation (**Gamblin, 1998**).

Le terme « littoralisation » recouvre à la fois l'ensemble des processus qui induisent la densification des espaces côtiers et le résultat de ces processus. L'attraction des espaces littoraux est un phénomène bien connu, qui touche à des degrés divers toutes les zones du globe, cette tendance est particulièrement marquée autour de la Méditerranée où la littoralisation s'exerce depuis de nombreuses décennies et se poursuit aujourd'hui en se complexifiant. Or, quelle que soit l'origine du phénomène. Les deux phénomènes sont étroitement inter-reliés dans une boucle de causalité circulaire (**Voiron-Canicio, 1999**).

La littoralisation est le concept qui signifie l'urbanisation totale et linéaire de la bande littorale qui s'oppose à des espaces intérieurs qui se vident de leur substance et de leurs habitants. Elle représente le processus fréquemment observé de concentration des populations et des activités humaines le long ou à proximité des littoraux. En Algérie, les études sur le phénomène de la

littoralisation sont multiples. Cependant, l'analyse de son impact sur l'environnement et la gestion spatiale, est faiblement abordée (**Ghodbani et Berrahi-Midoun, 2013**).

L'urbanisation en Algérie est un phénomène fort ancien par ses racines : les civilisations romaine, puis arabe, furent à base citadine. Mais c'est en même temps un phénomène très récent par son ampleur : c'est durant les quarante dernières années qu'il a pris cette allure d'explosion urbaine qui a bousculé les paysages, les mentalités et la société elle-même (**Cote, 1994**).

Fondamentalement, l'urbanisation procure de nombreux avantages à la population en termes de développement humain. Et lorsqu'elle est rapide et incontrôlée, elle génère des impacts négatifs sur la pérennité des ressources environnementales : naturelles et artificielles, le développement de la pauvreté, la croissance des inégalités sociales, voire des formes de fragilité urbaine (**Opoko et Oluwatayo, 2014**).

➤ **Les facteurs de littoralisation :**

Les principaux facteurs de littoralisation sont liés à la forte concentration démographique, où la majorité de la population mondiale vit dans les zones côtières. Il y a plusieurs raisons qui expliquent que cette population est concentrée sur les côtes :

Les zones côtières recèlent de nombreuses richesses dans les domaines biologiques et environnementaux, en plus d'être une source de diversité des écosystèmes qui reflètent la diversité, la complexité et l'attractivité des zones côtières. Ainsi les éléments naturels qui composent la zone côtière lui confèrent également une essence physique qui s'exprime à travers une variété de paysages proches de la mer. Donc la concurrence entre l'exploitation des ressources naturelles et l'appropriation du foncier littoral (**Ghodbani, 2010**).

Ensuite, étant donné les possibilités offertes par la mer en termes d'alimentation, de transport et de commerce, une analyse remarquable qui a été faite par rapport à la Méditerranée et a montré que l'utilisation des côtes est avant tout affaire de civilisation. Certes, l'aspect des côtes qu'elles soient sablonneuses, marécageuses ou rocheuses, leur accessibilité depuis la terre ou la mer, la facilité de débarquement ou d'entrée dans des zones reculées, etc. Ils apparaissent comme autant de facteurs qui facilitent ou limitent l'implantation des individus et leurs activités. L'ouverture sur le monde après les grandes expéditions, surtout la révolution des transports à la fin du XIXe siècle ont fait émerger les échanges commerciaux et les activités qui les accompagnent, l'émergence de grands ports et la mondialisation de l'économie dans le dernier quart du XXe siècle. Le développement de ces activités a entraîné une urbanisation massive de la région. Et

l'essor des loisirs et de la villégiature estivale ont engendré concurremment une approche culturelle du bord de mer (**Ghodbani et Berrahi-Midoun, 2013**).

En fin, à l'échelle du relief : les zones côtières sont des zones des basses plaines, elles sont caractérisées par un climat tempéré et des beaux sols donc la plupart des gens préfèrent vivre dans ces zones d'une part, pour pouvoir pratiquer l'agriculture. D'autre part, pour acheter, construire ou louer une résidence secondaire pour profiter des vacances. Et malheureusement tout ça conduit à l'augmentation de la densité de population dans le littoral (**Noï, 1999**).

➤ **Les conséquences de littoralisation :**

- ❖ Le déséquilibre des écosystèmes marins dû à la surexploitation de la population vivant près de la mer
- ❖ La dégradation du paysage.
- ❖ Déclin progressif de la vie marine, y compris animaux et plantes de plage.
- ❖ Les eaux usées rejetées dans les mers par les riverains sont une source majeure de pollution des plages. le rejet de cette eau gâche la qualité de l'eau de mer, car elle change de couleur et d'odeur.
- ❖ Des effets négatifs sur l'environnement et la santé publique, qui dénaturent le côté esthétique des plages
- ❖ La rareté des ressources en eau et l'augmentation de la demande en eau dans les zones côtières, qui conduit à opter pour le dessalement industriel de l'eau de mer pour répondre aux besoins en eau des villes côtières. Ce qui conduit à une augmentation de la salinité de la mer, ce qui entraîne une modification des propriétés physiques et chimiques de l'eau de mer. D'où, la mort de certaines espèces marines qui ne supporte pas de vivre dans les zones où il y a une forte salinité.

5) Exemples de diagnostic du littoral à l'échelle mondiale

- **Diagnostic d'évolution du littoral d'une partie du delta du fleuve Kouge au Viêt-nam par télédétection multidate :**

Cette étude a été effectuée pour l'objectif d'observer et d'analyser l'évolution du littoral d'une partie du delta du fleuve Rouge et de faire le bilan accrétion-érosion entre 1980 et 1991 en utilisant des photographies aériennes et des images satellitaires. Le territoire à l'étude comprend près de 14 km de côte, la limite de végétation est utilisée pour délimiter la ligne de rivage sur les photographies aériennes de 1980 et de 1986, lesquelles ont été numérisées à l'aide d'un

système d'information géographique. Ensuite, les fichiers obtenus sont fusionnés pour obtenir les lignes de rivages des deux années sur un même fichier. Pour obtenir le bilan accrétion-érosion, il a été utilisé un logiciel de traitement d'image pour réaliser un fichier matriciel avec un masque binaire pour 1980 et un autre pour 1986. La correction géométrique a été appliquée aux images de 1986 et 1991 par la suite Préparation d'indices de végétation à l'aide de bandes dans le proche infrarouge et rouge. Le processus qui était précédemment utilisé dans les photographies aériennes est répété (Trépanier, 1996).

▪ **L'étude de la littoralisation et ségrégation socio-spatiale : le cas du quartier Balmer de San-Pédro (Côte d'Ivoire) :**

Où est étudié des rapports entre littoralisation et ségrégation se pose avec intérêt dans le champ de la géographie. Les processus de ségrégation et de différenciation sociale sont de plus en plus récurrents sur le littoral. Dans ce cadre, la présente contribution dresse un état des lieux des différentes modalités de littoralisation et s'intéresse aux différents réseaux d'acteurs littoraux ainsi qu'aux facteurs qui sont à l'origine de la ségrégation socio-spatiale dans le secteur littoral de Balmer. S'appuyant sur une revue de littérature, une enquête par questionnaire, des entretiens semi-directifs et une observation directe, les principaux résultats de l'étude indiquent que la littoralisation de Balmer a été induite par une économie résidentielle, touristique et un dynamisme des activités industrielles, halieutiques et informelles. En outre, il ressort de cette réflexion que cette littoralisation est l'apanage d'une population hétérogène (riche et pauvre, locale et étrangère) qui se livre une compétition pour l'accès à la plage, aux services gastronomiques et de loisirs. Il en résulte une opposition spatio-temporelle dans la fréquentation de ces espaces par ces différents groupes sociaux. Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que les causes principales des gains de terrain observés à certains endroits lors de cette étude sont l'apport important de sédiments véhiculés par le fleuve Rouge et déversés aux différents exutoires, en plus de l'endigement littoral. Les agents de transport comme la dérive littorale ou encore les courants de marée redistribuent les sédiments vers les secteurs plus calmes de la côte ou encore sur les nombreuses îles-barrières présentes dans le territoire à l'étude. Souvent, suite à la dérive littorale, l'accumulation s'effectue en amont des épis de blocs stratégiquement disposés par les hommes. De plus, lors des tempêtes, des sédiments provenant des hauts-fonds viennent sûrement s'y ajouter. L'érosion observée dans certains secteurs résulte principalement de l'action des vagues qui arrachent les sédiments du littoral pour, grâce aux agents de transport, les redéposer dans des endroits prédisposés (Gohourou et al., 2020).

5. Législation au niveau national

Dans le cadre du développement durable et la mise en place d'une nouvelle structure en Algérie pour la protection de l'environnement, comme le Ministère de l'environnement (ME), des décisions politiques ont été prises pour mieux protéger les milieux naturels fragiles côtiers. Un grand nombre de textes juridiques ont également été promulgués depuis 1990. Dans ce contexte, il est fait référence à la loi 90-92 (1990) relative à l'aménagement et à l'urbanisme, la loi 01-20 (2001) relative à l'aménagement et développement durable du territoire et à la loi 02-02 (2002) relative à la protection et à la valorisation du littoral

La loi du littoral contient plusieurs articles qui ont pour objet de mobiliser l'ensemble des moyens requis pour la protection des zones littorales ou côtières sensibles ou exposées à des risques environnementaux particuliers. Il comprend toutes les îles, îlots et le plateau continental, ainsi qu'une bande de terre d'au moins huit cent mètres de large. Longeant la mer et incluant : les versants de collines et montagnes, visibles de la mer et n'étant pas séparés du rivage par une plaine littorale, les plaines littorales de moins de 3 km de profondeur à partir des plus hautes eaux maritimes. L'intégralité des massifs forestiers, les terres à vocation agricole, l'intégralité des zones humides et leurs rivages dont une partie se situe dans le littoral à partir des plus hautes eaux maritimes tel que défini ci-dessus et les sites présentant un caractère paysager culturel ou historique (article 07), aussi cette loi permet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral (article 01) et de protéger l'état naturel du littoral (article 05). Ce cadre a prévu également des entités locales d'arbitrages des activités dans les zones côtières sensibles et fragiles sont également prévues par la législation, notamment les Conseils de Coordination Côtière.

La loi 02-02 délimite trois bandes dans le littoral tel que défini à l'article 7, dans lesquelles sont édictées des restrictions relatives à l'urbanisation (Fig.1) :

- **la bande 1** : est la bande inconstructible des 100 mètres instaurée par la loi 90-29, 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). Les conditions et les modalités d'extension de cette zone et d'autorisation des activités permises sont fixées par voie réglementaire.
- **la bande 2** : qui est d'une largeur de 800 mètres, dans cette bande 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.

- **la bande 3** : dont la largeur est de 3 kilomètres, dans cette bande sont interdites : toute extension longitudinale du périmètre urbanisé, c'est-à-dire toute extension parallèle au rivage, l'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral à moins que la distance les séparant soit de 5 kilomètres au moins, les voies de transit nouvelles parallèles au rivage.

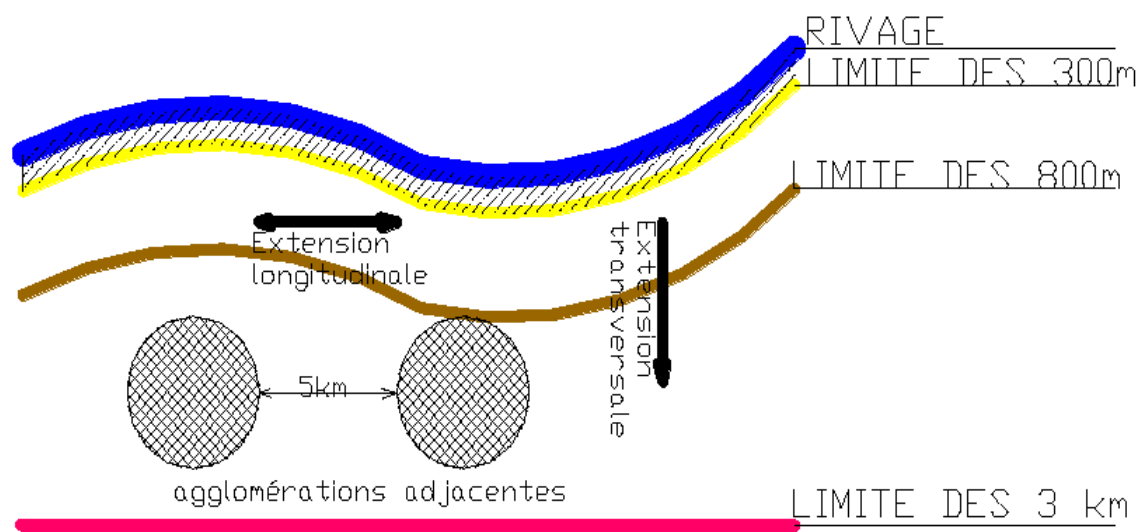


Figure 01 : Les bandes littorales délimitées par la loi littorale 02-02 du 05/02/2002

Les constructions et les occupations du sol directement liées aux fonctions des activités économiques autorisées par les instruments d'urbanisme dans cette bande des 3 kilomètres sont réglementées.

**Chapitre 02 : présentation
du contexte général de la
zone d'étude**

1. Présentation et description de la zone d'étude

Pour des raisons de manque de documents de références, nous avons été obligé de revoir la zone d'étude qui est initialement toute la wilaya de Tipasa. Par conséquent, nous avons optés pour le côté Est seulement.

1.1. localisation géographique de la wilaya de Tipasa

Tipasa est une wilaya côtière du Nord centre, elle occupe une position stratégique faisant face à la mer méditerranéenne sur un linéaire côtier de 145,81 km. Elle est limitée à l'Est par Oued Mazafran, limite de la wilaya d'Alger, et à l'ouest par Oued Damous limite de la wilaya de Chlef. Sa superficie est de 1725 Km². La wilaya est localisée dans la latitude : 36° 35' 31" Nord et longitude : 2° 26' 58" (CNL-Tipasa). Elle est limitée géographiquement par (Fig.2) :

- La mer Méditerranée au nord
- La wilaya d'Alger à l'est
- La wilaya d'Aïn Defla et Blida au sud
- La wilaya de Chlef à l'ouest.

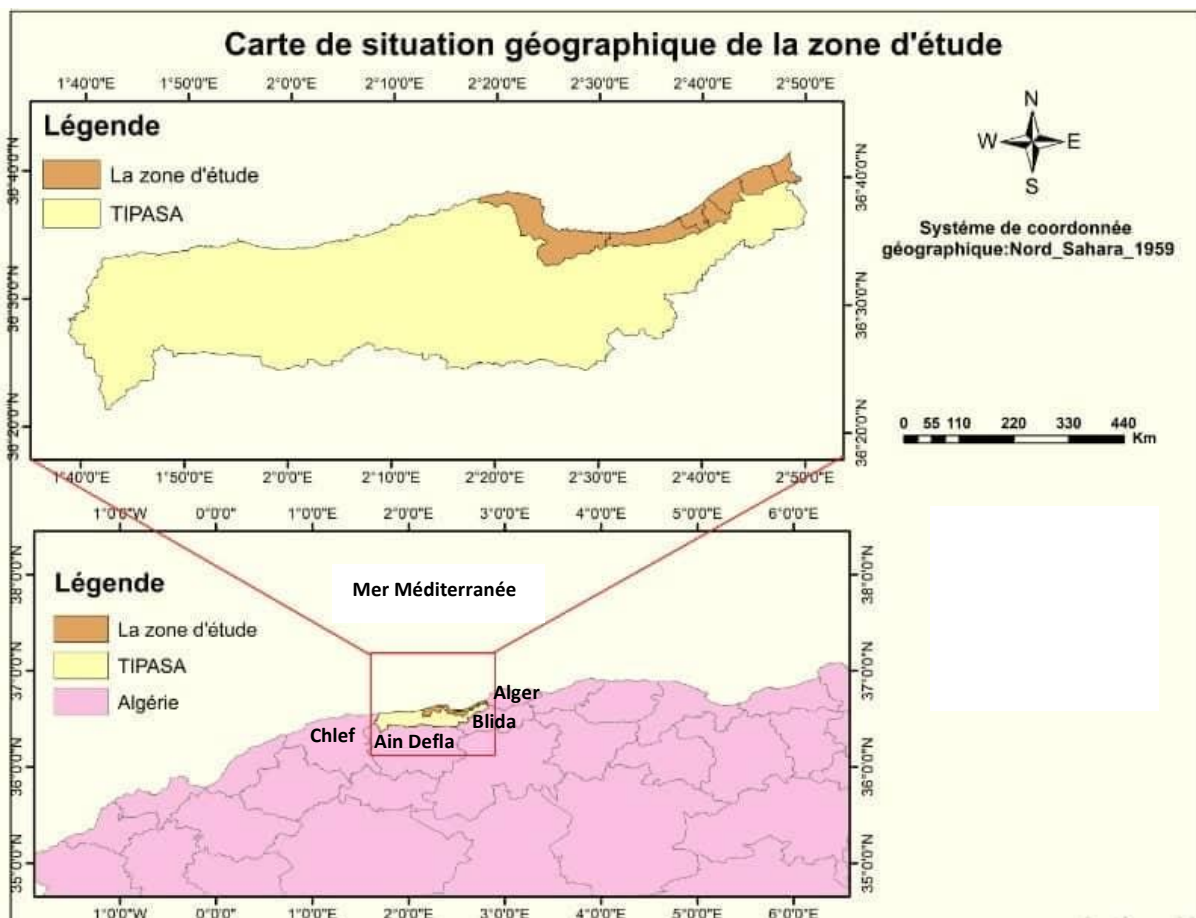


Figure 02 : Situation géographique de la zone d'étude dans la wilaya de Tipasa en Algérie.

1.2. le cadre administratif de la wilaya

La wilaya de Tipasa comprend 28 communes dont 16 communes littorales qui sont d'Est en Ouest : Douaouda, Fouka, Bousmail, Khemisti, Bouharoun, Ain Tagourait, Tipasa, Sidi Rached, Nador, Cherchell, Sidi Ghiles, HadjretEnnousse, Messelmoun, Gouraya, Larhat et Damous (Fig.3) :

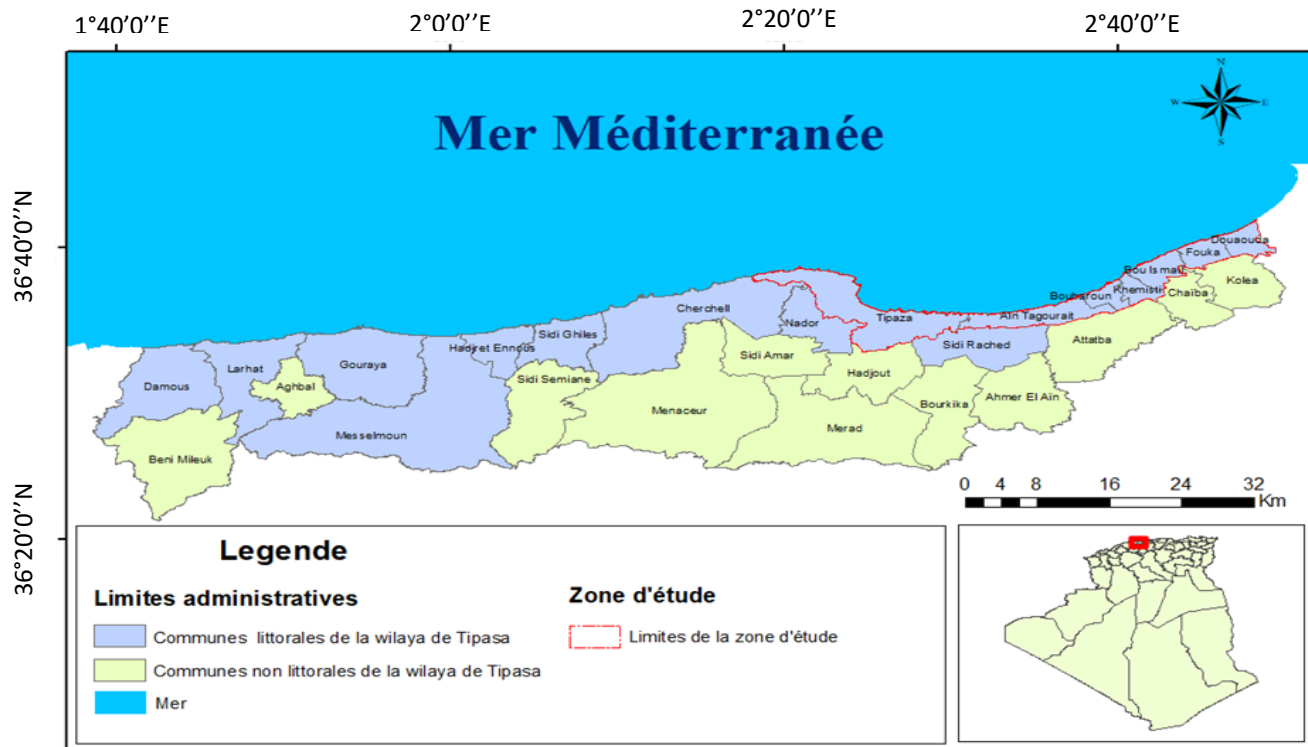


Figure 03 : La carte des limites administratives de la wilaya de Tipasa

Remarque :

La commune de Sidi Rached n'est pas littorale, elle a été annexée au domaine littoral par souci de préservation des sites archéologiques se trouvant sur son territoire. L'agglomération chef-lieu est à l'extérieur du domaine littoral

La commune de Nador est annexée au domaine littoral de la wilaya à cause de la présence du mont du Chenoua dans son territoire, qui couvre près de 1994,70 ha, soit 64,66% de la surface totale de la commune (CNL-Tipasa)

1.3. le cadre géomorphologique

Le littoral de la wilaya de Tipasa offre des aspects contrastés dans l'organisation de ses structures et de ses paysages morphologiques. La partie côtière de l'Est de Tipasa contient des côtes sableuses (la plage de Chenoua, la plage de Colonel Abas) et des côtes rocheuses (Anses

de Kouali). Tandis que la majeure partie Ouest de Tipasa contient principalement des falaises (sidi ghiles, Sidi Braham-Gouraya, rouge-Cherchell), où il y a des falaises entaillées dans des roches dures et des falaises entaillées dans des roches tendres.

1.3.1. Les falaises du mont Chenoua

Dans la partie comprise entre Ras El Amesfout et la plage Chenoua, la côte rocheuse est remarquable par ses falaises calcaires, schisteuses, conglomératiques et gréseuses. Ces falaises abruptes forment en certains points comme au pied du Chenoua un pic de 905 m, ici la côte est élevée et extrêmement escarpée (Fig. 4). Il y a des falaises vives en relation directe avec la mer, et des falaises mortes qui se trouvent actuellement en position de retrait au rivage, laissant derrière elles des plages sableuses et des éboulis.



Figure 04 : falaise du mont Chenoua (CNL- Tipasa)

1.3.2. La plaine côtière

La plaine de Tipasa s'inscrit dans une large cuvette en forme d'hémicycle qui continue à se glisser et s'enfoncer sous le massif de Chenoua en le soulevant depuis plus de 200 000 ans. Ces mouvements morpho - tectoniques rendent instable le substrat de Tipasa et se forment des zones de ruptures par flexion sur la roche et provoquent des zones d'effondrement en bloc des promontoires côtiers. La succession des criques et des promontoires est donc conséquence de ces mouvements.

1.3.3. Les plages de Tipasa

Les plages sont localisées essentiellement à l'embouchure des oueds, ce sont des zones sableuses élaborées avec des matériaux autres que la vase des sables fins, des graviers ou des blocs. Ces sédiments parviennent sur les plages de trois façons : le transport de l'intérieur des terres vers la plage par les rivières, le transport le long de la côte (dérive littorale) et l'érosion

des dunes, des microfalaises et des falaises. Ce sont de grandes plages de longueur moyenne 800 m et 50 m de largeur. L'arrière des plages sont pour la plupart des plaines alluviales (Tableau 1).

Tableau 01 : les plages de la partie Est de Tipasa et ses types

Daira	Commune	Plage	Type
Fouka	Douaouda	Colonel Abes	Sableuse
		CRF Douaouda	Sableuse
		Colonel Haouas	Sableuse
Bousmail	Bousmail	Front de mer	Sableuse
		Sidi Bou Maaza	Sableuse
	Khemisti	Plage centre	Sableuse
	Bouharoun	La fermette	Sableuse
	Ain Tagourait	Maheidine	Sableuse
	Ain Tagourait	Plage centre	Sableuse
Tipasa	Tipasa	Kouali	Rocheuse
		Corne d'Or	Sableuse
		Matares	Sableuse
		CRF	Sableuse
		Touring	Sableuse
		Chenouna	Sableuse
		Karoubier	Mixte (mélange)
		Belhacine	de sable grossier
		Les pins	gris/noir
		Si Tayeb	Gravier
		El Beldj	Sableuse
		Plage bleu	Sableuse
		Ben Ouda	Mixte (mélange)

1.3.4. Les dunes de la wilaya de Tipasa

Les dunes résultent d'une accumulation de sable transporté par le vent. Elles sont très dynamiques, car elles changent de formes au gré des vents. Les formations dunaires littorales

en particulier les dunes bordières, ont un rôle fondamental dans l'équilibre sédimentaire des plages, le maintien d'une biomasse spécifique, la protection des activités humaines ainsi que les ouvrages réalisés par l'homme

Les dunes consolidées

Les dépôts consolidés dunaires (ou parfois marins) quaternaires bordent toute la côte au pied de l'anticlinal du Sahel, entre la baie du Chenoua et Fouka. Le relief littoral d'ensemble est ainsi disposé : la dune consolidée descend par endroits progressivement jusqu'à la mer. En formant des pointes basses entre ces pointes s'ouvrent des criques, bordées par des falaises dont l'altitude se relève vers l'intérieur et dans le fond desquelles aboutissent de petits oueds venant de l'anticlinal du Sahel. Il arrive, notamment entre Tipasa et Bérard, que les dunes du quaternaire forment une ondulation parallèle à la plage qui a été préservée par consolidation (**Guilcher, 1954**)

La plupart des dunes consolidées sont en érosion par contre les Anses de Kouali sont des dunes stables qui expliquent l'effet d'érosion marine ou les zones à l'abri ou exposée directement à l'hydrodynamique (Fig. 5).



Figure 05 : Les dunes consolidées d'Anses de Kouali

Exemple des dunes de douaouda

- La dune bordière de Douaouda est située à l'embouchure de l'oued Mazafran. Le site est caractérisé par l'étalement d'une plage (Colonel Abbès) sur 2240 m du SW au NE et limité par Oued Mazafran et Douaouda Marine. Au-delà de l'arrière plage au SE, s'élève rapidement une grande masse sableuse. A l'arrière de la dune s'allonge l'anticlinal du Sahel dominant la mer d'une centaine de mètres d'altitude sauf à l'embouchure de l'oued Mazafran. Sur le cordon dunaire, la végétation couvre les zones Sud Est (Fig. 6)

- La faible bathymétrie de l'avant côte, la nature sableuse du fond marin et la position géographique de Douaouda faisant face aux vents dominants du secteur NNW-NE. Ainsi que la semi aridité du climat ont favorisé pendant des milliers d'années la formation de grandes dunes dans cette partie du littoral central algérien.
- Ces interactions entre les éléments naturels se répercutent sur la disposition des constructions dans les plages limitrophes au corps dunaire.



Figure 06 : Cordon dunaire de Colonel Abbes- Douaouda

1.4. Le littoral entre Chenoua et Mazafran

Ce domaine correspond en grande partie au bas Sahel. C'est une zone où la direction du littoral varie à plusieurs reprises. Elle est SSW-NNE entre Ras el Amesfout et Kef Berinshel et NNW-SSE à Beldj et Ras el Amouch, S-N de Ras el Amouch jusqu'à la plage Chenoua, cette ligne littorale prend une forme d'arc au pied du mont Chenoua. Mais à partir de la plage Chenoua, elle devient brutalement d'une direction W-E, par ailleurs le littoral arrive de WS-NE d'Ain Tagourait à oued Mazafran. La morphologie de cette zone est un excellent indicateur des évolutions passées et prévisibles du tronçon de côte concerné. Son suivi régulier permet d'identifier l'évolution temporelle du système et de comprendre les processus qui ont présidé soit à la permanence de certains types de paysages, soit à leur alternance.

1.5. le cadre géologique

L'analyse de la stratigraphie des terrains affleurant dans cette région est très complexe, la difficulté de cette étude relève de plusieurs facteurs dont les plus importants sont ceux qui relèvent de la grande diversité des terrains et de la complexité des modèles tectoniques développés dans cette partie.

Le massif du Chenoua se caractérise par la prédominance des terrains allochtones reposant souvent par des contacts anormaux sur un substratum varié. La structuration géologique de cette région est très complexe, les terrains sont très variés et sa tectonique est très difficile à préciser.

La plupart des formations qui se situent dans notre zone d'étude sont composées essentiellement par des formations d'âge actuelle (sables argileux), pléistocène ou quaternaire (alluvions, grès) pliocène supérieure (faciès argileux et gréseux), pliocène inférieure (marnes et argiles) et miocène (faciès argileux). Ces formations sont principalement constituées de sables, de marnes et d'argiles (Fig. 7), ce qui donne à la zone un potentiel agricole important.

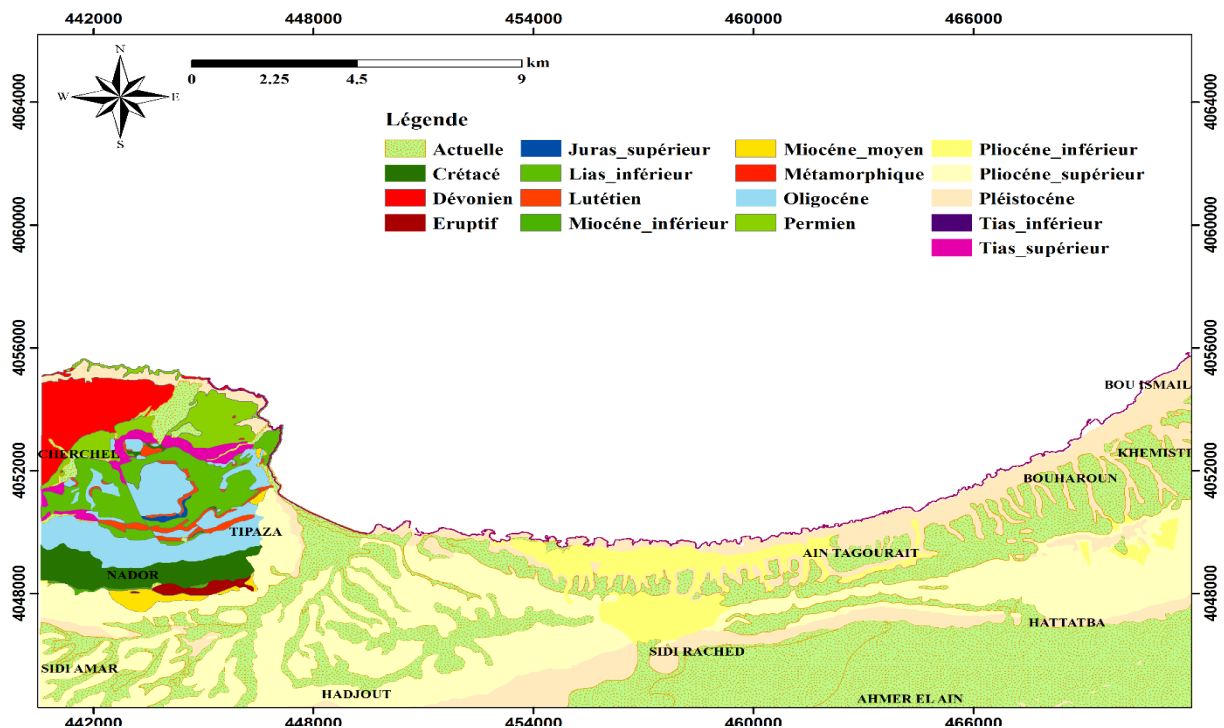


Figure 07 : Carte géologique de la partie Est de la wilaya de Tipasa

1.6. le cadre hydrologique

Les écoulements de surface ainsi que l'abondance des matériaux qui arrivent en mer contribuent efficacement à l'évolution de la morphogénèse littorale en général et à celle de la morphodynamique des côtes. La zone d'étude est composée de 03 bassins versants (Fig. 8) :

- **Bassin versant de Mazafran :** Il couvre une étendue de près de 1 900 Km² sur la partie Est de Tipasa (ce bassin touche la wilaya de Blida, Ain Defla et Média). Il est formé des sous bassins versants de l'oued Djer, l'Oued Bouroumi, l'Oued Chiffa, des piémonts et de la Mitidja. L'écoulement moyen de l'Oued Mazafran est de 185 Hm³/an (CNL-Tipasa)

- **Bassin versant du sahel** : Ce bassin est l'un des plus importants des bassins de la zone d'étude après celui de Mazfran, il s'étend sur une aire de 496km², traversé par de nombreux cours d'eau, avec un apport moyen de 45 Hm³/an environ (CNL-Tipasa).
- **Bassin versant de l'oued Nador** : Il est situé du côté de Chenoua, couvrant une surface de 244 km², avec un apport moyen de l'oued Nador de l'ordre de 36 Hm³/an (CNL-Tipasa).

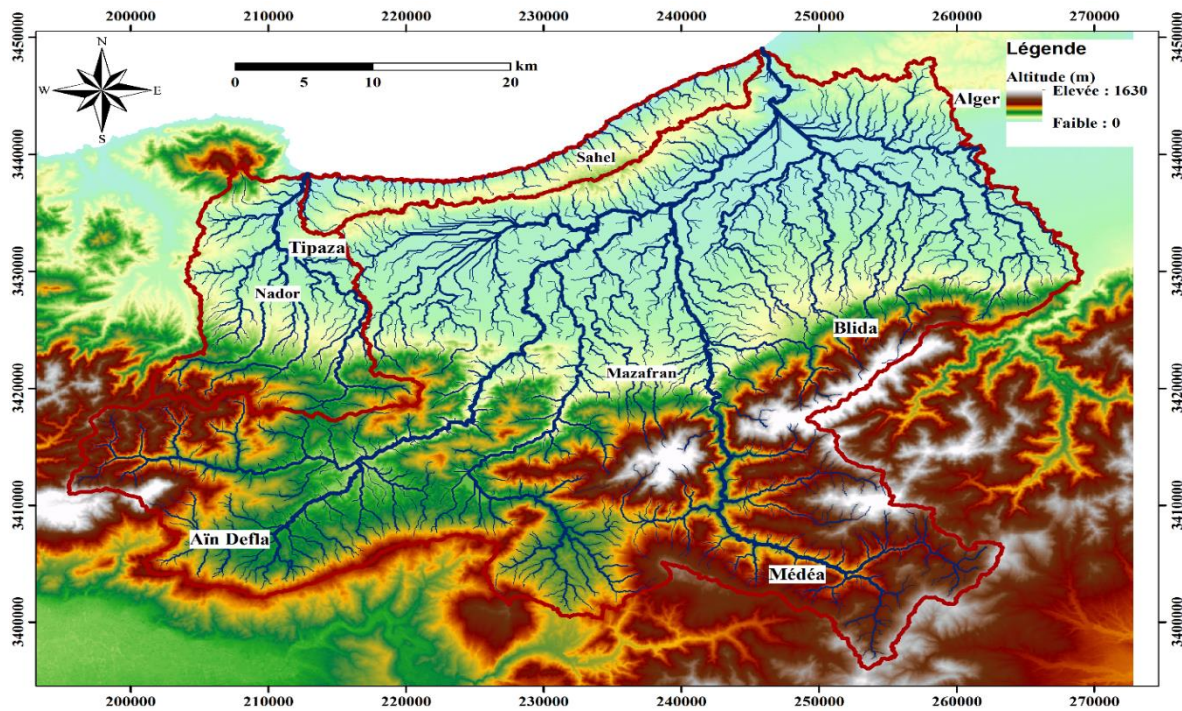


Figure 08 : Carte hydrologiques de la partie Est de la wilaya de Tipasa

2. La croissance démographique en Algérie

La répartition géographique de la population à la surface de la Terre est soumise à des facteurs naturels, économiques et historiques qui déterminent la concentration de population là où il y a des zones densément peuplées et vides. Par conséquent, une variable de répartition de la population ne devrait pas être moins importante dans les études démographiques que d'autres variables démographiques car elles leur sont étroitement liées.

L'Algérie fait partie des pays où la population est dispersée et la densité générale est faible, car il n'y a que 8% de la population vivant dans le sud, où les déserts forment une grande partie de son territoire (87% de territoire national). La répartition de la population en Algérie se caractérise par une inégalité à sa surface. Cette distribution résulte de plusieurs facteurs liés à la surface, aux conditions climatiques et historiques, ainsi qu'à la disponibilité des ressources,

aux opportunités d'emploi et au transport dans certaines régions mais pas dans d'autres. La majorité de la population de l'Algérie est concentrée dans le nord, où 92% de la population y vit et 43% de la population totale de l'Algérie réside dans les États côtiers bordant la mer Méditerranée (**kacemi, 2009**)

Ainsi, connaître les raisons qui ont conduit à ce type de répartition et les problèmes qui en ont résulté, qu'ils soient sociaux, économiques ou politiques, semblent très important pour remédier au déséquilibre de la densité de population selon les régions. Alors que la répartition de la population affecte les taux de développement dans différentes régions, le degré d'industrialisation et les niveaux de services dans celles-ci, ainsi que les problèmes auxquels elles sont confrontées, qui sont étroitement liés à la question du développement diversifié dans les communautés locales.

- **l'évolution de la population au niveau des communes côtières de l'Est de la wilaya de Tipasa :**

Le tableau suivant présente l'évolution de la population des communes côtières de l'Est de Tipasa à travers les différents Recensements généraux de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 1987 à 2020. Ce tableau indique qu'il y a une augmentation progressive à élevée dans la période 1987-2008. Ensuite, à partir de 2008 la population a augmenté de façon rapide surtout dans les communes : Fouka et Bousmail

Tableau 02 : Evolution de la population des communes côtières de l'Est de Tipasa à travers les différents RGPH [Source DPSB in (CNL-Tipasa)]

Nom de commune	RGPH_1987/Pop	RGPH_1998/Pop	RGPH_2008/Pop	Estimati_2020/Pop
Douaouda	12815	17283	22408	31724
Fouka	26766	39549	48959	71000
Bousmail	27075	27075	41684	66000
Khemisti	9127	12622	15128	23000
Bouharoun	6107	8613	9922	15159
Ain tagourait	6693	9075	10411	13767
Tipasa	15795	21915	25225	33000

Chapitre 03 : matériels et méthodes

Dans le cadre de ce travail, on a utilisé la méthode des indices spectraux où trois indices ont été retenus : EBBI (As-syakur, 2012) (indice de développement et de nudité) pour les sols artificiels, le NDVI (Rouse, 1974) (l'indice de végétation par différence normalisée) pour le couvert végétal et UI (Kawamura erol, 1997) (l'indice urbain) pour les terres urbaines, en utilisant des images satellitaires du programme LandSat 5 et 8.

Les surfaces modifiées sont mesurées pour chaque commune littorale du côté Est de la wilaya de Tipasa et aussi sur les bandes littorales (100 m, 300 m, 800 m et 3 km). Deux périodes ont été choisies pour réaliser l'étude : 1990 (coïncidant avec la création de la loi 90-29 relative à l'aménagement et l'urbanisme, où le littoral a été défini pour la première fois à l'article 44) et 2021 (temps récent). Afin de comparer les résultats et de vérifier si les lois et les instruments existants ont joué leur rôle de bien gérer les espaces littoraux et ont pu maîtriser l'urbanisation (la loi relative à l'aménagement et l'urbanisme et la loi relative à la protection et la valorisation du littoral).

On a choisi les images des satellites landsat 5 et 8 de niveau 1 et 2 (de réflectance de surface), qui sont téléchargées à partir du site Web USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Ce dernier est un site mondial de téléchargement d'images satellitaires et un bureau scientifique au sein du département de l'intérieur des États-Unis, il permet de fournir des informations scientifiques sur les risques qui menacent la vie de l'humanité et de notre environnement et permet aussi de donner les impacts du changement climatique et de l'utilisation des terres. Le traitement des images se fait par deux logiciels SIG « Qgis » et « Arc Gis »

- Landsat 8 : lancé le 11 février 2013 en Californie, ce satellite fait partie du programme Landsat de longue date de l'USGS et de la NASA et transporte l'imageur terrestre opérationnel (OLI) et le capteur infrarouge thermique (TIRS). il fait partie du programme de missions tierces de l'ESA, dans lequel l'ESA a un accord pour distribuer les produits de données de la mission (Tableau 7) (**source : USGS**)
- Landsat 5 : c'est le satellite d'observation de la terre le plus long en fonctionnement (il a fourni des données d'imagerie de la terre pendant près de 29 ans). Il a été lancé le 1 mars 1984 en Californie et il est développé par la NASA, il transportait les instruments Multispectral Scanner (MSS) et Thematic Mapper (TM). Ce satellite s'est arrêté le 5 juin 2013 (Tableau 6) (**source : USGS**)

Afin d'atteindre les objectifs de notre étude, nous expliquons les étapes suivies dans le tableau suivant :

Tableau 03 : tableau explicatif des étapes de travail

1) L'acquisition des données	Raster : données landsat (résolution 30m) - landsat 5 TM -landsat 8 OLI/TIRS
	Vecteur : - limites administratifs des communes côtières de l'Est de la wilaya de Tipasa
2) Prétraitement des données	Raster : - combiner les bandes spectrales - extraction de la zone d'étude - calcul des images de la radiance spectrale - calcul de la température de brillance
3) Traitement des données	Raster : - calcul des indices spectraux EBBI, NDVI et UI - classification supervisé - Seuillage des images NDVI, EBBI et UI
	Vecteur : - La superposition des images d'indices NDVI avec EBBI et NDVI avec UI - création du trait de côte - création des bandes littorales - convertir les résultats sous forme vecteur - calcul des superficies de chaque commune et de chaque bande littorale

1. L'acquisition des données

1.1. Téléchargement des données landsat

Dans de telles études de détection du changement, il faut tenir compte du critère temporel de téléchargement des images qui est le mois d'acquisition de ces images. Cette étape est importante surtout dans les zones où l'agriculture est l'activité prédominante. Donc pour mieux

comparer les résultats, détecter le changement et éviter aussi la différenciation de l'humidité des sols, il faut que le téléchargement des images soit dans la même saison. Dans notre travail, nous avons choisi les mois les plus proches de la même saison (automne) pour les deux années 1990 et 2021, les deux mois sont : octobre pour le satellite landsat 8 (2021) et novembre pour le satellite landsat 5 (1990).

Le téléchargement des images landsat via le site USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) se fait selon les étapes suivantes :

- Création d'un compte sur USGS
- Zoomer et déplacer la main jusqu'à trouver le lieu de la wilaya de Tipasa
- Cliquer sur « Polygon » dans « Search Criteria » et faire un polygone qui comprend toute la wilaya de Tipasa
- Cliquer sur « Date Range » pour choisir les dates de téléchargement
- Cliquer sur « Cloud Cover » pour déterminer le pourcentage de la couverture nuageuse
- Cliquer sur « Data Sets > Landsat » et choisir la collection 2 niveau 2 pour le téléchargement des bandes spectrales et la collection 2 niveau 1 pour le téléchargement des bandes thermiques. Pour les deux niveaux, il faut choisir le satellite correspondant à la date qui a été mise (landsat 5 pour l'année 1990 et landsat 8-9 pour l'année 2021).
- Cliquer sur « Results » pour obtenir toutes les images de cette date
- Chercher les images de très bonne qualité, qui ont les pourcentages de couvertures nuageuses les moins importants, et aussi qui couvrent toute la wilaya. Après cliquer sur « télécharger ».
- Les données sont livrées au format Geo TIFF dans des fichiers compressés au format tar.gz, les données des deux satellites (landsat 5 TM et landsat 8 OLI/TIRS) de niveau 2 (réflectance de surface) contiennent 7 bandes spectrales, Les bandes thermiques et la bande panchromatique ne sont pas traitées en fonction de la réflectance de surface.
- Sur landsat 5, la bande thermique est la bande 6 de niveau 1, et sur landsat 8, la bande thermique est la bande 10 de niveau 1.

Tableau 04 : Les caractéristiques du satellite « landsat 5 TM » (source USGS)

Satellite	Date de lancement de satellite	Date d'arrêt de satellite	Les bandes spectrales	La résolution spatiale (m)	La résolution radiométrique (bits)	La longueur d'onde (µm)	La fréquence de passage
Landsat 5	1 mars 1984	5 juin 2013	bande 1 (B)	30	8	0,45 - 0,52	16 jours
			bande 2 (V)	30		0,52 - 0,60	
			bande 3 (R)	30		0,63 - 0,69	
			bande 4 (PIR)	30		0,76 - 0,90	
			bande 5 (IRM)	30		1,55 - 1,75	
			bande 6 (IRT)	120		10,4 - 12,5	
			bande 7 (IRM)	30		2,08 - 2,35	

Tableau 05 : les caractéristiques du satellite « landsat 8 OLI/TIRS » (source USGS)

Satellite	Date de lancement	Date d'arrêt	Les bandes spectrales	La résolution spatiale (m)	La résolution radiométrique (bits)	La longueur d'onde (µm)	La fréquence de passage
Landsat 08	11 février 2013	Encore active	Bande1 (aérosol/côtier)	30	12	0,43 - 0,45	16 jours
			Bande 2 (B)	30		0,45 - 0,51	
			Bande 3 (V)	30		0,53 - 0,59	
			Bande 4 (R)	30		0,64 - 0,67	
			Bande 5 (PIR)	30		0,85 - 0,88	
			Bande 6 (IRCL1)	30		1,57 - 1,65	
			Bande 7 (IRCL-2)	30		2,11 - 2,29	
			Bande 8 (PAN)	15		0,50 - 0,68	
			Bande 9 (Cirrus)	30		1,36 - 1,38	
			Bande 10 (TIRS1)	100		10,6 - 11,19	
			Bande 11 (TIRS 2)	100		11,5 - 12,51	

1.2.L'acquisition des limites administratives des communes de la wilaya de Tipasa

Pour déterminer les limites administratives des communes de la wilaya Tipasa, nous avons utilisé le fichier des limites administratives qui est d'origine d'INCT (Institut National de Cartographie et de Télédétection) et qui a été digitaliser sur la carte au 1/50000 à l'échelle national. Après qui a adapté des mis à jour par le CNL (Commisariat National de Littoral). Ensuite nous avons extrait le trait de côte et les bandes littorales définies par la loi de littoral de chaque commune côtière.

2. Prétraitement des données Raster

2.1. Prétraitement des bandes spectrales

2.1.1. combiner les bandes spectrales

A) Pour landsat 5 TM

La combinaison des images réflectances (niveau 2) de landsat 5 qui sont 07 bandes spectrales se fait par le logiciel Qgis, après l'affichage des bandes par les étapes suivantes :

- Ouvrir le logiciel Qgis
- Cliquer sur « couche > ajouter une couche > ajouter une couche raster »
- Sélectionner de la bande 1 jusqu'à la bande 7 et cliquer sur « ajouter < fermer » et toutes les bandes seront affichées
- Après combiner ces bandes par un cliquer sur « Raster > Divers > Fusionner » et commencer à paramétrer comme suit :
 - Sélectionner toutes les bandes
 - Coucher l'option de « placez chaque fichier en entrée dans une bande séparée »
 - Aller vers fusionner et cliquer sur « enregistrer vers un fichier » pour stocker dans le répertoire de travail, et donner un nom de ce processus et après on clique sur enregistrer
 - Cliquer sur « Exécuter » et la fusion de toutes les bandes en une seule image est effectuée
 - Pour éviter les erreurs de calcul, effacer toutes les bandes précédentes et ne laisser que l'image fusionnée

B) Pour landsat 8 OLI/TIRS

Les données de Landsat 8 OLI/TIRS de niveau-2 contiennent également 7 bandes spectrales, et pour la fusion nous avons suivi les mêmes étapes que Landsat 5 TM.

2.1.2. Extraction de la zone d'étude

La zone d'étude est extraite avec les mêmes étapes pour landsat 5 TM et landsat 8 OLI / TIRS. Nous avons utilisé le fichier shapefile des limites administratives des communes de la wilaya afin d'obtenir des résultats plus précis. Nous avons choisi de travailler sur le référentiel cartographique WGS84 associé à la projection UTM. L'extraction de la zone d'étude dans notre méthodologie s'est faite à l'aide du logiciel ArcGis à travers les étapes suivantes :

- Entrer l'image qui a été combinée déjà sur le Qgis
- Cliquer sur « ArcToolbox > spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by mask » après remplir la fenêtre qui s'affiche avec « input raster = l'image fusionnée », « input raster or feature mask data = shapefile de la zone d'étude » et « output raster = répertoire de travail » après cliquer sur « OK »

2.2. Prétraitement des bandes thermiques

Les produits Landsat 5 TM et Landsat 8 OLI/TIRS de niveau-1 sont livrés sous forme des images au format GeoTIFF.

Pour le landsat 5 TM, les données thermiques sont acquises dans deux bandes d'un détecteur à la fois en gain élevé (bande 6- High Gain) appelé aussi BAND_6_VCID_1 et en gain faible (bande 6-Low Gain) appelé aussi BAND_6_VCID_2. L'utilisation de la bande BAND_6_VCID_1 est recommandée après sa conversion en radiance spectrale au sommet de l'atmosphère pour calculer l'EBBI.

Pour le landsat 8 OLI/TIRS Les données thermiques sont acquises dans deux bandes d'un détecteur à la fois (Bande 10 et la bande 11). L'utilisation de la bande 10 est recommandée après sa conversion en radiance spectrale au sommet de l'atmosphère et après la réalisation d'une correction atmosphérique et calculer la température de brillance pour calculer l'EBBI.

2.2.1. Extraction de la zone d'étude

Cette étape consiste à extraire juste la zone d'intérêt. La procédure est réalisée sous ArcGis selon les mêmes étapes que nous avons mentionnées précédemment.

2.3. Calcul des images de la radiance spectrale

Les produits des données Landsat de niveau 1 sont des nombres numériques (DN) à l'échelle quantifiée et calibrée représentant des images multi spectrales.

Les équations suivantes sont utilisées pour convertir les DN (qui sont des valeurs sans signification physique) dans un produit de niveau-1 en unités de radiance spectrale (qui est une grandeur physique mesurée). Pour cette étape nous avons utilisé l'outil « raster > raster calculator » sur le logiciel Qgis et calculer les radiances spectrales

A) Pour landsat 5 TM

Voici l'équation de conversion (**Chander et Markham, 2003**) :

$$L\lambda = \frac{(LMAX\lambda - LMIN\lambda)}{(QCLMAX\lambda - QCLMIN\lambda)} * (QCAL - QCALMIN) + LMIN\lambda \quad (1)$$

$L\lambda$ = radiance spectrale à l'ouverture du capteur en (Watts / (m² * sr * μm))

$LMIN\lambda$ = radiance spectrale échelonnée à QCALMIN en (Watts / (m² * sr * μm))

$LMAX\lambda$ = radiance spectrale échelonnée à QCALMAX en (Watts / (m² * sr * μm))

$LMAX\lambda$ et $LMIN\lambda$ sont fournies dans le fichier de métadonnées.

QCALMIN = valeur de pixel minimum quantifiée et calibrée (correspondant à $LMIN\lambda$) en DN.

- QCALMIN = 1 pour les produits LPGS.
- QCALMIN = 1 pour les produits NLAPS traités après le 04/04/2004.
- QCALMIN = 0 pour les produits NLAPS traités avant le 05/04/2004.
- QCALMAX = valeur de pixel maximum quantifiée et calibrée (correspondant à $LMAX\lambda$) en DN = 255.

QCAL = Valeur de pixel calibrée et quantifiée en DN.

Les paramètres nécessaires au calcul des radiances spectrales se trouvent dans le fichier des métadonnées (MTL), dans l'image niveau 1 ainsi que dans les métadonnées de l'image niveau 1 sur QGIS.

A.N :

$$L\lambda = \frac{(15.303 - 1.238)}{(255 - 1) * } * ("bande BAND_6_VCI D_1" - 1) + 1.238$$

B) Pour landsat 8 OLI/TIRS

Voici l'équation de conversion (Teteka Mutondo et al., 2020) :

$$L\lambda = ML \times Qcal + AL \quad (2)$$

Où :

- $L\lambda$ = radiance spectrale en (Watts / (m² * sr * μm)).
- ML = Facteur de redimensionnement multiplicatif spécifique à la bande à partir des métadonnées (RADIANCE_MULT_BAND_x, où x est le numéro de bande).
- QCAL = Valeurs de pixel du produit standard quantifiées et calibrées (DN).
- AL = Facteur de mise à l'échelle additive spécifique à la bande à partir des métadonnées (RADIANCE_ADD_BAND x, où x est le numéro de bande)

Ces données sont trouvées dans le fichier de métadonnées MLT pour les images du niveau 1.

A.N:

$$L\lambda = (3.3420 * 10^{-4}) * (bande 10) + 0.1$$

3. Le traitement des données

3.1. Calculer les indices et les différences d'indices

Pour le calcul des indices NDVI, EBBI et UI, nous avons utilisé le logiciel Qgis et suivis ces étapes :

- Entrer l'image Raster de Tipasa qui a été déjà fusionnée (de landsat 5 ou landsat 8 de niveau 2)
- Cliquez sur : « Raster calculator » et ajouter l'équation sur la calculatrice
- Aller vers « couche en sortie » et choisi le lieu de l'enregistrement de résultat sur le répertoire de travail
- Cliquez sur « OK », pour effectuer le calcul

3.1.1. Calculer l'indice de NDVI

Les indices de végétation nous permettent de délimiter la distribution de la végétation et du sol en fonction des modèles de réflectance caractéristiques de la végétation verte. L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI : Normalized Difference Vegetation Index) mesure la quantité de végétation verte. La différence de réflectance spectrale entre le proche infrarouge (NIR) et le rouge est utilisée pour calculer le NDVI. La formule peut être exprimée comme [Rouse, 1974 in (Karaburun, 2010)] :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R} \quad (3)$$

Les valeurs NDVI vont de -1,0 à 1,0, où les valeurs les plus élevées sont pour la végétation verte et les valeurs faibles pour les autres matériaux de surface courants. Le sol nu est représenté avec des valeurs NDVI les plus proches de 0 et les masses d'eau sont représentées avec des valeurs NDVI négatives

A) Pour landsat 5 TM

Pour ce landsat, l'équation de NDVI s'écrit comme suit :

$$NDVI = \frac{Bande\ 4 - Bande\ 3}{Bande\ 4 + Bande\ 3} \quad (4)$$

B) pour landsat 8 OLI/TIRS

Pour ce landsat, l'équation de NDVI s'écrit comme suit :

$$NDVI = \frac{Bande\ 5 - Bande\ 4}{Bande\ 5 + Bande\ 4} \quad (5)$$

3.1.1.1. calculer la différence d'indice NDVI

Pour les calculs de différences indices, nous avons utilisé l'outil de « Raster calculator » sur le logiciel Qgis :

L'image de la différence NDVI est obtenue par soustraire de l'image NDVI de la date antérieure (1990) de l'image NDVI de la date ultérieure (2021), avec l'équation suivante :

$$NDVI\ diff = NDVI(2021) - NDVI(1990) \quad (6)$$

3.1.2. Calculer l'indice d'EBBI

L'indice EBBI (Enhanced Built-Up and Bareness Index) est un indice de télédétection qui applique des longueurs d'onde des NIR, SWIR et TIR) aux images Landsat. Ces longueurs d'onde ont été sélectionnées sur la base de la plage de réflexion du contraste et de l'absorption dans les zones de terrains construits et nus. En général l'équation de cet indice s'écrit comme suit (As-syakur et al., 2012) :

$$EBBI = \frac{IRCL1 - PIR}{10 * \sqrt{IRCL1} + IRT} \quad (7)$$

IRCL : infrarouge de courte longueur d'onde

Dans l'image résultante, les valeurs positives reflètent une augmentation dans la superficie du thème étudié, les valeurs nulles reflètent l'absence de changement et les valeurs négatives reflètent une diminution de la superficie du thème de l'occupation du sol étudié.

A) Pour landsat 5 TM

L'équation est (As-syakur et al., 2012) :

$$EBBI = \frac{Bande 5 - Bande 4}{10 * \sqrt{Bande 5} + Bande 6 VCID1} \quad (8)$$

B) Pour landsat 8 OLI/TIRS

L'équation est (Sekertekin et Marangoz, 2017) :

$$EBBI = \frac{Bande 6 - Bande 5}{10 \times \sqrt{Bande 6} + Bande 10} \quad (9)$$

3.1.2.1. Calculer la différence EBBI

L'image de la différence EBB est obtenue par soustraire l'image EBBI de la date antérieure (1990) de l'image EBBI de la date ultérieure (2021), avec l'équation suivante :

$$EBBI\ diff = EBBI(2021) - EBBI(1990) \quad (10)$$

3.1.3. Calculer l'indice d'UI

L'indice de l'urbanisation (Urbain Index) exploite l'inverse de la proportionnalité entre la brillance de l'urbain dans le proche infra-rouge et le moyen infra rouge (2ème bande du moyen infra-rouge ou SWIR2). L'équation générale de cet indice s'écrit comme suite [kawamura et al., 1997 in (Sekertekin et Marangoz, 2017)] :

$$UI = \left(\frac{(IRCL\ 2 - PIR)}{(IRCL\ 2 + PIR)} \right) * 100 \quad (11)$$

A) Pour landsat 5 TM

L'équation est :

$$UI = \left(\frac{(\text{bande 7} - \text{bande 4})}{(\text{bande 7} + \text{bande 4})} \right) * 100 \quad (12)$$

B) Pour landsat 8 OLI/TIRS

L'équation est :

$$UI = \left(\frac{(\text{bande 7} - \text{bande 5})}{(\text{bande 7} + \text{bande 5})} \right) * 100 \quad (13)$$

3.1.3.1. Calculer la différence UI

L'image de la différence UI est obtenue par soustraction l'image UI de la date antérieure (1990) de l'image UI de la date ultérieure (2021), avec l'équation suivante :

$$UI\ diff = UI(2021) - UI(1990) \quad (14)$$

3.2. La classification binaire des images NDVI, EBBI et UI

Cette étape consiste à transformer les images indices en images binaires avec 2 classes seulement. Les valeurs de pixels de ces images binaires ne peuvent prendre que 2 valeurs qui sont 0 et 1, c'est une image en noire et blanc. Ceci permet la quantification des pixels « changement » grâce aux bandes de 100m, 300m, 800m et 3 Km.

Pour faire le seuillage, nous avons suivi les étapes suivantes sur l'Arcgis :

- Cliquer sur la fenêtre « windows > image analysis »

- coucher l'image et cliquer sur « add function »
- « cliquer droite sur l'image > insert function > binary thresholding function > ok > ok »

Après ça, nous avons réalisé la symbologie pour les 02 classes résultantes :

- Aller vers « table of contents > Cliquer droite sur l'image > properties > symbology > classified » après changer les couleurs et nommer les classes selon l'indice et cliquer sur « ok »

3.3.La superposition des images d'indices NDVI avec EBBI et NDVI avec UI

Après les calculs d'indices, nous avons superposé des images NDVI de 1990 et 2021 avec les images EBBI de 1990 et 2021, respectivement, ainsi que des images NDVI de 1990 et 2021 avec des images UI de 1990 et 2021. Cette étape est importante pour évaluer ces indices.

3.4.Création de trait de côte

Cette opération est faite pour chaque commune afin de créer les bandes littorales. Nous l'avons créé sur l'Arcgis de la manière suivante :

- Ouvrir « Arctoolbox > 3D Analyst Tools > conversion > from Raster > Raster Domain »
- Enter l'image et choisir « line » pour le « output feature class type » et appuyer sur « ok »

3.5.Création des bandes littorales

Pour la création des couches géo spatiales qui correspondent aux bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3Km) nous avons utilisé la mise en tampon « buffering » à l'aide de l'outil « Buffer » dans le logiciel Arcgis comme suit :

- Ouvrir la fenêtre « Geoprocessing > Buffer »
- Enter « input features = le trait de côte qui est déjà créé », « output = lieu d'enregistrement », « linear unit = les distances des bandes en mètres », « side type = right », « End type = flat », « method = Planar (car l'entité d'entrée est dans un système de coordonnées projetée (WGS84/UTM Z31N) », après cliquer sur « ok »

3.6. Convertir les images raster en vecteurs

Afin de pouvoir calculer les superficies, il faut d'abord convertir les images de différences indices qui sont au format Raster au format vecteur. La conversion est faite à partir de l'outil :

- « Arc Toolbox > conversion Tools > from raster > raster to polygon »

- Remplir la fenêtre qui s'affiche par : « input raster = la nouvelle image », « output polygon features = le répertoire de travail » et « ok »

Après, l'image est transformée en un fichier vecteur modifiable avec une table attributaire de plusieurs classes. Pour reclasser en 2 classes seulement :

- « Ouvrir la table attributaire du fichier vecteur > cliquer sur toute la colonne de gridecode > geoprocessing > dissolve »
- Remplir la fenêtre : « input features = l'image vecteur », « output features class = le répertoire de travail », « dissolve field = coucher le gridecode » et « ok »

A la fin, le vecteur contient deux classes : l'une où il y a un fort changement d'indice et l'autre où il y a un très faible changement.

3.7.Calcul des superficies

Dans notre étude, le calcul des superficies est fait pour chaque image de différence indice (NDVI, EBBI et UI) et aussi pour chaque commune et bandes (100m, 300m, 800m et 3km)

Pour calculer les superficies ajouter « open attribute table > table options > add field », nommer ce champ et donner le type « double » pour obtenir des superficies précis. Après sélectionner la colonne du champ, clique droit et appuyer sur « calculate geometry », cette étape est réaliser pour chaque commune et chaque bande littorale

Les résultats sont ensuite classés dans un fichier Excel afin de nous faciliter le calcul des pourcentages et des vitesses de changement.

Chapitre 04 : résultats et discussions

I. Résultats et analyse du changement

1. Résultats de l'évolution des indices NDVI, EBBI et UI sur la zone d'étude pendant la période de 1990 à 2021

Les figures 09, 10 et 11 ci-dessous montrent des cartes d'évolution des trois indices NDVI, EBBI et UI respectivement sur toute la zone d'étude

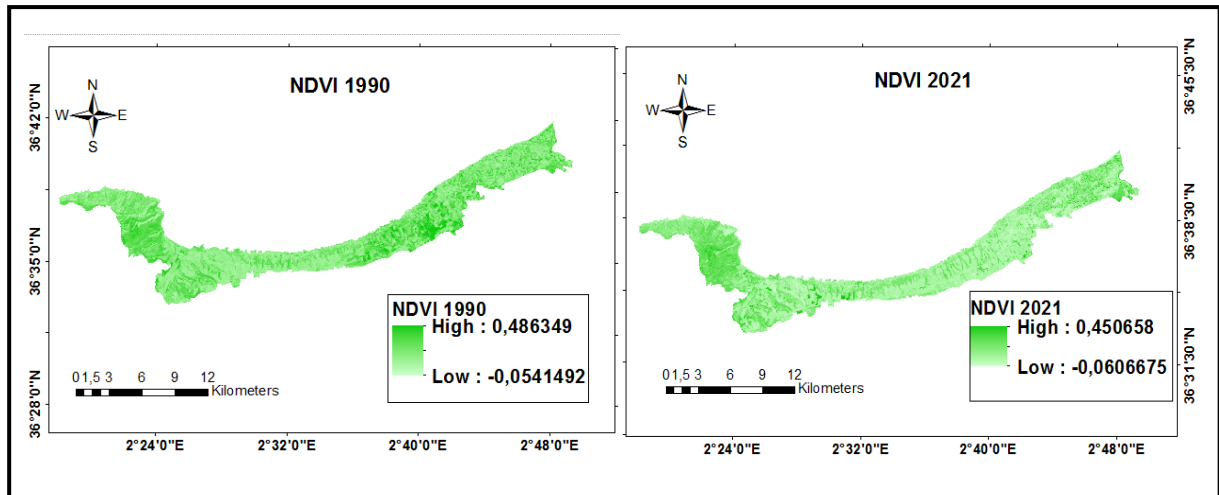


Figure 09 : Carte de l'évolution d'indice NDVI sur la zone d'étude de 1990 à 2021

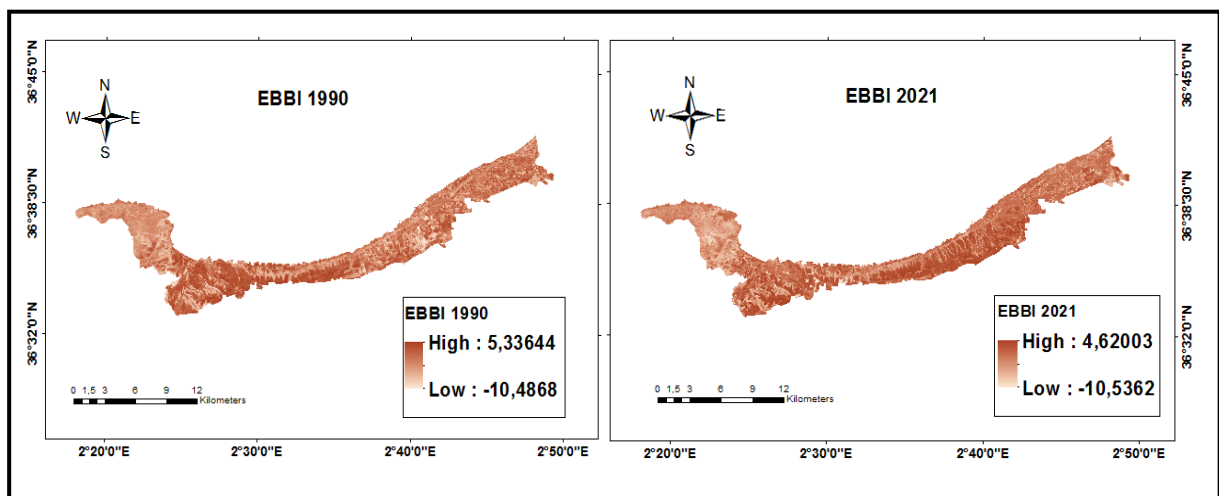


Figure 10 : Carte de l'évolution d'indice EBBI sur la zone d'étude de 1990 à 2021

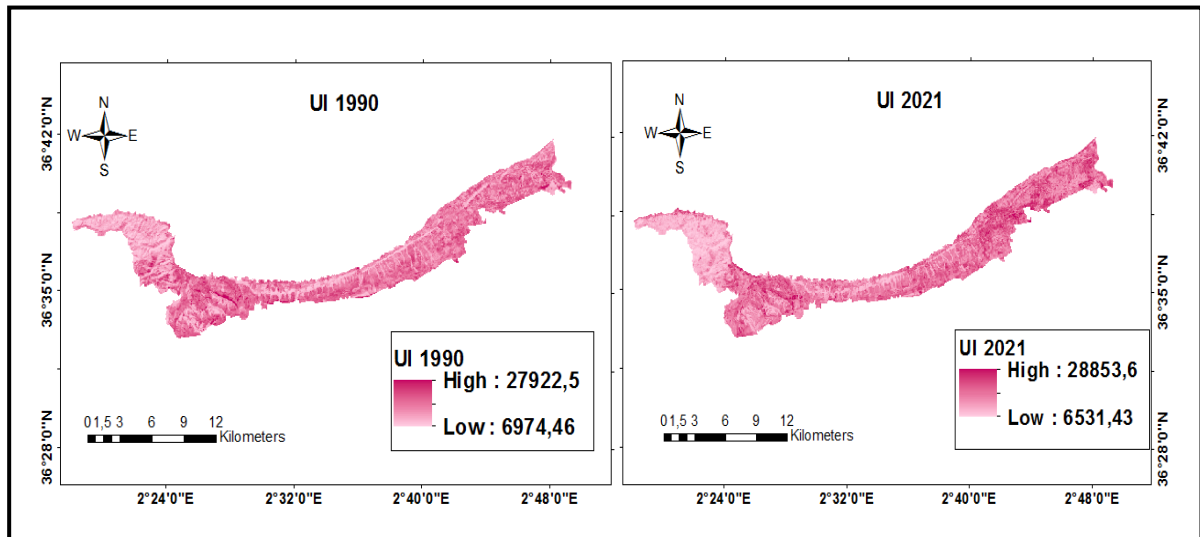


Figure 11 : Carte de l'évolution d'indice UI sur la zone d'étude de 1990 à 2021

A travers les résultats des images des différents indices que nous avons obtenus (NDVI, EBBI et UI) de 1990 à 2021, nous avons constatés qu'il y a un changement pour ces trois indices dans cette période.

D'une part, nous avons remarqué que les valeurs NDVI et EBBI de l'image antérieurs (date 1) sont supérieurs aux valeurs NDVI et EBBI de l'image ultérieurs (date 2) (Fig. 9 et 10). Ce changement s'exprime par une diminution du couvert végétal à la date ultérieure, c'est dû à la dégradation du couvert végétal provoquée par les feux de forêt, la déforestation, l'extension des centres urbains, l'artificialisation des sols et des activités anthropiques (infrastructures, habitat).

D'autre part, pour l'indice UI nous avons remarqué que les valeurs des images de la date antérieure sont inférieures aux valeurs des images de la date ultérieure (Fig.11).

Ce changement s'exprime par les zones urbanisées. Cette augmentation s'explique par l'évolution démographique, la déforestation, l'intensification du réseau routier et des facteurs socio-économiques.

2. Résultats des superpositions des images d'indice NDVI / EBBI et NDVI / UI

Nous présentons ci-dessous les cartes de la distribution des trois indice EBBI, NDVI et UI sur la zone d'étude qui montrent le résultat de la superposition entre l'image NDVI et EBBI et entre l'image NDVI et UI, cela est fait dans une seule date (2021) comme exemple (Fig. 12,13) :

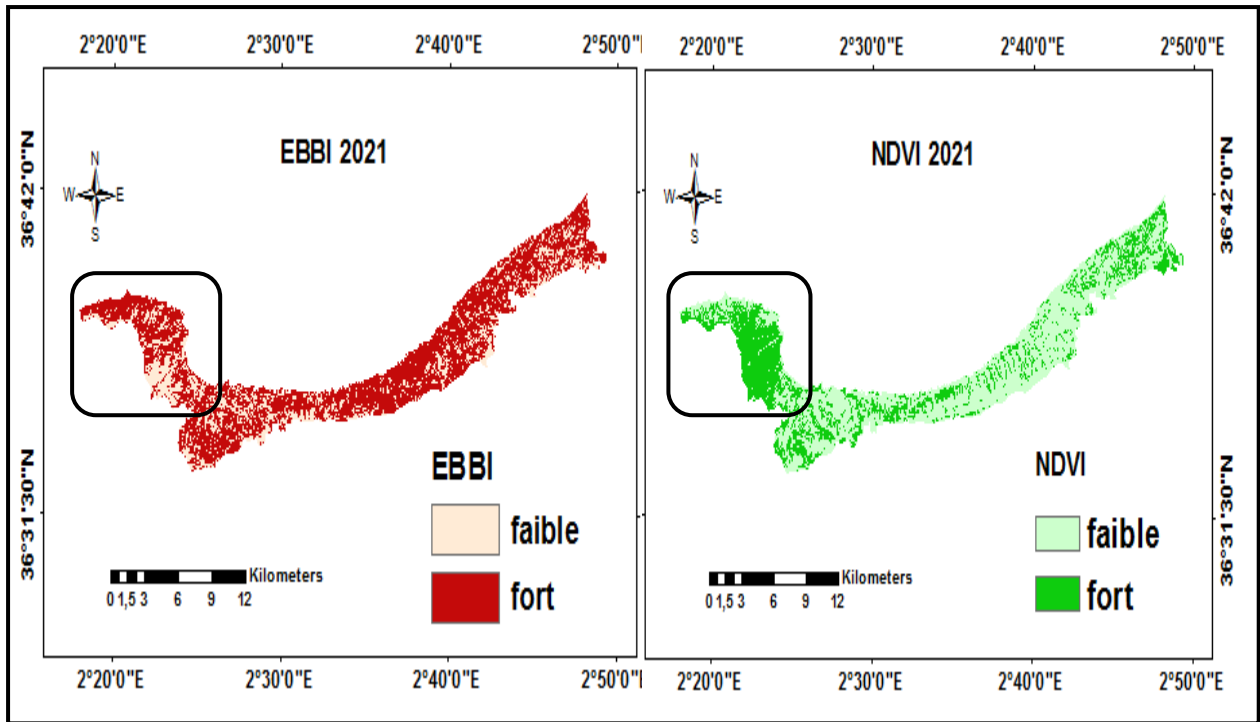


Figure 12 : carte de la différence entre l'image d'indice NDVI et EBI sur les communes côtières de l'EST de Tipasa en 2021

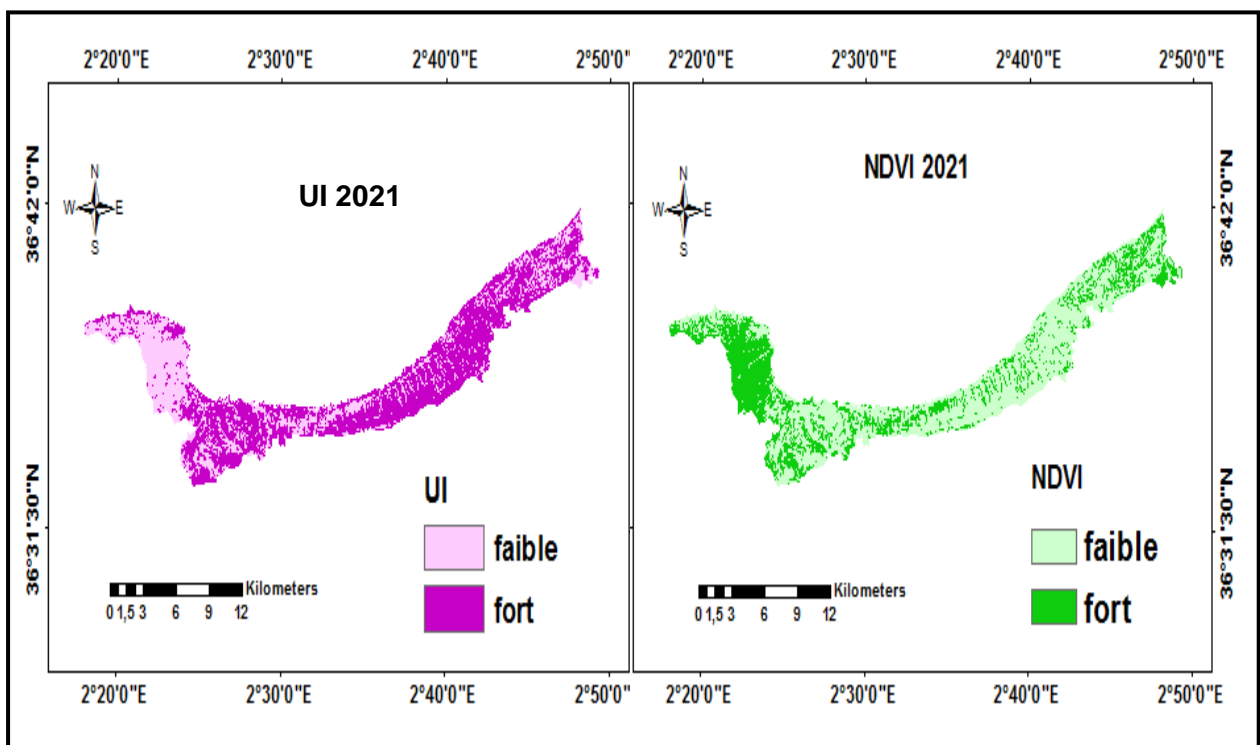


Figure 13 : carte de la différence entre l'image d'indice UI et NDVI sur les communes côtières de l'EST de Tipasa en 2021

- D'après la carte d'indice NDVI, nous avons remarqué que la majeure partie de la zone contient une faible couverture végétale, à l'exception du côté ouest, plus précisément à l'ouest de la commune de Tipasa où il y a une forte couverture végétale. Egalement, pour la carte d'indice UI, nous avons remarqué que la majeure partie de la zone contient une forte urbanisation, à l'exception du côté ouest de la commune de Tipasa où il y a une faible urbanisation. Par contre, la carte d'indice EBBI qui montre que presque toute la zone est de fort EBBI
- La superposition entre l'image NDVI et EBBI en 2021 est parfaite sur la majeure partie de cette zone, là où l'indice de végétation est faible, nous constatons que l'indice de développement et de nudité est important. Sauf pour la partie ouest il y a un chevauchement (décalage), où les deux indices sont importants en même temps, cela peut être dû à la présence des reliefs dans le côté ouest (mont de chenoua) (Fig. 12)
- La superposition entre l'image NDVI et UI en 2021 est parfaite sur toute la zone d'étude. là où l'indice de végétation est faible, l'indice d'urbanisation est fort (Fig.13)
- la comparaison entre les deux superpositions (NDVI-EBBI) et (NDVI-UI) nous a permis de dire qu'il y a une certaine limite pour cette méthode de différence indices

3. Résultats des différences indices

3.1. Tipasa

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune de Tipasa et ses 04 bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3km) de 1990 à 2021. Ainsi, nous présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période.

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 01)

Tableau 06 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Tipasa et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau	B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Tipasa
Surface totale (km ²)	2.80	7.95	19.93	54.37	66.13
Surface du changement (km ²)	0.87	2.90	8	17.64	20.67

Différence NDVI	Pourcentage du changement (%)	31.07	36.48	40.14	32.44	31.26
	Vitesse du changement (km²/an)	0.03	0.09	0.26	0.57	0.67
Différence UI	Surface du changement (km²)	2.08	5.01	10.83	29.37	37.27
	Pourcentage du changement (%)	74.29	63.02	54.34	54.01	56.36
	Vitesse du changement (km²/an)	0.07	0.16	0.35	0.95	1.20
Différence EBBI	Surface du changement (km²)	2.49	6.83	16.60	35.31	50.12
	Pourcentage du changement (%)	88.93	85.91	83.29	64.93	75.79
	Vitesse du changement (km²/an)	0.08	0.22	0.54	1.13	1.62

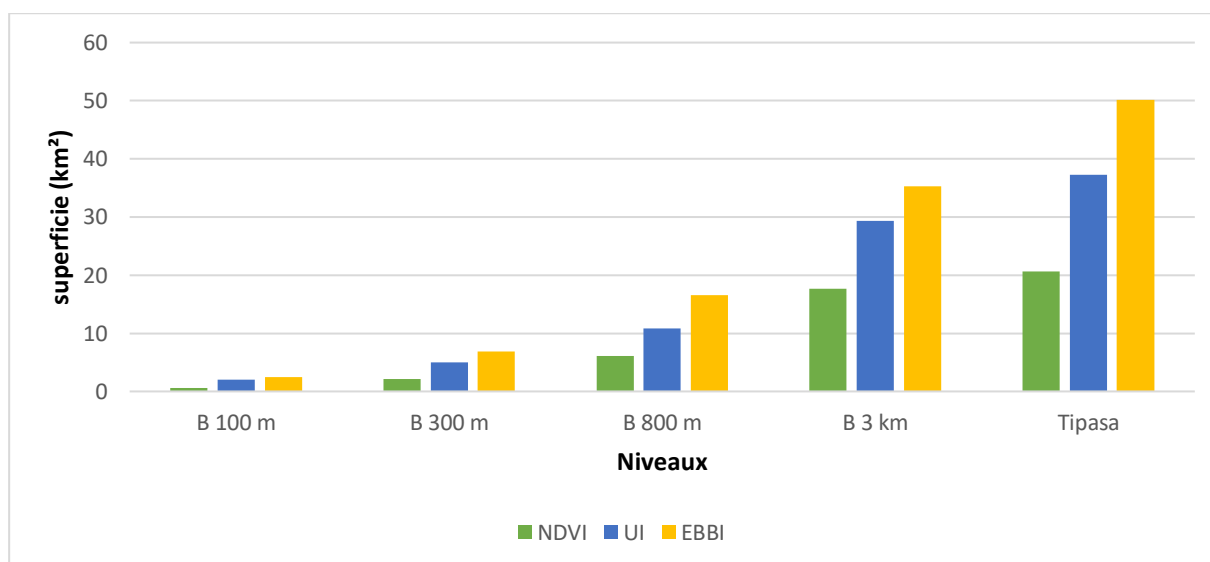


Figure 14 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Tipasa et ses bandes littorales de 1990 à 2021

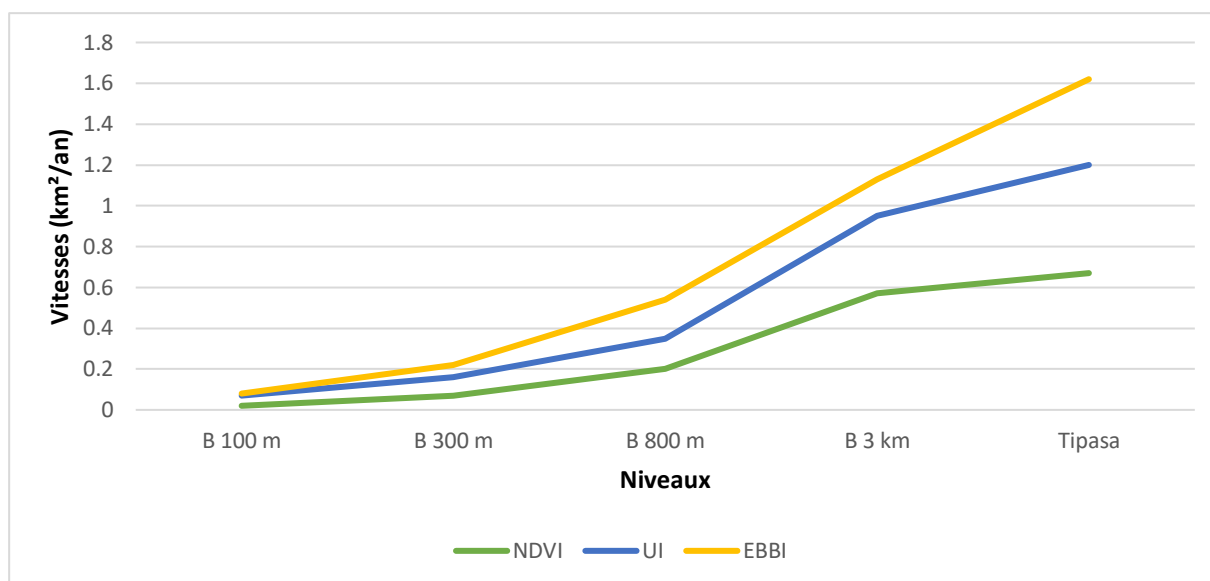


Figure 15 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Tipasa et ses bandes littorales de 1990 à 2021

3.2.Ain Tagourait

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune d'Ain Tagourait et ses 04 bandes littorales (100 m, 300 m, 800 m, 3 km) de 1990 à 2021. Ainsi nous avons présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 02)

Tableau 07 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune d'Ain Tagourait et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau		B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Ain Tagourait
Surface totale (km ²)		1.27	3.66	9.29	25.66	26.25
Différence NDVI	Surface du changement (km ²)	1.14	3.31	8.30	19.97	20.14
	Pourcentage du changement (%)	89.76	90.44	89.34	77.83	76.72
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.04	0.11	0.27	0.64	0.65

Différence UI	Surface du changement (km²)	0.77	1.56	3.59	16.35	16.89
	Pourcentage du changement (%)	60.63	42.62	38.64	63.72	64.34
	Vitesse du changement (km²/an)	0.02	0.05	0.12	0.53	0.55
Différence EBBI	Surface du changement (km²)	0.87	2.73	6.99	17.68	18.05
	Pourcentage du changement (%)	68.50	74.59	75.24	68.90	68.76
	Vitesse du changement (km²/an)	0.03	0.09	0.23	0.57	0.58

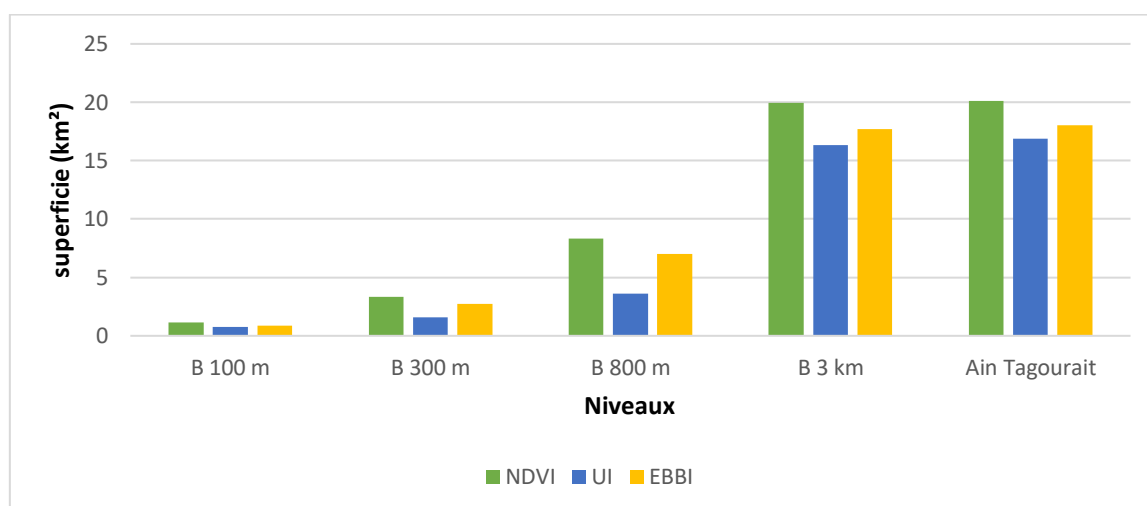


Figure 16 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune d'Ain Tagourait et ses bandes littorales de 1990 à 2021

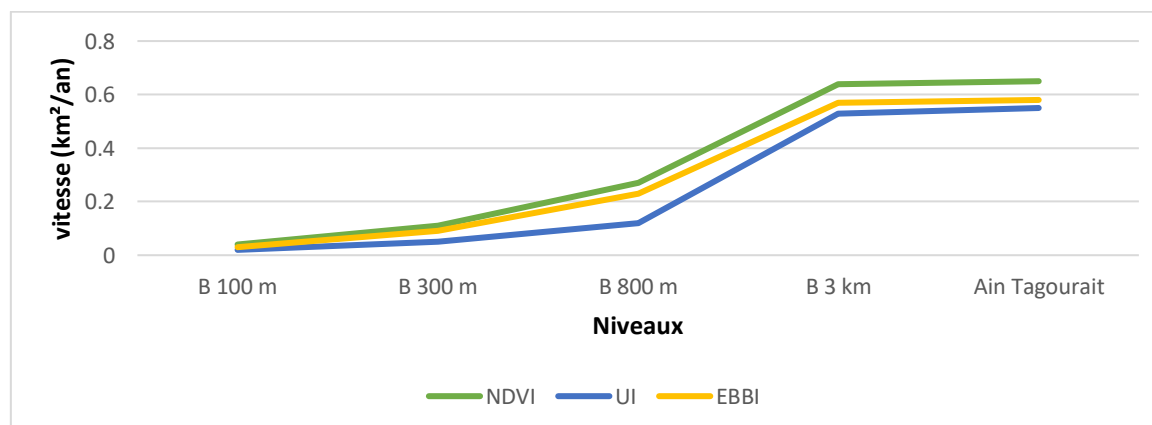


Figure 17 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune d'Ain Tagourait et ses bandes littorales de 1990 à 2021

3.3.Bouharoun

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune de Bouharoun et ses 04 bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3km) de 1990 à 2021. Ainsi nous avons présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 03)

Tableau 08 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Bouharoun et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau		B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Bouharoun
Surface totale (km ²)		0.50	1.43	3.41	8,66	8,89
Différence NDVI	Surface du changement (km ²)	0.45	1.34	2.75	6.12	6.27
	Pourcentage du changement (%)	90.00	93.71	80.71	70.65	70.53
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.01	0.04	0.09	0.20	0.20
Différence UI	Surface du changement (km ²)	0.26	0.51	1.57	5.64	5.85
	Pourcentage du changement (%)	51.80	35.30	46.03	62.70	65.00
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.01	0.02	0.05	0.18	0.19
Différence EBBI	Surface du changement (km ²)	0.45	1.30	3.07	6.47	6.68
	Pourcentage du changement (%)	90	90.91	90.03	74.71	75.14
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.01	0.04	0.10	0.21	0.22

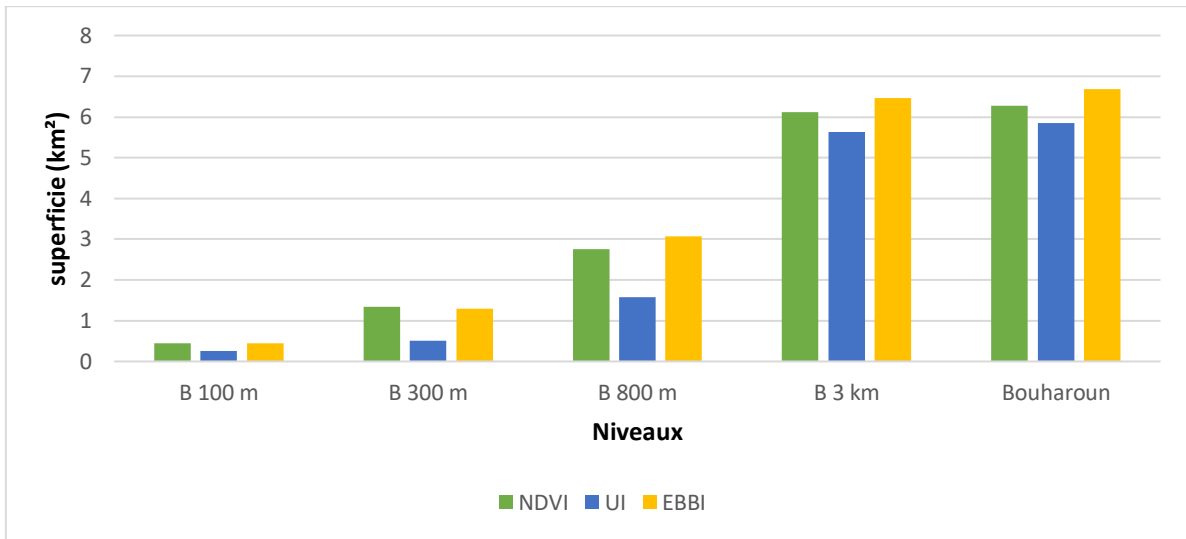


Figure 18 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Bouharoun et ses bandes littorales de 1990 à 2021

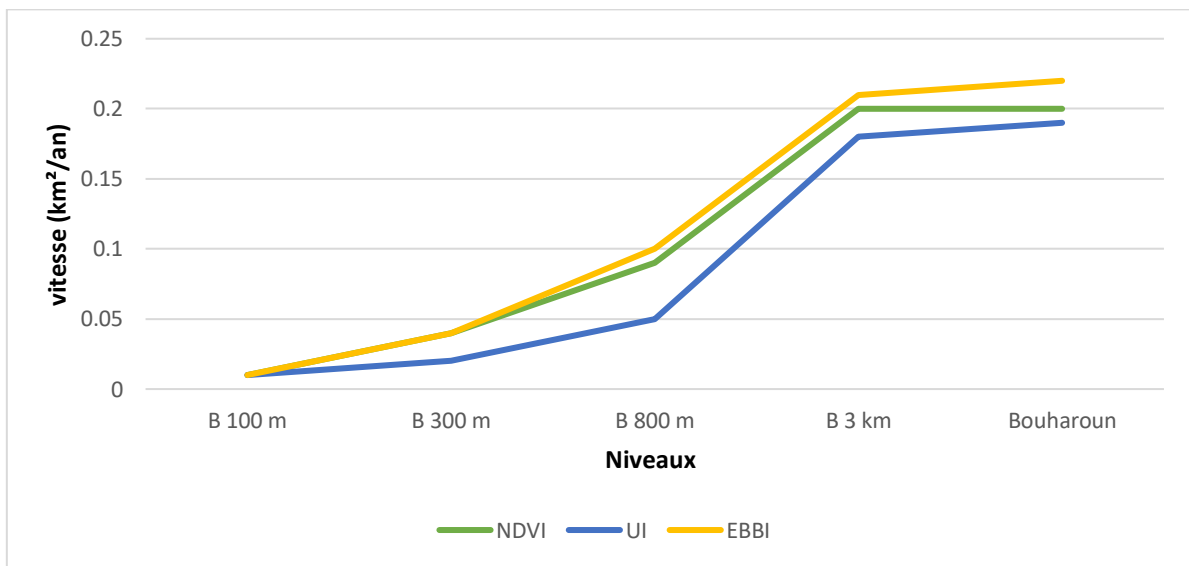


Figure 19 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Bouharoun et ses bandes littorales de 1990 à 2021

3.4.Khemisti

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune de Khemisti et ses 04 bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3km) de 1990 à 2021. Ainsi nous avons présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 04)

Tableau 09 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Khemisti et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau		B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Khemisti
Surface totale (km ²)		0.13	0.34	0.93	6.13	8.91
Différence NDVI	Surface du changement (km ²)	0.13	0.33	0.86	3.97	5.64
	Pourcentage du changement (%)	99.29	96.26	91.51	64.69	63.33
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.004	0.01	0.03	0.13	0.18
Différence UI	Surface du changement (km ²)	0.004	0.02	0.07	2.63	4.03
	Pourcentage du changement (%)	3.89	6.71	7.87	42.88	45.29
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.0001	0.0006	0.002	0.08	0.13
Différence EBBI	Surface du changement (km ²)	0.10	0.27	0.74	4.43	5.86
	Pourcentage du changement (%)	76.92	79.41	79.57	72.27	65.77
	Vitesse du changement (km ² /an)	0.003	0.008	0.02	0.14	0.19

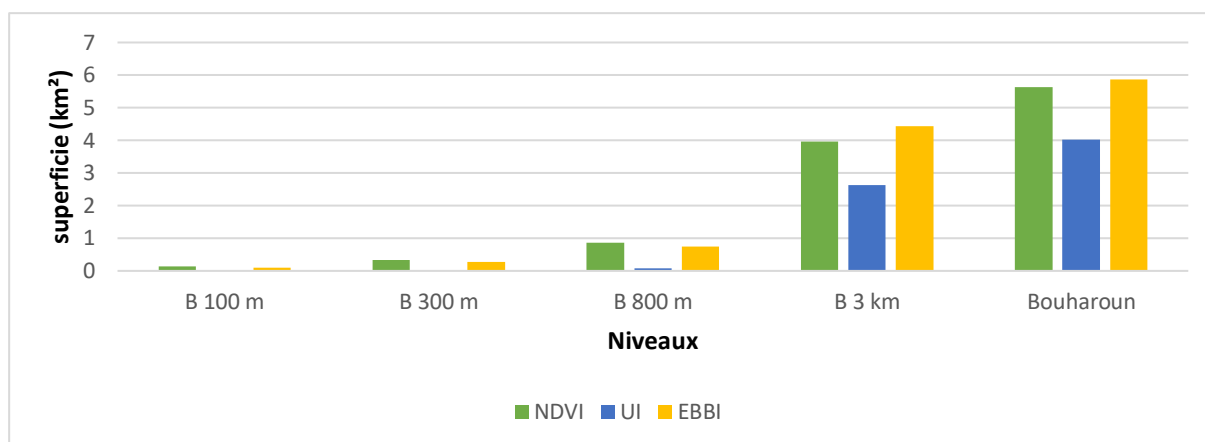


Figure 20 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Khemisti et ses bandes littorales de 1990 à 2021

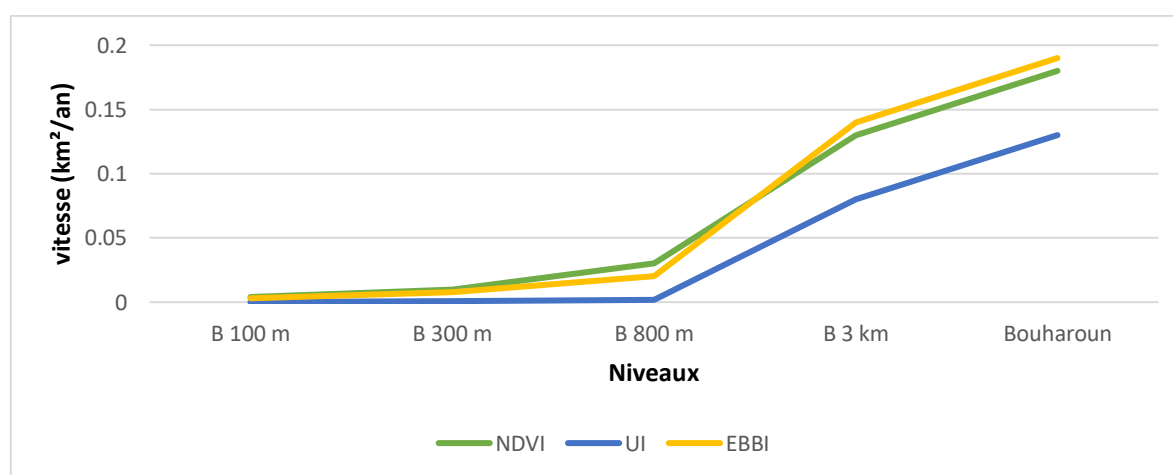


Figure 21 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Khemisti et ses bandes littorales de 1990 à 2021

3.5.Bousmail

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune de Bousmail et ses 04 bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3km) de 1990 à 2021. Ainsi nous avons présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 05)

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Bousmail et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau	B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Bousmaïl
--------	---------	---------	---------	--------	----------

Surface totale (km²)		0.55	1.70	4.43	13.16	14.02
Différence NDVI	Surface du changement (km²)	0.51	1.33	3.40	8.66	9.34
	Pourcentage du changement (%)	92.72	87.23	76.74	65.80	66.61
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.04	0.10	0.27	0.30
Différence UI	Surface du changement (km²)	0.44	1.28	2.76	10.14	10.83
	Pourcentage du changement (%)	80.00	75.29	62.30	77.05	77.24
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.04	0.08	0.32	0.34
Différence EBBI	Surface du changement (km²)	0.50	1.39	3.74	10.33	10.88
	Pourcentage du changement (%)	89	82.32	84.52	78.50	77.64
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.04	0.12	0.33	0.35

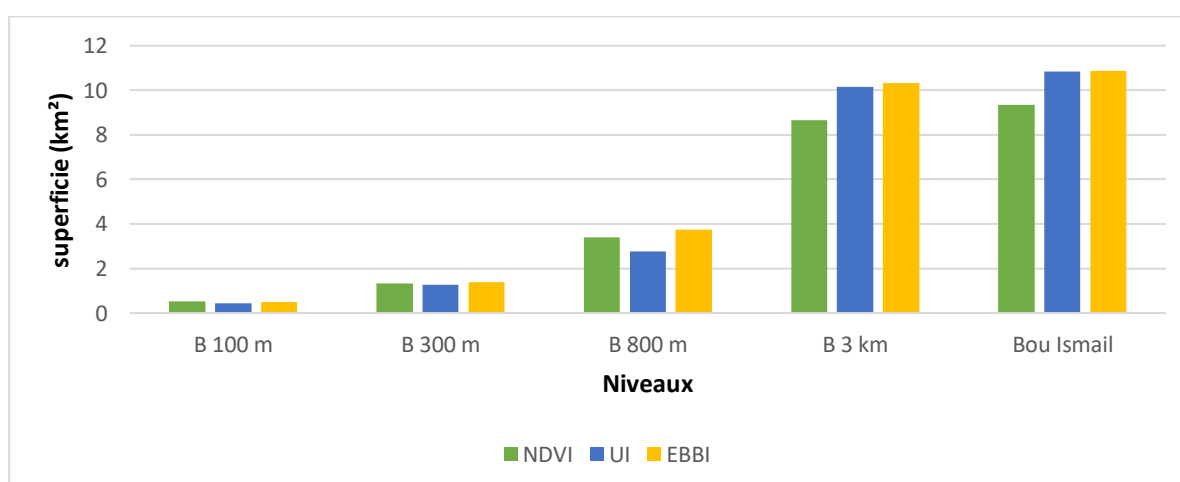


Figure 22 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Bousmail et ses bandes littorales de 1990 à 2021

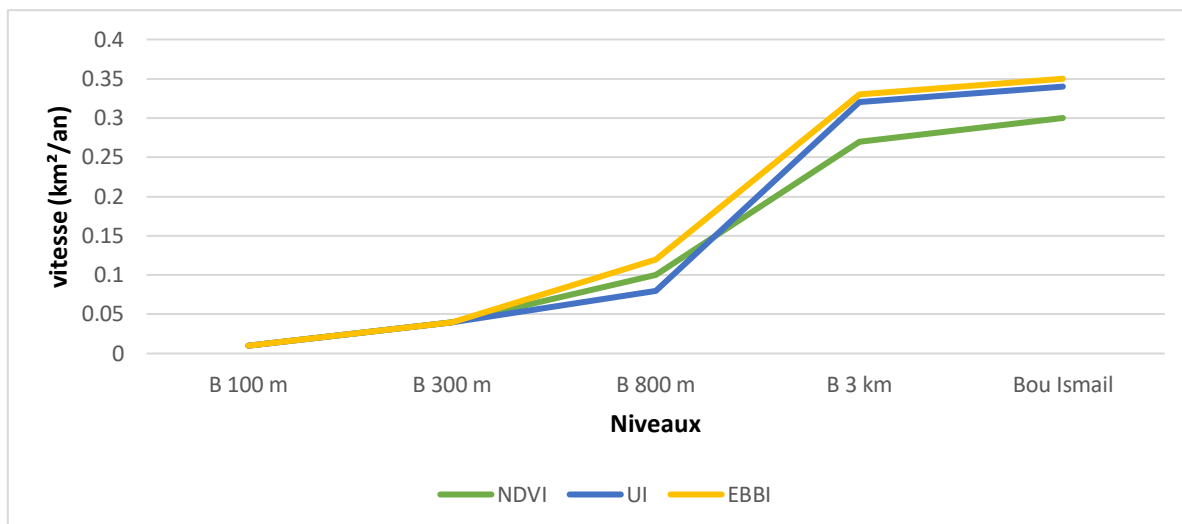


Figure 23 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Bousmail et ses bandes littorales de 1990 à 2021

3.6. Fouka

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune de Fouka et ses 04 bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3km) de 1990 à 2021. Ainsi nous avons présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 06)

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Fouka et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau		B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Fouka
Surface totale (km²)		0.42	1.31	3.40	12.28	12.45
Différence NDVI	Surface du changement (km²)	0.37	1.13	2.95	10.12	10.20
	Pourcentage du changement (%)	88.09	86.25	86.76	82.41	81.92
	Vitesse du changement (km²/an)	0.003	0.03	0.09	0.32	0.32
	Surface du changement (km²)	0.24	0.60	1.65	6.98	7.12

Différence UI	Pourcentage du changement (%)	57.14	45.80	48.52	56.84	57.18
	Vitesse du changement (km²/an)	0.007	0.01	0.05	0.22	0.22
Différence EBBI	Surface du changement (km²)	0.33	0.98	2.64	8.56	9.00
	Pourcentage du changement (%)	77.55	74.75	77.74	69.76	69.23
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.03	0.08	0.27	0.23

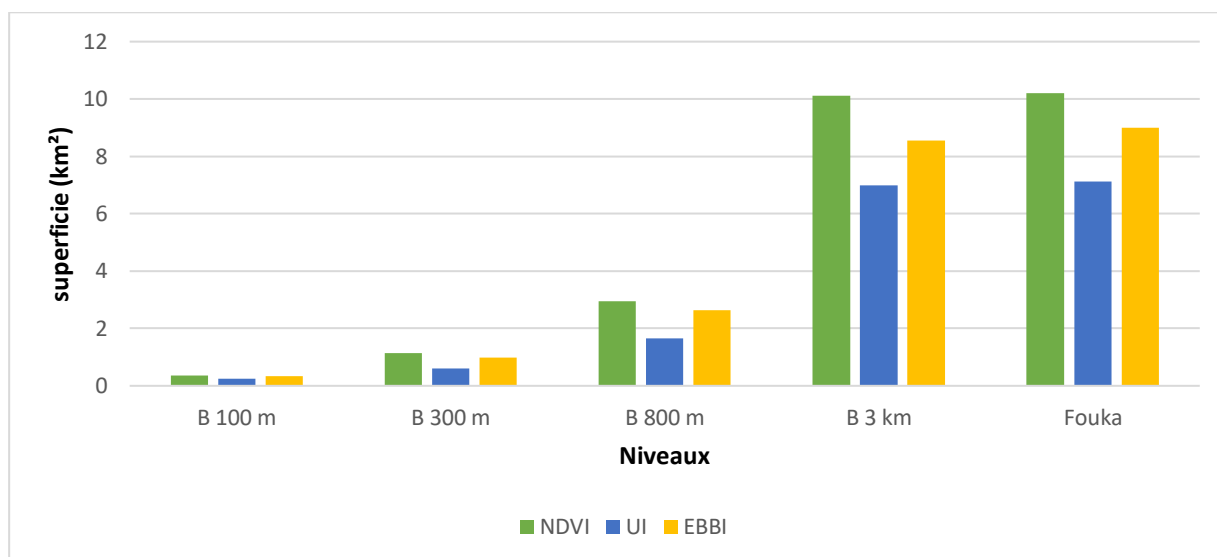


Figure 24 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Fouka et ses bandes littorales de 1990 à 2021

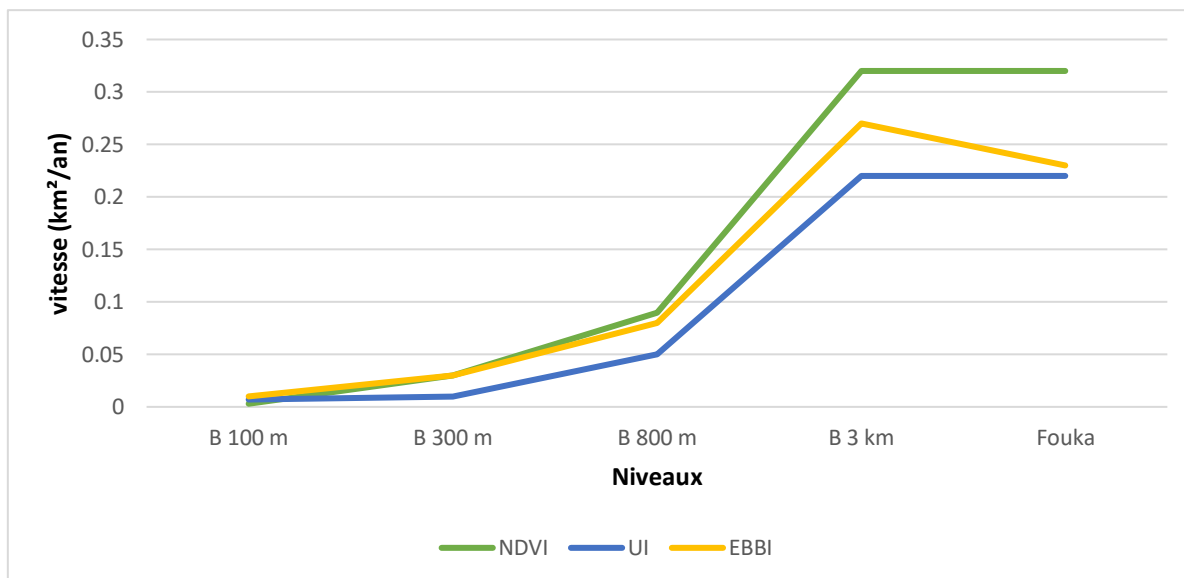


Figure 25 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Fouka et ses bandes littorales de 1990 à 2021

3.7.Douaouda

Nous présentons ci-dessous les tableaux des superficies, les pourcentages et les vitesses du changement relatifs à la commune de Douaouda et ses 04 bandes littorales (100m, 300m, 800m, 3km) de 1990 à 2021. Ainsi nous avons présentons des graphes qui montrent l'évolution de ces trois indices pendant la même période

Aussi nous présentons la carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de cette commune pour la période 1990-2021 (voir l'annexe 07)

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des résultats des différences d'indices NDVI, UI et EBBI pour la commune de Douaouda et ses 04 bandes littorales pendant la période de 1990 à 2021

Niveau		B 100 m	B 300 m	B 800 m	B 3 km	Douaouda
Surface totale (km²)		0.43	1.36	3.16	10.22	12.10
Différence NDVI	Surface du changement (km²)	0.34	0.98	2.65	8.41	10.10
	Pourcentage du changement (%)	79.06	72.05	83.86	82.28	83.47
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.03	0.08	0.27	0.32

Différence UI	Surface du changement (km²)	0.32	0.76	1.49	6.02	6.63
	Pourcentage du changement (%)	74.41	55.88	47.15	58.90	54.79
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.02	0.04	0.19	0.21
Différence EBBI	Surface du changement (km²)	0.39	1.10	2.60	7.49	8.70
	Pourcentage du changement (%)	91	87.20	82.39	73.42	72.12
	Vitesse du changement (km²/an)	0.01	0.03	0.08	0.24	0.28

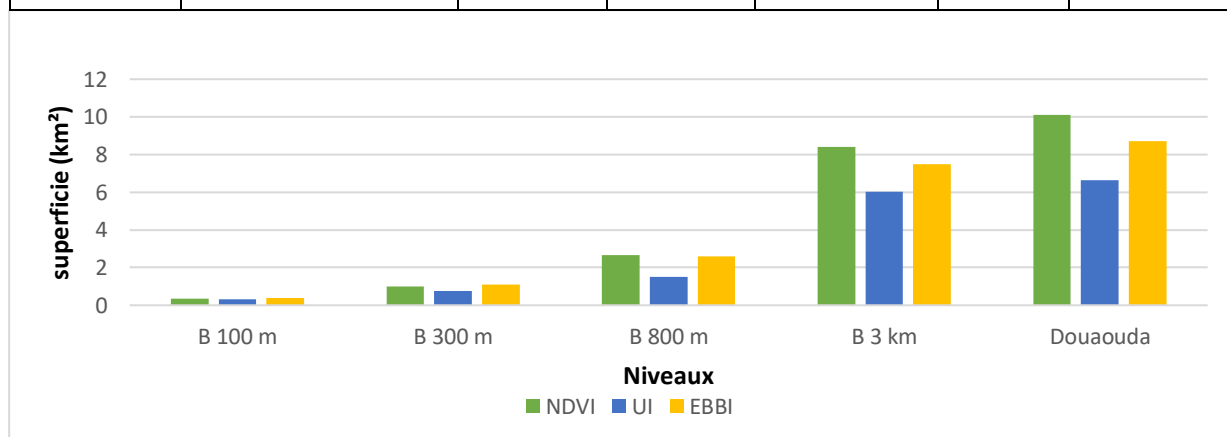


Figure 26 : résultats des superficies du changement en (km²) de la commune de Douaouda et ses bandes littorales de 1990 à 2021

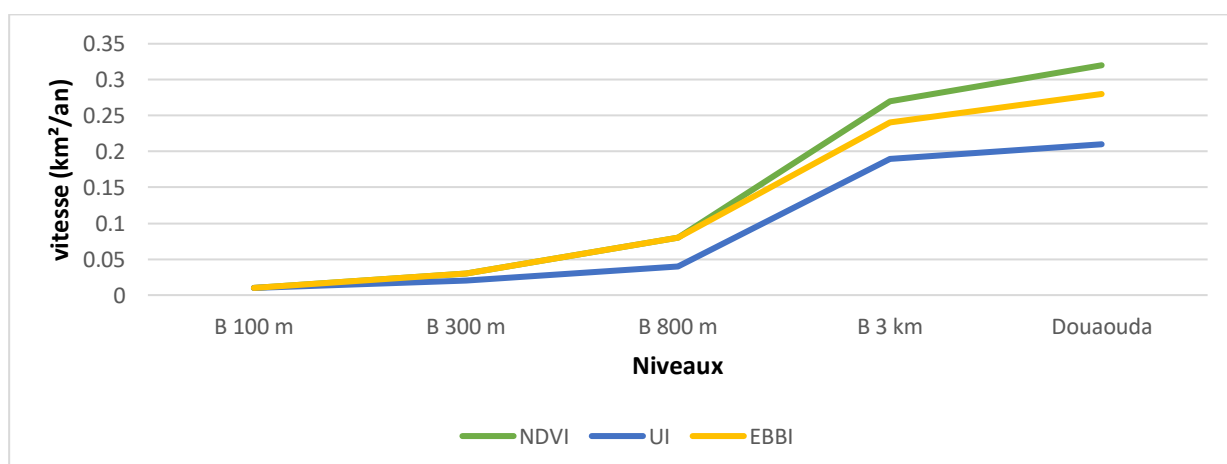


Figure 27 : résultats des vitesses du changement en (km²/an) de la commune de Douaouda et ses bandes littorales de 1990 à 2021

4. Analyse du changement

Dans ce qui suit, nous présentons une analyse des résultats obtenus dans la période de 1990 à 2021, concernant deux communes différentes en termes de superficie du changement, la commune de Tipasa qui a la superficie de changement d'urbanisation la plus importante et la commune de Khemisti qui a la superficie de changement la moins importante. Ces deux communes sont choisies comme références pour l'analyse des autres communes

4.1. La commune de Tipasa

D'après les résultats obtenus dans le tableau 08 et les figures 14,15, nous avons constaté :

- **Quant à l'indice NDVI :** la superficie de changement qui exprime la baisse du couvert végétal est de 31.26% de la surface totale de la commune de Tipasa soit 20.67 km², cette baisse est répartie sur les quatre bandes littorales 100m, 300m, 800m, 3km et est estimée respectivement à 0.87, 2.90, 8.00 et 17.64 km² (Fig. 14). La vitesse du changement de NDVI dans cette commune est de 0.67 km²/an, tandis que pour les bandes littorales de 100m, 300m, et 800m la vitesse est faible par rapport à la vitesse de la bande littorale 3km qui est 0.57km²/an (Fig.15)
- **Quant à l'indice EBBI :** la superficie de changement qui exprime l'augmentation des sols artificialisés et les sols nus est de 75.79% de la surface totale de la commune de Tipasa soit 50.12 km², cette augmentation est répartie sur les quatre bandes littorales 100m, 300m, 800m, 3km et est estimée respectivement à 2.47, 6.83, 16.60 et 35.31 km² (Fig. 14). La vitesse du changement d'EBBI dans cette commune est de 1.62 km²/an, tandis que pour les bandes littorales de 100m, 300m, et 800m la vitesse est faible par rapport à la vitesse de la bande littorale 3km qui est 1.13 km²/an (Fig.15)
- **Quant à l'indice UI :** la superficie de changement qui exprime l'augmentation zone urbanisés est de 56.36% de la surface totale de la commune de Tipasa soit 37.27 km², cette augmentation est répartie sur les quatre bandes littorales 100m, 300m, 800m, 3km et est estimée respectivement à 2.08, 5.01, 10.83 et 29.37 km² (Fig. 14). La vitesse du changement d'UI dans cette commune est de 1.20 km²/an, tandis que pour les bandes littorales de 100m, 300m, et 800m la vitesse est faible par rapport à la vitesse de la bande littorale 3km qui est 0.95 km²/an (Fig.15)

Généralement, nous avons remarqué qu'il y a une bonne corrélation entre les trois indices sur cette commune. En outre, la bande littorale de 3km dans les trois indices est la bande qui a le plus grand taux de changement avec une forte vitesse du changement. La diminution du couvert végétal de 1990 à 2021 est au détriment des bâtis en particulier (activités anthropiques) et l'agriculture (artificialisation des sols)

4.2. La commune de Khemisti

D'après les résultats obtenus dans le tableau 11 et les figures 20,21, nous avons constaté :

- **Quant à l'indice NDVI :** la superficie de changement qui exprime la baisse du couvert végétal est de 63.33% de la surface totale de la commune de Khemisti soit 5.64 km², cette baisse est répartie sur les quatre bandes littorales 100m, 300m, 800m, 3km et est estimée respectivement à 0.13, 0.33, 0.86 et 3.97 km² (Fig. 20). La vitesse du changement de NDVI dans cette commune est de 0.18 km²/an, tandis que pour les bandes littorales de 100m, 300m, et 800m la vitesse est faible par rapport à la vitesse de la bande littorale 3km qui est 0.13 km²/an (Fig.21)
- **Quant à l'indice EBBI :** la superficie de changement qui exprime l'augmentation des sols artificialisés et les sols nus est de 65.77% de la surface totale de la commune de Khemisti soit 5.86 km², cette augmentation est répartie sur les quatre bandes littorales 100m, 300m, 800m, 3km et est estimée respectivement à 0.10, 0.27, 0.74 et 4.43 km² (Fig. 20). La vitesse du changement d'EBBI dans cette commune est de 0.19 km²/an, tandis que pour les bandes littorales de 100m, 300m, et 800m la vitesse est faible par rapport à la vitesse de la bande littorale 3km qui est 0.14 km²/an (Fig.21)
- **Quant à l'indice UI :** la superficie de changement qui exprime l'augmentation zone urbanisés est de 45.29% de la surface totale de la commune de Khemisti soit 4.03 km², cette augmentation est répartie sur les quatre bandes littorales 100m, 300m, 800m, 3km et est estimée respectivement à 0.004, 0.02, 0.07 et 2.63 km² (Fig. 20). La vitesse du changement d'UI dans cette commune est de 0.31 km²/an, tandis que pour les bandes littorales de 100m, 300m, et 800m la vitesse est faible par rapport à la vitesse de la bande littorale 3km qui est 0.08 km²/an (Fig.21)

Nous avons remarqué qu'il y a une bonne corrélation entre les trois indices sur cette commune. En outre, la bande littorale de 3km dans les trois indices est la bande qui a le plus grand taux de changement avec une forte vitesse du changement. La diminution du couvert végétal de

1990 à 2021 est au détriment des bâtis en particulier (activités anthropiques) et l'agriculture (artificialisation des sols)

II. Discussion générale

Par rapport à l'indice de végétation, nous avons constaté une diminution du couvert végétal dans toutes les communes, avec un taux important dans le côté Est. Les communes les plus importantes sont : la commune de Douaouda en première classe, sa diminution est environ 83.47 % de la surface totale. Ensuite, la commune de Fouka (81.92 %), après ça, la commune d'Ain Tagourait est à la troisième classe (76.72%) (Tableaux 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14). Cette diminution peut être due à la dégradation de la couverture végétale à cause des incendies, des feux, la déforestation ou la conversion des forêts en terres agricoles. Sachant que la formation géologique de la partie Est de la zone d'étude est plus favorable au développement de l'agriculture que le côté Ouest qui contient beaucoup plus des formations anciennes (des roches consolidées ne favorisant pas le développement de l'agriculture). Par conséquent, l'investissement se fait dans des terrains plats avec des formations argileuses, car ils sont riches en matière organique ainsi qu'en minéraux rares (fer, nitrate et phosphore).

La période de 1990-2021 est marquée par la plus grande augmentation d'urbanisation dans la bande de 3 km pour les communes : Khemisti, Bouharoun et Ain Tagouarit, et dans la bande de 100 m pour les communes : Douaouda, Fouka, Bou-Ismaïl et Tipasa. Dans cette période, la bande des 3 km est marquée par la vitesse d'urbanisation la plus importante dans toutes les communes et pour les trois indices (Fig. 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27). Ceci peut être exprimé par le développement des activités touristiques et la facilité de pratiquer des activités marines (pêche).

Le niveau d'urbanisation des communes côtières de l'Est de la wilaya de Tipasa de 1990 à 2021 n'est pas le même. En effet, nous remarquons que la commune de Tipasa et ses bandes littorales se caractérisent par des superficies du changement les plus importantes par rapport aux autres communes (Fig. 28, 29, 30,31 et 32). Au contraire, la commune de Khemisti et ses bandes ont les superficies du changement les moins importantes. Cela est exprimé par la différence de surface totale pour chaque commune. Où la surface totale de la commune de Tipasa est la plus grande par rapport à la commune de Khemisti qui est la plus petite.

Après le classement par ordre décroissant des superficies du changement des zones urbanisées pour les 07 communes côtières, nous avons remarqué que la commune de Tipasa est la commune la plus urbanisée (37.27 km²). Après cela, la commune d'Ain Tagourait prend la

deuxième position (16.89 km²), après Bousmail (10.83 km²), Fouka (7.12 km²), Douaouda (6.63 km²), Bouharoun (5.85 km²) et dernièrement la commune de Khemisti qui est la commune la moins urbanisé (4.03 km²).

A l'échelle de chaque commune, la commune de Bou-Ismaïl est la commune qui contient le grand changement d'urbanisation dans sa surface (77,24 % de sa surface totale), tandis que la commune de Khemisti contient le changement d'urbanisation le moins important dans sa surface (45.29 % de sa surface totale).

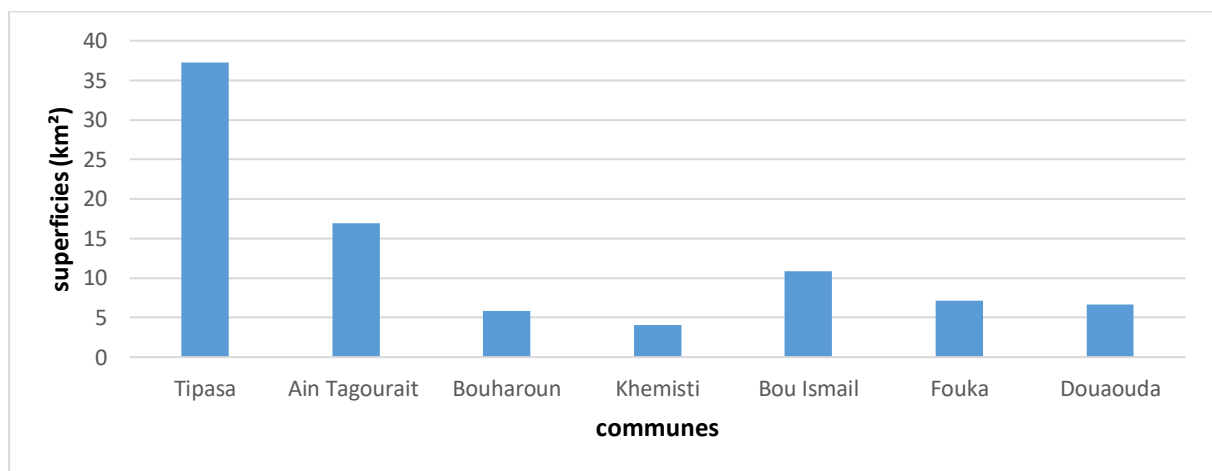


Figure 28 : les superficies du changement en (km²) de différence UI pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

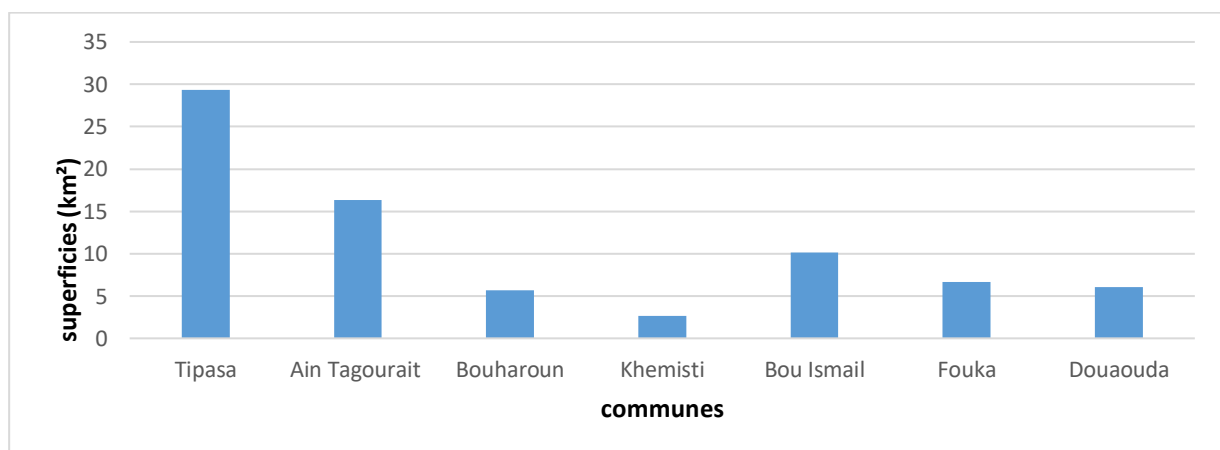


Figure 29 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 3 km pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

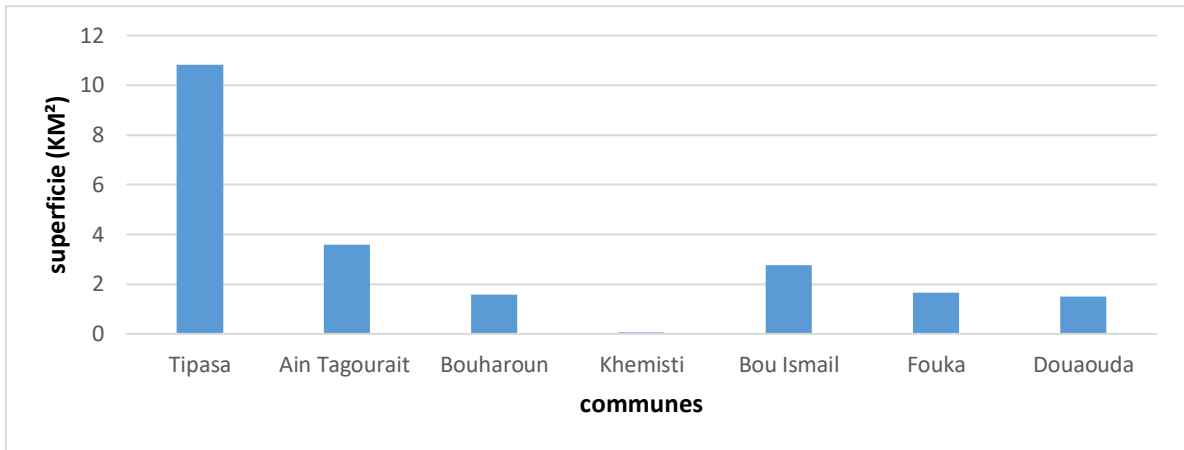


Figure 30 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 800m pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

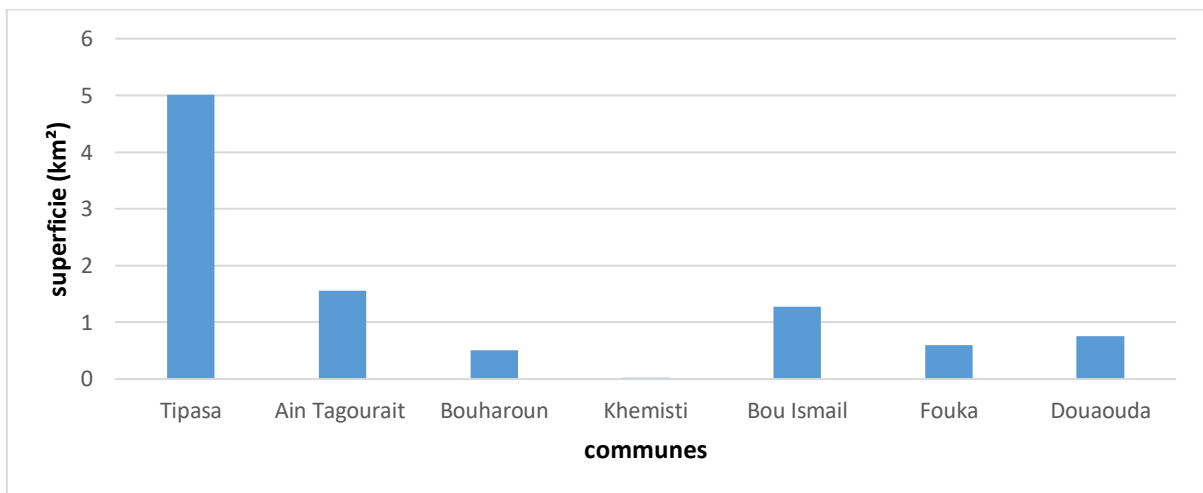


Figure 31 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 300m pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

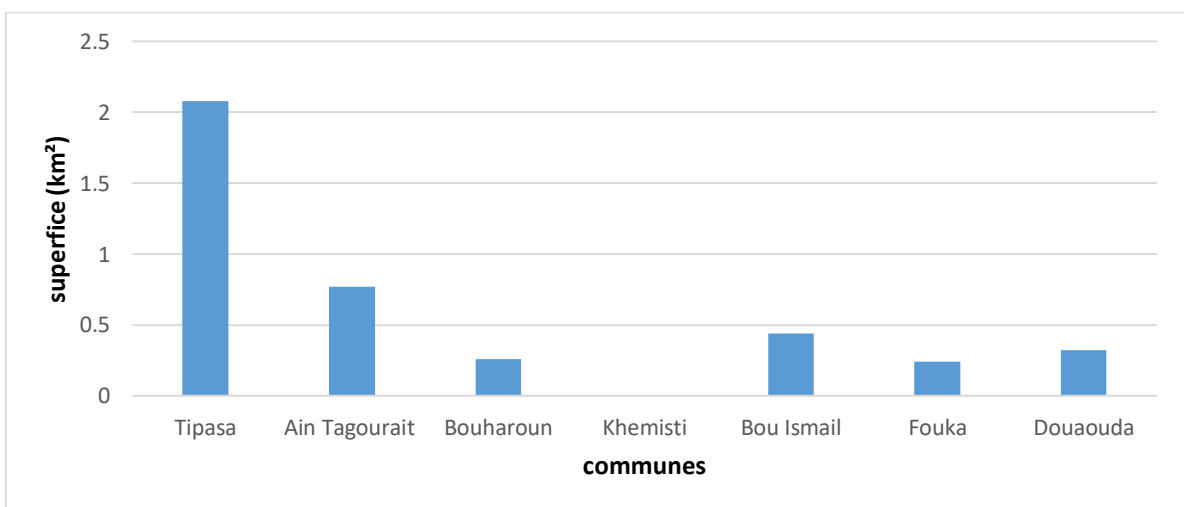


Figure 32 : les superficies du changement en (km²) de différence UI de la bande 100m pour les 07 communes de la zone d'étude de 1990 à 2021

Nous présentons ci-dessous la carte d'occupation du sol qui a été réalisée par le CNL-Tipasa, ainsi que les résultats des superficies et les pourcentages d'urbanisation de notre zone d'étude en 2021, obtenus par l'indice UI et par le CNL-Tipasa (résultats de référence)

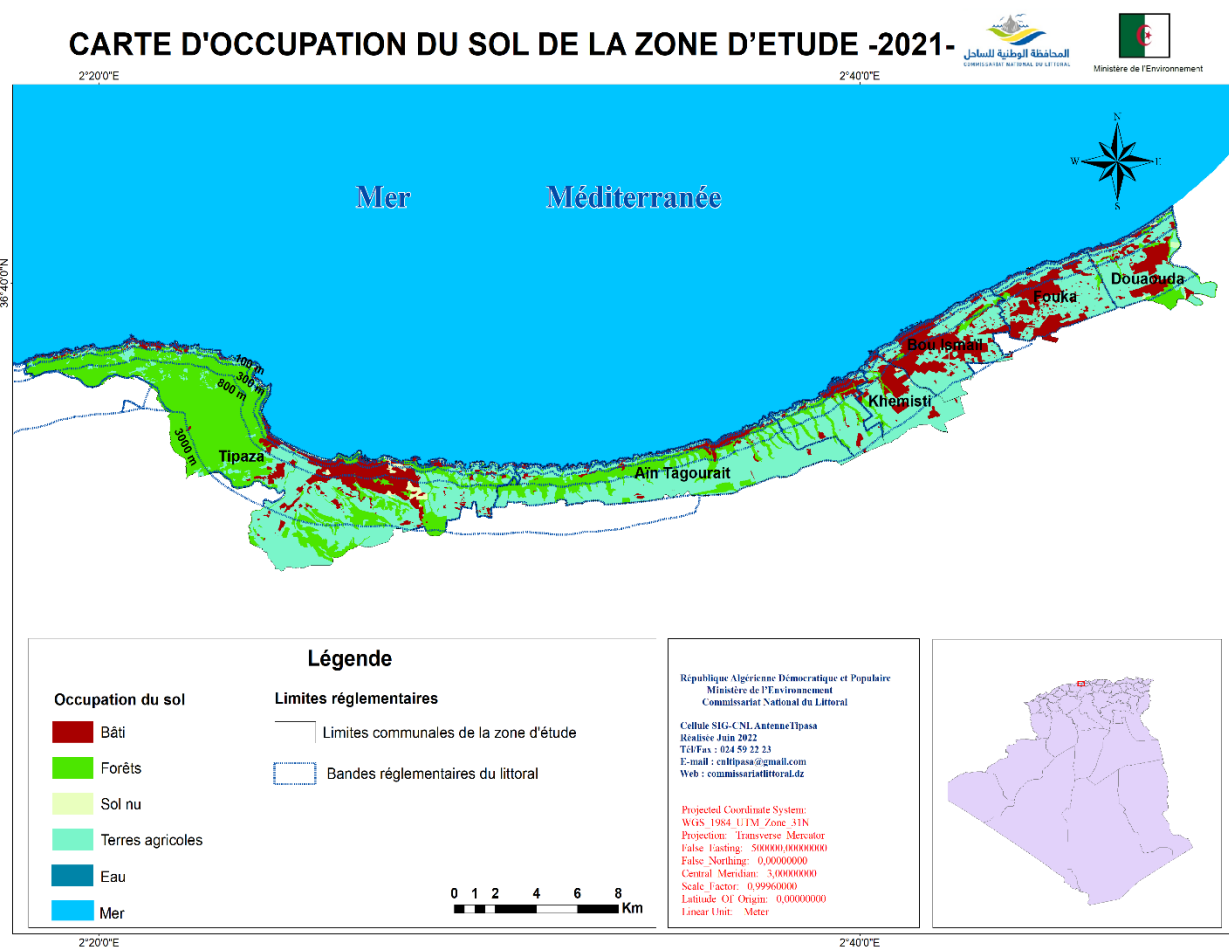


Figure 33 : la carte d'occupation du sol de la partie Est de Tipasa (CNL-Tipasa)

Tableau 13 : Tableau récapitulatif des résultats d'urbanisation de la commune de Tipasa par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Tipasa
Surface totale (km²)	2.80	7.95	19.93	54.37	66.13
Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	1.01	2.47	4.80	8.33	8.50

Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	36.07	31.06	24.08	15.32	12.85
Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	1.63	3.64	7.02	18.46	22.62
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	58.21	45.79	35.22	33.95	34.20

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des résultats de l'urbanisation de la commune d'Ain Tagourait par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Ain Tagourait
Surface totale (km²)	1.27	3.66	9.29	25.66	26.25
Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	0.30	0.97	1.35	1.51	1.52
Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	23.62	26.50	14.53	5.88	5.79
Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	0.82	1.91	4.24	16.01	16.70
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	64.57	52.18	45.64	62.39	63.62

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats de l'urbanisation de la commune de Bouharoun par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Bouharoun
Surface totale (km²)	0.50	1.43	3.41	8.66	8.89
Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	0.17	0.55	0.99	1.27	1.35
Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	34	38.46	73.66	29.03	15.03

Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	0.27	0.65	1.58	4.56	4.77
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	54	45.45	46.33	52.66	53.66

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des résultats de l'urbanisation de la commune de Khemisti par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Khemisti
Surface totale (km²)	0.13	0.34	0.93	6.13	8.91
Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	0.08	0.18	0.37	1.72	1.91
Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	61.53	52.94	39.78	28.05	21.43
Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	0.07	0.16	0.32	2.92	3.62
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	53.85	47.05	34.40	47.63	40.63

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des résultats de l'urbanisation de la commune de Bousmail par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Bousmail
Surface totale (km²)	0.55	1.70	4.43	13.16	14.02
Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	0.27	0.76	1.84	5.70	5.77

Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	49.09	44.71	41.53	43.31	41.16
Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	0.40	1.05	2.67	9.66	10.18
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	72.72	61.76	60.04	73.40	72.61

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des résultats de l'urbanisation de la commune de Fouka par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Fouka
Surface totale (km²)	0.42	1.31	3.40	12.28	12.45
Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	0.19	0.30	1.32	4.74	4.90
Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	45.23	22.90	38.82	38.60	39.36
Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	0.26	0.51	1.89	7.44	7.59
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	61.90	38.93	55.59	60.59	60.96

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des résultats de l'urbanisation de la commune de Douaouda par rapport à la carte d'occupation du sol (CNL)

Niveau	B 100	B 300	B 800	B 3Km	Douaouda
Surface totale (km²)	0.43	1.36	3.16	10.22	12.10

Surface urbanisée d'après le CNL (km²)	0.17	0.41	0.86	3.00	3.12
Pourcentage de surface urbanisée d'après le CNL(%)	39.53	30.14	27.21	29.35	25.76
Surface urbanisée d'après l'indice UI (km²)	0.38	0.77	2.00	6.44	7.43
Pourcentage de surface urbanisée d'après l'indice UI (%)	88.37	56.61	63.29	63.01	61.40

La comparaison entre les résultats des superficies d'urbanisation du CNL et de l'indice UI montre qu'il existe un écart assez important, qui s'exprime par :

- La différence entre les méthodes utilisées. La méthode utilisée par le CNL est la digitalisation avec une haute résolution donc elle est plus précise et plus fiable que la méthode par l'indice UI.
- Les résultats d'urbanisation du CNL n'incluent pas les routes, contrairement à l'indice UI qui prend en considération les routes.

Après la comparaison entre la carte d'occupation du sol et l'image d'indice UI en 2021, nous avons constaté que l'ensemble des bâtis et des sols agricoles sur la carte d'occupation du sol correspondent à la zone urbaine calculée par l'indice UI. Bien que l'image de la zone d'étude de l'indice UI ait été obtenue en période automnale caractérisée par la rareté des terres agricoles. Donc nous pouvons dire que l'indice a considéré les zones agricoles comme des sols nus. Ceci est clairement démontré au niveau des communes : Tipasa et Ain Tagourait. Comme Tipaza est plus urbanisée qu'Ain Tagourait qui contient plus des terres agricoles sur la carte d'occupation du sol, mais selon les résultats de l'indice UI, c'est l'inverse.

Malgré la différence entre les résultats des superficies d'urbanisation obtenus par le CNL et par l'indice UI, nous avons noté qu'il y a une congruence entre les deux méthodes au niveau du résultat général qui exprime que la commune de Bouismail est la commune la plus urbanisée que le reste des communes côtières de notre zone d'étude.

En fin, nous concluons que cet indice ne prend pas seulement en compte les bâtis. Cette méthode n'est donc pas toujours applicable et elle a certaines limites.

Conclusion

Le problème de l'urbanisation dans les zones côtières est un phénomène qui a des conséquences négatives sur ses habitants et sur le milieu environnant. Il conduit à la dégradation du paysage, le déséquilibre des écosystèmes marins qui est dû à la surexploitation de la population vivant près de la mer, les eaux usées rejetées dans la mer par les riverains qui sont considérée une source majeure de pollution des plages et aussi des effets négatifs sur la santé publique.

Dans ce cadre, nous avons utilisé la méthode du calcul des indices spectraux (NDVI, EBBI et UI) sur des images satellitaires de Landsat de 1990 et 2021. Cela afin de quantifier et estimer le taux d'urbanisation dans les communes Est de la wilaya de Tipasa et dans ses bandes littorales.

D'après notre étude, nous avons trouvé que la commune de Bousmail est la plus urbanisée par rapport aux autres communes. Ce résultat est confirmé par les résultats de référence (résultats de CNL- Tipasa). Cela est dû au fait que cette commune renferme plusieurs unités industrielles et des fabriques qui certes ont contribué à la forte diminution du taux de chômage par la création d'emplois directs et indirects. Mais malheureusement certaines sont fortement polluantes et ne disposent pas de stations de traitement ou de prétraitement de leurs effluents liquides.

Les bandes littorales qui ont une augmentation importante de 1990 à 2021 sont la bande de 100m en particulier, et des 3 km. D'après la carte d'occupation du sol, la bande 100m est la bande la plus urbanisée dans toutes les communes, sauf pour la commune de Bouharoun où la bande des 3 km est la plus urbanisée.

A travers les résultats que nous avons obtenus, nous concluons que la partie Est de notre zone d'étude est plus urbanisée par rapport à la partie Ouest qui a un faible taux d'urbanisation. Cela peut s'expliquer par la morphologie de la zone, où la partie Est de la zone d'étude contient des surfaces plates, cela favorise l'installation de la population dans ces zones. Contrairement à la partie ouest qui est caractérisée par une topographie élevée. C'est ce que montre la carte d'occupation du sol. Aussi, Il est important de signaler que la partie Est de la wilaya a été marquée par une très forte poussée démographique entre 1987 et 1998.

Donc, il est nécessaire de trouver des solutions qui permettent de tempérer les pressions et de rétablir les équilibres éco-systémiques fragiles. Parmi ces solutions : faire des campagnes de sensibilisation pour protéger le littoral et la nature de sa dégradation, ainsi que pour éviter les pertes matérielles et l'augmentation des coûts : Les habitants de ces littoraux sont plus vulnérables à l'érosion côtière. Il est aussi nécessaire de respecter la loi littorale 02-02 en particulier dans les bandes littorales de 100 m, 300m, 800m, pour éviter les dangers naturels

tels que les tsunamis. Egalement, pousser les populations à l'intégration rurale et fournir toutes les commodités, les besoins et les conditions de vie nécessaires

Enfin, nous pouvons répondre à notre problématique en disant que la loi de littoral n'est pas respectée dans une grande partie de notre zone d'étude, surtout dans les communes de l'Est. Par conséquent, des procédures strictes doivent être prises pour freiner ces abus illégaux qui menacent l'équilibre des écosystèmes.

Perspectives :

- Le respect de la loi littorale 02-02 en particulier dans les bandes littorales de 100 m, 300m, 800m et mettre en place des procédures strictes et différents sanctions pour les contrevenants à la loi
- Faire des campagnes de sensibilisation pour protéger le littoral et éduquer les générations sur l'importance de littoral et la nécessité de le préserver
- L'amélioration de la méthode d'indice spectrale

Références bibliographiques

- **As-syakur, A. R., Adnyana, I.W et al (2012)** Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area. Remote Sens. Vol., N°4, p.p. 2957-2970.
- **Benferchiche, H. (2018)**. Analyse de l'artificialisation de la zone côtière en Algérie : Cas des wilayas d'Oran (Ouest) et de Tipaza (Centre).Mémoire d'ingénieur. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL. p. 60
- **Chander, G., Markham, B (2003)** Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges. Vol., N°41, p.p. 2674 -2677.
- **Cote, M (1994)**. Urbanisation en Algérie : idées reçues et réalités. Vol., N°, p.p. 59-72.
- **Dahaoui, A.O., Berkissa, H.M. (2020)**. La télédétection du changement pour la quantification des sols artificialisés dans le littoral algérien. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL. p.p. 29-37
- **Deffontaines, J.P., Marcelpoil, E et al : (2001)**. Le développement territorial : une diversité d'interprétations, in Lardon S., Maurel P., Piveteau V. (dir.), Représentations spatiales et développement territorial, Paris : Editions Hermès, p.p. 39-56.
- **Gamblin, A., Bruyelle, P et al : (1998)**. Les littoraux, Espaces de vie. Livre. paris, p.p. 41-208
- **Ghodbani, T (2010)** Environnement et littoralisation de l'Ouest algérien. p.p. 53-60.
- **Ghodbani, T., Berrahi-Midoun, F (2013)** La littoralisation dans l'Ouest algérien : analyse multiscale des interactions hommes-espaces-écosystèmes. p.p.231-243
- **Ghodbani, T., Bougherira, A (2019)** Le littoral algérien entre protection de l'environnement et impératifs du développement, Enjeux et Perspectives. Vol., N° 43, p.p. 559-568
- **Gohourou,F., Audebert,C (2020)** Littoralisation et ségrégation socio-spatiale : le cas du quartier Balmer de San-Pédro (Côte d'Ivoire). p.p. 43-46
- **Guilcher, A (1954)** Morphologie littorale du calcaire en Méditerranée occidentale (Catalogne et environs d'Alger). Vol., N°241-242, p.p. 50-58.
- **Kacemi, M (2009)** Protection du littoral en Algérie entre gestion et législation. Le cas du pôle industriel d'Arzew (Oran, Algérie). vol., N° 73, p.p. 687-701.

- **Kacimi zeggi, N : (2021).** Population, peuplement et territoires en France. paris : Edition Marketing S.A, p.p. 59-63
- **Karaburun, A (2010)** Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. Fatih University, p 79.
- **Lardon, S., Piveteau, V (2005)** Méthodologie de diagnostic pour le projet de territoire : une approche par les modèles spatiaux. vol., N°80/2, p.p. 75-90
- **Lebreton, C., Grosvalet, P.H (2012)** Mission Mer et Littoral. Assemblée des départements de France. p.p. 64
- **Merenne, E (2008)** L'aéroport international de Libreville : entre logique d'implantation des activités de services et préoccupations environnementales. p. 137
- **M.A.T.E. (2006).** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. Rapport d'activité. Document publié. Alger : MATE
- **Minot, D (2001)** Le projet de territoire. Elaboration et conduite partagées d'un projet de territoire. p. 177
- **Noïn, D (1999)** La population des littoraux du monde. vol 63., N°2, p.p. 65-73.
- **Opoko, A. p., Oluwatayo, A (2014)** Trends in urbanisation : implication for planning and low-income housing delivery in Lagos, Nigeria. vol 15-26, p 103
- **Pascale, D (2009)** La gestion du littoral en Nouvelle-Calédonie. Université de la Nouvelle-Calédonie. p.p. 53-78.
- **Rabehi, w., Guerfi, M et al (2019)** La baie d'Alger, un espace côtier prisé, entre pressions d'urbanisation et gouvernance territoriale. . p.p. 114.
- **Rodriguez, T., Fourier, A et al (2007)** Guide méthodologique d'aide à la prise en compte des problématiques maritimes dès le diagnostic des SCOT côtiers. Vol 3., N° 3, p.p. 14-18
- **Sekertekin, A., Marangoz, A (2017)** An Erdas Imagine Model To Extract Urban Indices Using Landsat 8 Satellite Imagery. International Journal of Scientific & Technology Research. Vol 6., N° 01, p.p. 62-67.
- **Senil N., François, H et al (2006)** Patrimoine et territoire, la construction d'une dynamique et de ses ressources. vol 5, p.p. 683-700.
- **Soltani, E., Boumezbeur, M (2019).** Utilisation de la télédétection du changement pour la quantification de l'artificialisation des sols dans la wilaya d'Annaba. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL. p.p. 59-65
- **Sylvie, L., Vincent, P (2005)** Méthodologie de diagnostic pour le projet de territoire : une approche par les modèles spatiaux. vol. 80., N°2, p.p. 75-90.

- **Teteka Mutondo, G., Nsiami, C et al (2020)** Estimation de l'albédo de surface avec LANDSAT 8 OLI : Application sur la scène de la ville de Lubumbashi et ses environs. p.p. 459-465.
- **Touat, N (2016)** Diffusion d'urbanisation et tendance à la conurbation cas de Tipasa ; Algérie.vol 2., N°2, p.p. 61-68.
- **Trépanier, I (1996)** Diagnostic d'évolution du littoral d'une partie du delta du fleuve Kouge au Viêt-nam par télédétection multi date. Vol 2., N° 2, p.p. 6-9
- **Voiron-Canicio, C (1999)** Urbanisation et littoralisation sur les rives de la méditerranée. Vol 4., N° 2, p.p. 103-104

Annexes

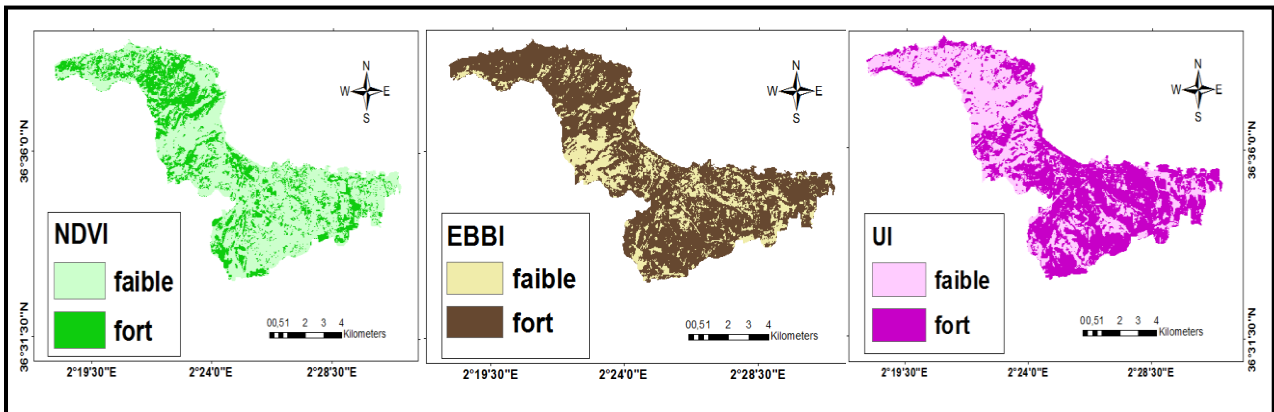


Figure 01 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune de Tipasa pour la période 1990-2021

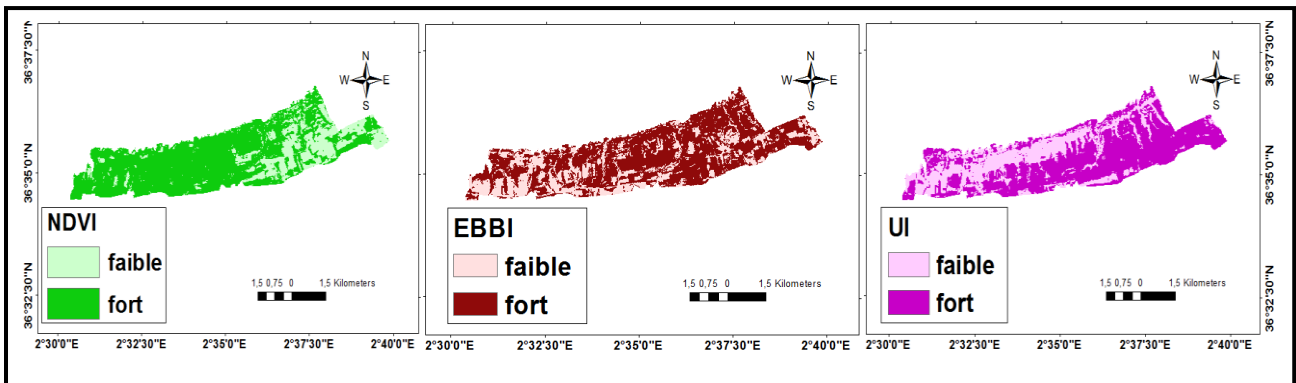


Figure 02 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune d'Ain Tagourait pour la période 1990-2021

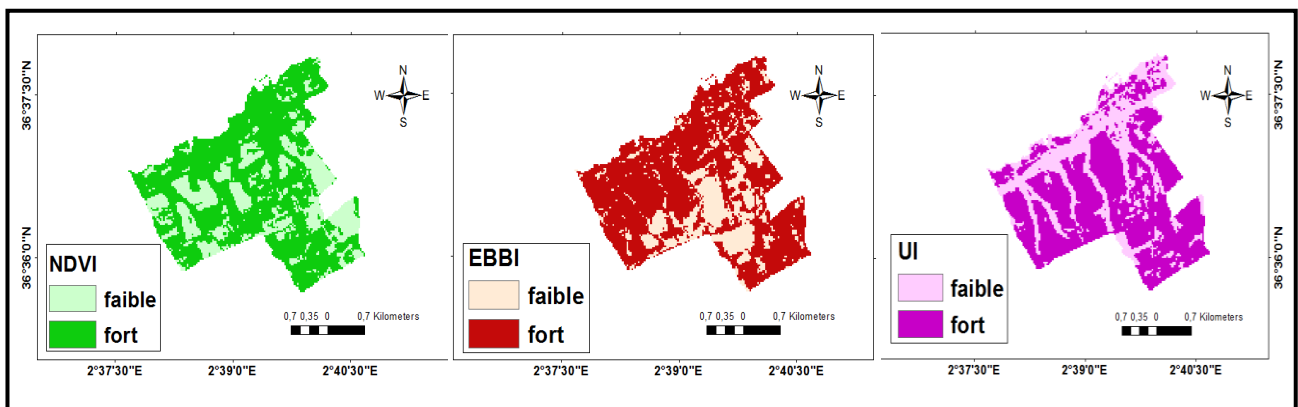


Figure 03 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune de Bouharoun pour la période 1990-2021

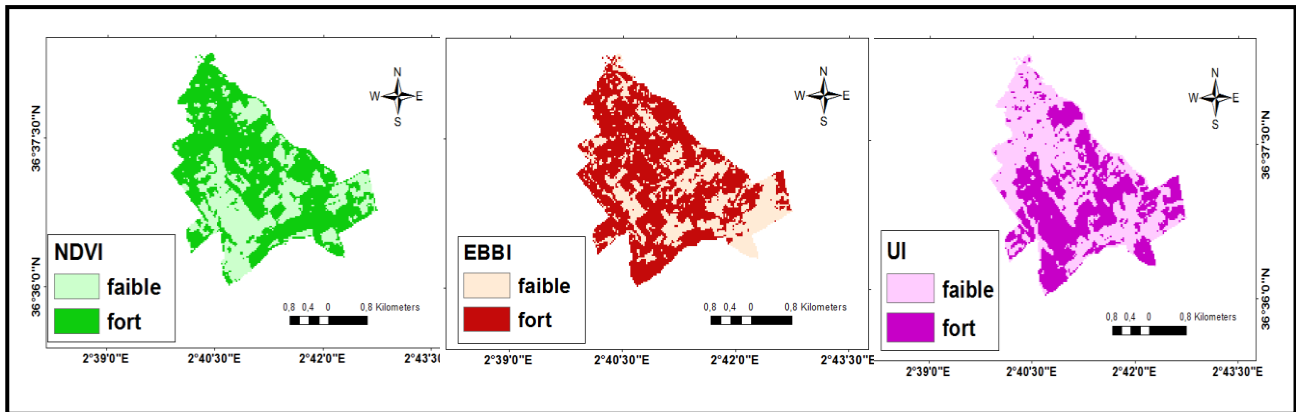


Figure 04 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune de Khemisti pour la période 1990-2021

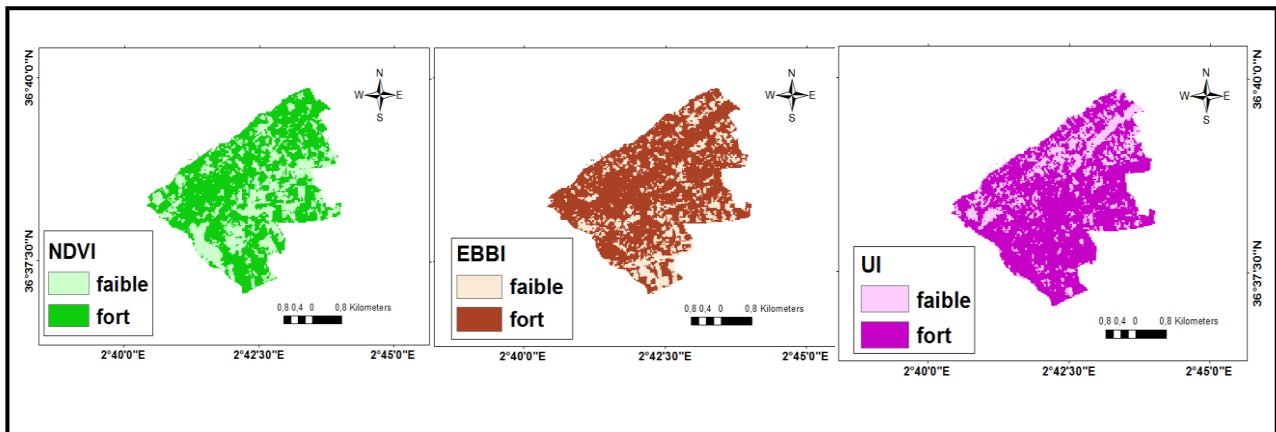


Figure 05 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune de Bousmail pour la période 1990-2021

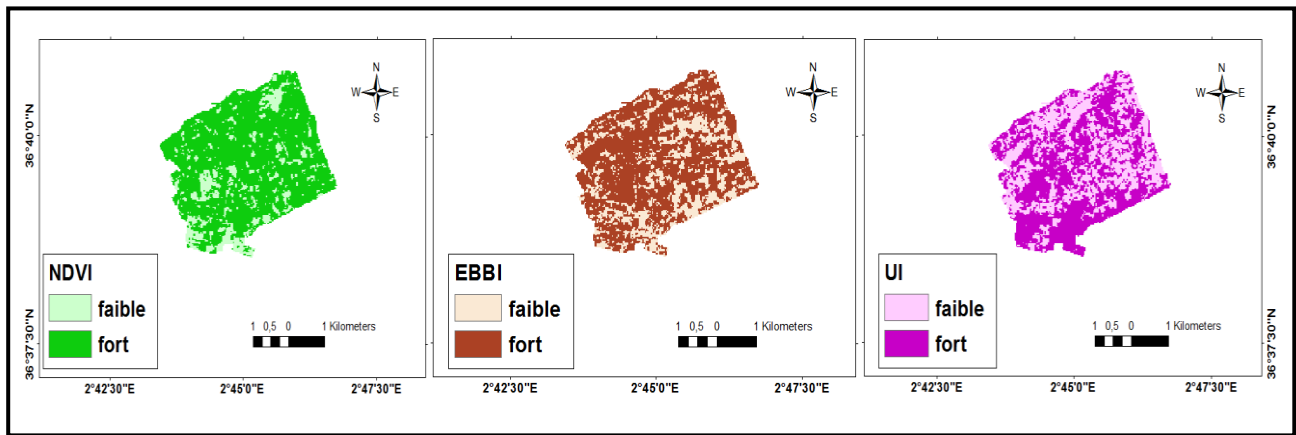


Figure 06 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune de Fouka pour la période 1990-2021

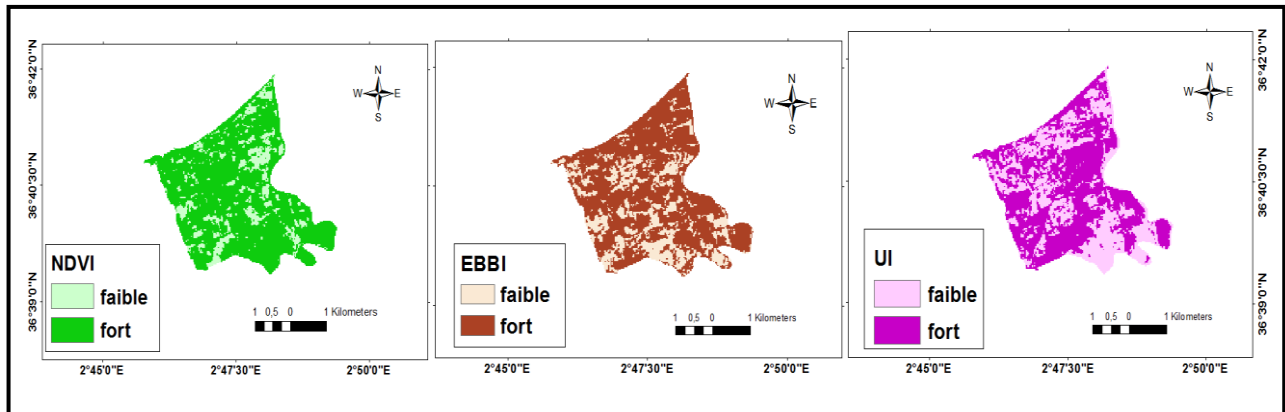


Figure 07 : carte du changement par la différence d'indices NDVI-EBBI et UI de la commune de Douaouda pour la période 1990-2021

Résumé

La côte algérienne est exposée par de nombreuses pressions anthropiques (urbanisation, artificialisation, déforestation...), qui s'accroissent ces derniers temps. En effet, ces pressions conduisent à la dégradation des écosystèmes côtiers. Dans notre étude qui s'intéresse au phénomène d'urbanisation de 1990 à 2021, nous avons utilisé la méthode de différences d'indices, où nous avons choisis trois indices NDVI de végétation, EBBI du développement et nudité et le UI d'urbanisation, afin d'estimer le taux d'urbanisation sur le littoral Est de la wilaya de Tipasa et de vérifier la valorisation de la loi littoral 02-02 qui est relative à la protection du littoral. Cette méthode est basée sur le calcul des superficies du changement des trois indices par l'intégration des outils de système d'information géographique (SIG) et les outils de logiciels Qgis. A partir de notre étude, nous constatons que la commune de Bousmail a subi l'urbanisation la plus importante par rapport aux autres, ceci est essentiellement dû au fait qu'il s'agit d'une grande zone industrielle (le géant papetier « Tonic », le fabricant de céramiques « Hippocampe »,...), et qu'il existe également plusieurs instituts importants (ENSM, ISM, CNRDPA...)

Abstract

The Algerian coast is exposed to many human pressures (urbanization, artificialization, deforestation, etc.), especially in recent times. Indeed, these pressures lead to the degradation of the coastal ecosystem. In our study, which is interested in the phenomenon of urbanization from 1990 to 2021, we used the index difference method. We chose three indices NDVI of vegetation, EBBI of development and nudity and UI of urbanization, for the purpose of to estimate the rate of urbanization on the east coast of the state of Tipasa and to check the valuation of the coastal law 02-02, which is relative to the protection of the coast. This method based on the calculation of the areas of change of the three indices by the integration of geographic information system (GIS) tools and Qgis software tools. From our study, we find that the common of Bousmail which undergoes the most significant urbanization compared to the others, this is essentially due to the fact that it is a large industrial zone (the giant paper manufacturer "Tonic", the manufacturer of "Hippocampe" ceramics,...), and that there are also several important institutes (ENSM, ISM, CNRDPA...)

ملخص

يتعرض الساحل الجزائري للعديد من الضغوطات البشرية (التحضر، التصنيع، إزالة الغابات، إلخ)، وخاصة في الآونة الأخيرة. في الواقع، تؤدي هذه الضغوط إلى تدهور النظام البيئي للساحل. من خلال دراستنا التي تهتم بظاهرة التحضر من 1990 إلى 2021، استخدمنا طريقة فرق المؤشر، حيث قمنا باختيار ثلاثة مؤشرات: NDVI للغطاء النباتي، EBBI للتطور والعري ومؤشر التوسع الحضري، وهذا لغرض تقدير معدل التحضر على الساحل الشرقي لولاية تيبازة وللتحقق من مدى تطبيق قانون الساحل 02-02 المتعلق بحماية الساحل. حيث تعتمد هذه الطريقة على حساب مجالات التغيير في المؤشرات الثلاثة من خلال دمج أدوات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) وأدوات برمجيات Qgis. من خلال دراستنا، نجد أن بلدية بوسماعيل تشهد أكبر تحضر مقارنة بغيرها، ويرجع ذلك أساساً إلى كونها منطقة صناعية كبيرة (الشركة المصنعة للورق العملاقة "تونيك"، الشركة المصنعة لسيراميك "هيبوكامب"...)، وأن هناك أيضاً العديد من المعاهد المهمة (ENSM، ISM، CNRDPA...).