

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

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 l'Aménagement du Littoral



Mémoire De Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme de l'Ingénieur et Master

Option : Gestion et protection de littoral

Thème :

Etude de l'évolution du littoral par télédétection

Réalisé par :

❖ SADI NAWAL

Soutenu le 29/09/2022 devant le jury

composé de :

Mme Benchikou Latifa	Maitre assistante B (ENSSMAL)	Présidente
Mme Mahdid Sonia	Maitre assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr Fernane Lounes	Maitre de conférences B (ENSSMAL)	Examineur
Mme Benzouai Siham	Maitre de conférences B (ENSSMAL)	Promotrice

Remerciements

Je remercie en premier lieu ALLAH qui m'a donné la santé et la force pour accomplir ce travail.

Au terme de cette étude, je voudrais remercier toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation, en particulier:

Ma promotrice, Mme S. Benzouai, pour son aide, ces nombreux conseils et surtout sa disponibilité tous le long du travail.

Nos vifs remerciements iront aussi aux membres de jury qui nous feront l'honneur de traiter mon travail

Et je remercie aussi tous les membres de l'école nationale de science de la mer et l'aménagement du littoral.

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à exprimer mon amour sincère.

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

*A l'homme, mon précieux offre de Dieu, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect :
mon père Mohammed.*

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui a fourni tous les efforts pour me rendre heureuse : mon adorable mère Samira.

A mon fiancé Riad et sa mère Khira.

A mes sœurs : Mouna, Salwa, Nadjoua, Salsabil et A mes frères : Nasrredin et Anes

Merci pour votre soutien moral, votre confiance et vos précieux conseils, qui m'ont aidé dans les moments difficiles. Je vous souhaite le bonheur et la réussite dans vos vies.

A mes grands-pères, grandes mères, oncles et tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous mes amis que j'ai connu jusqu'à maintenant, particulièrement Assia

Merci pour leur amour et leur encouragement

ملخص

تشكل المدن الكبرى ظاهرة عالمية تؤثر بشكل خاص على المدن الساحلية والجاذبة اقتصاديًا. ولاية الجزائر هي النواة الاقتصادية. يتأثر بلد الجزائر العاصمة بالتوسع الحضري المكثف. هذا التصنيع غير المنضبط، والذي انتشر في كثير من الأحيان بطريقة فوضوية (الإسكان غير المستقر أو السكن الجماعي للدولة) ينتهك في كثير من الأحيان القوانين المعمول بها وأدوات التخطيط وقد تسبب في تدهور بيئي كبير في المنطقة الساحلية للجزائر العاصمة. الغرض من هذا العمل هو تحليل النمو الحضري في ولاية الجزائر خلال عامي 2015 و 2021 باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. لهذا الغرض، استخدمنا صور أقمار صناعية من نوع SAR، تم الحصول عليها مجانًا من موقع Copernicus. لقد قمنا بمعالجتها مسبقًا لإعدادها لتصنيف الصور باستخدام خوارزمية تعتمد على التعلم الآلي. تم أخذ العينات على برنامج Google Earth بفضل صورته التاريخية. سمح لنا هذا العمل بإجراء تحليل مقارنة أظهر بوضوح أنه خلال 7 سنوات، تطور تصنيع التربة بطريقة مكثفة.

كلمات مفتاحية: التعمير، الاستشعار عن بعد، الجزائر العاصمة، موقع كوبرنيكوس، Google Earth

Résumé

La métropolisation des villes est un phénomène planétaire, qui affecte particulièrement des villes côtières et économiquement attractive. La wilaya d'Alger est le noyau économique ; pays d'Alger est touché par une urbanisation intensive. Cette artificialisation incontrôlée, qui s'est souvent étalée de manière anarchique (habitat précaire ou collectif-étatique) est souvent transgressive des lois en vigueur et des instruments de planification et a causé une dégradation environnementale significative de l'espace côtier algérois. Le but de ce travail est d'analyser la croissance urbaine dans la wilaya d'Alger au cours des années 2015 et 2021 et ce, à l'aide des techniques de télédétection. Pour cela, nous avons utilisé des images satellitaires de type SAR, acquises gratuitement sur le site Copernicus. Nous les avons prétraités afin de les préparer à une classification d'images avec un algorithme basé sur le « machine learning ». L'échantillonnage s'est fait sur le logiciel Google Earth grâce à ses images historiques. Ce travail nous a permis de faire une analyse comparative qui a clairement montré qu'en 7 ans, l'artificialisation des sols a évolué d'une manière intense.

Mots- clés : urbanisation, télédétection, Alger, copernicus, Google earth.

Abstract

The metropolitan development of cities is a global phenomenon, which particularly affects coastal and economically attractive cities. The wilaya of Algiers is the economic core; the country of Algiers is affected by intensive urbanization. This uncontrolled artificialization, which is often spread in an anarchic way (precarious housing or collective-state) is often transgressive of the laws in force and planning instruments and has caused significant environmental degradation of the coastal space of Algiers. The aim of this work is to analyze the urban growth in the wilaya of Algiers during the years 2015 and 2021, using remote sensing techniques. For this, we used satellite images of SAR type, acquired free of charge on the Copernicus site. We have pre-processed them in order to prepare them for an image classification with an algorithm based on "machine learning". The sampling was done on the Google Earth software thanks to its historical images. This work allowed us to make a comparative analysis which clearly showed that in 7 years, the artificialization of soils has evolved in an intense way.

Keyword: urbanization, remote sensing, Alger, copernicus site, google earth.

Sommaire

Liste des abréviations	4
Liste des tableaux	5
Liste des figures	6
Introduction Générale.....	1
1 Chapitre I : Généralités	4
1.1 Le littoral Algérien	4
1.1.1 Définition	4
1.1.2 Le littoral algérien	6
1.2 Evolution ou changement du littoral	6
1.2.1 Vulnérabilité du littoral	7
1.2.2 Vulnérabilité du littoral face à l'urbanisation	7
1.2.3 Littoralisation du littoral.....	7
1.2.4 Impact de l'urbanisation sur l'environnement côtier	8
1.2.5 Les facteurs d'urbanisation	9
1.3 La télédétection pour la quantification des zones urbanisées	11
1.3.1 Définition	11
1.3.2 Domaines d'utilisation	11
1.3.3 La télédétection optique et radar	12
1.3.4 Les données de télédétection pour l'étude du littoral.....	13
1.3.5 Les niveaux de traitements des produits Sentinel1	14
1.4 Le cadre législatif de la gestion du littoral	16
1.4.1 Les lois et décrets	16
2 Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	20
2.1 Situation géographique de la zone d'étude	20
2.2 Démographie.....	20
2.3 Urbanisation	21
2.4 Orographie.....	22
3 Chapitre III : Matériels et méthodes.....	24
3.1 Logiciels utilisés	25
3.1.1 Google Earth Pro	25
3.1.2 Logiciel Snap.....	25
3.1.3 ArcGIS	25

3.2	Données utilisées	26
3.2.1	Vecteur (<i>shapefiles</i>).....	26
3.2.2	Raster.....	27
3.3	Méthodologie	28
3.2.3	Acquisition des données.....	28
3.2.4	Prétraitements des images Sentinel-1.....	29
3.2.5	Traitement : Classification supervisée des images Cohérence.....	31
4	IV- Résultats et discussion	35
5	Les bandes de servitude selon la loi 02-2002	35
5.1	La superficie des communes littorales de la wilaya d'Alger en 2021.....	36
5.2	La bande de 100m	36
5.3	la bande de 300m.....	38
5.4	La bande de 800 m :	39
5.5	La bande de 3Km	41
6	La superficie des communes littorales de la wilaya d'Alger en 2015.....	42
6.1	La bande de 100m	43
6.2	La bande 300m	44
6.3	La bande 800m	45
6.4	La bande 3Km	46
	Conclusion	51
	Références bibliographique.....	52

Liste des abréviations

API : Interfaces de programmation d'applications

CNL : commissariat national de littoral

ESA : l'Agence spatiale européenne Mettre les 1ères lettres en majuscule

FR : Pleine résolution

GEOSS : Global Earth Observation System of Systems

GIEC: Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

GIZC : Gestion Intégré des Zones Côtières

GMES: Global Monitoring for Environmental Security

GRD : Ground Range Detected

HR : Haute Resolution

MR :Résolution moyenne

OCN: Level-2 Ocean

ONS :Office National des Statistique

OSW :Spectre de houle océanique

OWI :Champ de vent océanique

PAC :programme d'aménagement côtière

RVL :Vitesse radiale de surface

SLC :single look complex

UE : union européenne

SAR : Synthetic Aperture Radar

Liste des tableaux

Tableau 1 : La zone côtière, les caractéristiques globales (Christopher J, et al., 2006).....	5
Tableau 2 : les facteurs dégradants du littoral identifiés par le PAC	9
Tableau 3: synthèse des lois et décrets, en relation avec l'espace	17
Tableau 4: Données raster Sentinel-1 utilisées (Copernicus, 2021).....	27
Tableau 5: Données raster Sentinel-1 utilisées(Copernicus, 2015).....	27

Liste des figures

Figure 1: les facteurs d'urbanisation (OCDE, 2011).....	10
Figure 2 : Domaine d'application de la télédétection urbaine.....	12
Figure 3: les produits GRD (European Space Agency)	15
Figure 4: localisation des communes de la wilaya d'Alger.....	20
Figure 5 : Evolution des naissances vivantes et de l'accroissement naturel (ONS).	21
Figure 6 : Les reliefs de la wilaya d'Alger (AcrGis).....	24
Figure 7: Organigramme représentatif des étapes du travail.....	28
Figure 8: Taxonomie de la classification (O. Pony., 2004).....	31
Figure 9 : étendue des zones de servitude de la loi 2002-02.....	35
Figure 10: les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbaines en 2021.....	36
Figure 11 : la bande des 100m –loi littoral.....	37
Figure 12: le pourcentage des superficies des zones urbaines et non urbaines de la bande des 100 m en 2021	38
Figure 13: La bande des 300m-loi littoral.....	39
Figure 14: le pourcentage des superficies des zones urbaine et non urbain de la bande de 300m en 2021	39
Figure 15 : La bande des 800m-loi littoral.....	40
Figure 16: le pourcentage des superficies des zones urbaine et non urbain de la bande de.....	40
Figure 17: La bande des 3km-loi littoral.....	41
Figure 18: le pourcentage des superficies des zones urbaine et non urbain de la bande de 3km...	42
Figure 19: les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbaines en 2015.....	43
Figure 20 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbain de la bande de 100m en 2015.....	44
Figure 21 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaine et non urbaine de la bande de 300m en 2015	45
Figure 22 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaine et non urbain de la bande de 800m en 2015.....	46
Figure 23: La bande des 3Km-loi littoral.....	46
Figure 24 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaine et non urbain de la bande de 3Km en 2015	47

Introduction Générale

L'urbanisation est la transformation anthropique la plus radicale de la couverture/occupation et utilisation des terres, c'est aussi un phénomène socio-économique important et universel, puisque il touche tous les pays du monde (Achankeng, 2003). Ce phénomène est accéléré depuis le début du 20^e siècle; notamment avec l'augmentation significative de la population urbaine. La population urbaine ne présentait que près de 3% de la population mondiale dans les années 1800, mais elle est passée à environ 30% en 1950 (Bairoch, 1976). Actuellement, plus de la moitié de la population mondiale vit dans des zones urbaines et ce chiffre devrait atteindre 67.1% (6.25 milliards) d'ici 2050 (Pujolle, 2014). Bien que l'urbanisation favorise le développement socio-économique et améliore la qualité de vie, elle demeure une action de l'homme provoquant le changement radical de la couverture naturelle du sol à artificielle dans les villes (Clark, 1998). Avec l'urbanisation, les terres constituant la base des ressources naturelles telle que l'agriculture, des forêts et les zones humides, ont été substituées par des terres artificialisées.

La dynamique de la couverture terrestre constitue une composante importante de la dimension humaine du changement global (B.L. Turner II, 1990). Bien que les zones urbaines couvrent globalement un faible pourcentage de la superficie terrestre par rapport aux autres types de couverture terrestre, leur expansion rapide a des effets marqués sur l'environnement, sur la société et sur l'économie, comme la perte de végétation naturelle et des terres agricoles (Irwin, 2001), le changement climatique local et régional (Sahani, 2011), le déclin de la biodiversité (B., 2010), l'alternance du cycle hydrologique (al B. e., 2013), ... etc. Sans planification efficace, il ne fait aucune doute que la nécessité et le besoin en développement durable continuera d'augmenter (Dewan, 2009), la croissance urbaine due aux activités humaines progresse plus rapidement dans les pays en voie de développement que dans les pays développés (Achankeng, 2003), elle est encore plus importante dans le méditerranéen (tourisme, héliotropisme ... etc.), elle s'accompagne d'un phénomène de littoralisation.

L'impact des grandes métropoles côtières sur les écosystèmes marins et sur le changement du climat n'est plus à démontrer, en particulier en Méditerranée du sud et de l'Est (Abousamra, 2009-2010) qui connaissent une urbanisation accélérée (plus des ¾ de la population de ces

région sera urbain en 2030), due à la croissance de la population, ce qui crée une pression sur l'occupation/ utilisation du sol. Cette pression résulte en un développement urbain incontrôlé provoquant ainsi de sérieux problèmes environnementaux (érosion côtière, pollution, inondation/, ect.) ce qui contribue à accroître la vulnérabilité de ces zones côtières. La wilaya d'Alger où s'implante la plus grande métropole du Maghreb (Pujolle, 2014), subit ce phénomène d'expansion urbaine, qui affecte l'environnement et les écosystèmes côtiers environnants.

La wilaya d'Alger subit de fortes pressions anthropiques dues à l'attrait socioéconomique de la capitale algérienne (Benazzouz-Belhaï, 2010), qui par son évolution en aire métropolitaine, engendre une plus forte pression socioéconomique se traduisant par des impacts plus conséquents sur le milieu littoral et ses ressources environnementales.

L'objectif de ce travail est de prédire l'étalement urbain et non urbain à l'horizon de 2015 et 2021 mais aussi à l'identification de l'urbanisation multitemporelle en zone littorale, notamment dans la bande de servitude (100 m, 300 m, 800 m et la bande de 3 km) .



Chapitre I : **Généralités**

1 Chapitre I : Généralités

Dans ce chapitre, nous présentons le littoral Algérien, les pressions qu'il subit et les outils technologiques qui permettent de mesurer son évolution en prenant comme référence les normes juridiques mises en œuvres pour sa protection.

1.1 Le littoral Algérien

1.1.1 Définition

Le littoral est une entité géographique qui nécessite une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur. C'est une zone de contact entre la terre et la mer qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité (Becet, 2002). La zone côtière comprend des bassins fluviaux et les bassins versants, estuaires et mers côtières et s'étend jusqu'au plate-forme continentale. Cette zone de transition relativement étroite entre terre et océan est couplée à des phénomènes et processus dans les hautes terres plus éloignées et les eaux du large. Les liens biogéochimiques et socio-économiques sont inclus, les ressources et les aménités de la zone côtière sont essentiel à nos besoins sociétaux.

Alors qu'elle représente 12% de la surface mondiale (< 20% de la surface terrestre et < 9% de la surface marine mondiale (Costanza R, 1997) la zone côtière est actuellement :

- une source alimentaire majeure, y compris les principales cultures et la plupart de la pêche mondiale,
- un pôle de transport et de développement industriel,
- une source de minéraux et de produits géologiques, y compris le pétrole et le gaz,
- un emplacement pour la plupart des touristes,
- un important réservoir de biodiversité et d'écosystèmes .

La zone côtière est une zone relativement petite de la surface de la Terre. Elle contient un ensemble d'écosystèmes naturels et d'habitats, fonctionne comme une région importante et complexe pour la transformation biogéochimique. Elle abrite plus de 45% de la population humaine et fournit des avantages sociaux (tableau 1).

la zone côtière peut être considérée comme une région de gradients essentiellement horizontaux, les échanges et flux. Cependant, les interactions des flux verticaux avec l'atmosphère, le sol et les eaux souterraines entretiennent et influencent les processus vitaux du système terrestre (Steffen W, 2004). Les dimensions et la variabilité temporelles sont cruciales pour la dynamique et le fonctionnement naturel de la zone côtière. Il n'est pas dans un état stable, mais change dans le temps en réponse à différents forçages, allant du quotidien (par exemple,

marées et précipitations/débit fluvial) à saisonnier (par exemple, sternes), annuel (par exemple, rendement de la pêche), décennal (par exemple, El Niño-oscillation australe) et millénaire (par exemple, le niveau de la mer était environ 100 m plus bas il y a 8 000 ans dans de nombreuses parties du monde et considérablement plus élevé en Scandinavie que niveaux actuels)

Une multiplicité d'utilisations et d'avantages humains est dérivée de la zone côtière (tableau 1). Ressources, produits et les aménités sont dispersées de manière aussi hétérogène aux échelles locales et régionales que le sont les milieux et les processus naturels, et sont soumis à des modèles changeants de disponibilité, de qualité, limites et pressions. (May, 2006)

Tableau 1 : La zone côtière, les caractéristiques globales (Christopher J, et al., 2006)

ressources-matériaux naturels
<ul style="list-style-type: none"> • Ressource-surface, sol • Forêt et bois • Terres arables • Zones géologiques et gisements • écosystèmes et biodiversité
les produits de base naturels et d'origine humaine comprennent
<ul style="list-style-type: none"> • Aliments • Pêcheries • Habitation • Biens et procédés industriels • gaz et minéraux
les commodités naturelles et les services d'origine humaine comprennent
<ul style="list-style-type: none"> • Transports et infrastructures • Tourisme • Loisirs et culture • Biodiversité • services écosystémiques

La zone côtière :

- Comprend < 20 % de la surface terrestre
- Contient > 45 % de la population humaine
- Est l'emplacement de 75 % des villes (mégapoles) avec > 10 millions d'habitats
- Produit 90 % de la pêche mondiale
- Produit environ 25 % de la productivité biologique mondiale
- Est le principal puits de sédiments
- Est un site majeur de processus biogéochimiques nutriments-sédiments
- Est un domaine nitrogène, dynamique dans l'espace et dans le temps
- a des gradients élevés, une grande variabilité, une grande diversité

1.1.2 Le littoral algérien

Le littoral algérien s'étend sur 1 622 kilomètres. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière.

En Algérie, la zone littorale reçoit actuellement la majorité de la population et le nombre d'agglomérations ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre sans parler de nombreuses activités exercées. Ces espaces possèdent donc des atouts indéniables sur les plans touristique, économique, paysages naturels, ce qui en fait un espace fortement attractif.

1.2 Evolution ou changement du littoral

Etant soumis à diverses pressions, le littoral est un milieu fragile. Il présente une sensibilité à l'érosion marine (recul du trait de côte ou ensablements) et aux inondations par submersions marines augmentant ainsi sa vulnérabilité.

Faces aux risques qui se représentent sur plusieurs endroits du littoral algérien, nombreuses sont les recherches portées sur l'étude de l'érosion et l'évolution des côtes. Elles visent à trouver des solutions naturelles ou artificielle et aussi à évaluer le risque auquel le littoral est soumis.

Les ouvrages peuvent diminuer la vulnérabilité de la côte au risque de l'érosion et de submersion marine d'une façon ponctuelle, mais parfois, ils ont des répercussions sur l'évolution naturelle du reste de la côte en modifiant son tracé, ses morphologies et les échanges Hydro sédimentaires.

1.2.1 Vulnérabilité du littoral

Un espace est communément considéré comme vulnérable, donc « à Risque » à partir du moment où il connaît une combinaison d'aléas néfastes susceptibles de survenir et d'enjeux pouvant être endommagés si celui-ci survient (Pertes humaines, pertes matérielles à valeur économique, sentimentale, etc.) (Thouret Jean-Claude, 1996) (H. Rodriguez, 2007)

La vulnérabilité peut être définie comme le degré auquel une personne, une communauté ou un système sont susceptibles de subir des dommages en raison d'une exposition à un stress externe (al O. e., 2004). Le concept de vulnérabilité est défini différemment dans les divers domaines scientifique dans lequel il est utilisé .Bien qu'il n'y ait pas de définition universellement acceptée et que son application ne soit pas encore standardisée (FAURE, 2005), cette notion est devenue très importante dans l'étude des relations homme-environnement (al M. e., 2002)

La fragilisation du littoral algérois est bien connue et ressentie sur le terrain face aux risques liés au changement climatique (inondations, remontée du niveau de la mer, érosion de trait de côte...):

1.2.2 Vulnérabilité du littoral face à l'urbanisation de la wilaya d'Alger

A l'instar d'autres pays en développement, le processus d'urbanisation rapide s'est traduit par une ampleur et un taux de croissance urbaine sans précédent au cours des deux dernières décennies (nouvelle politique de construction de grands ensembles urbains). 91% de la population algérienne vit le long de la côte méditerranéenne sur 12% de la surface totale du pays et presque la moitié de la population est urbaine (MATET, 2004). L'urbanisation continue de se propager malgré les efforts du gouvernement pour baisser la saturation démographique des villes côtières. Alger, la capitale est soumise à une pression humaine élevée (Haffad, 2004). C'est le noyau central de l'économie et des affaires.

L'urbanisation est l'un des facteurs de vulnérabilité. Elle est l'action d'urbaniser, c'est-à-dire de promouvoir et de favoriser le développement des villes par la transformation de l'espace rural en un espace urbain.

1.2.3 Littoralisation

Selon F.Moriconi et al (2000) , 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 leur habitants.

La littoralisation est le résultat de deux processus majeurs :

- Des processus liées au choix des localisations touristiques des investissements nationaux.
- Des processus d'urbanisation en général, et de métropolisation en particulier.

1.2.4 Impact de l'urbanisation sur l'environnement côtier

Avec un taux d'environ 66%, la zone côtière méditerranéenne est l'une des zones les plus densément urbanisées au monde (PAM, 2009) . Dans ce contexte, la zone côtière algérienne est parmi les régions les plus peuplées (PNUE, 2005). En raison des aléas naturels tels que séismes, tsunamis, érosion côtière et submersion marine, combinés à d'autres facteurs anthropiques tels que l'étalement urbain, la pollution et la perte de biodiversité, cette zone côtière est particulièrement vulnérable (PAM, 2009) .

Au terme d'urbanisation, la littoralisation est très loin de devenir sans risque. Elle porte atteinte à l'environnement côtier-vulnérable-de diverses manières :

- Pollution urbaine et industrielle ;
- Perte irréversible de la couverture végétale, de sites naturels et de leurs écosystèmes ;
- Menace croissante des écosystèmes littoraux fragiles (zones humides, dunes) ;
- Concurrence croissante entre besoins en eaux urbaines et rurales ;
- Dégradation du paysage, changement microclimatiques ;
- Consommation intense de silt fertiles due au manque de terrain plats le long des rivages de la méditerranée, qui vient concurrencer l'activité agricole est menace la mise en valeur traditionnelle ;
- Occupation croissante par l'habitat des embouchures de fleuves, de vallées, et de silt de rivières éphémères ;
- Pénurie et fragilité des nappes phréatiques de l'eau de surface (lacs, rivières) ;
- Les différents travaux d'extension du port mettent en évidence un élargissement de la plaine côtière impliquant la création de lagune semi-fermée le long du littoral et la disparition de plusieurs récifs et ilots surtout dans la zone portuaire
- L'urbanisation littoral, l'extraction, le dragage et le déplacement des silt du littoral a aussi comme conséquence un changement de rivage (Luijendijk et al. 2008) ;

Dans la zone PAC, quelques facteurs négatifs ont été identifiés dans le rapport PAC (PNUE, 2005) ou dans les rapport réguliers sur l'état de l'environnement par des acteurs territoriaux , engendré principalement par le poids démographique (en 2008 dans la zone PAC 4.269.565 habitant dont 40% sont installés dans le littoral, soit 1.275.701 habitants), ces facteurs cités dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : les facteurs dégradants du littoral identifiés par le PAC

Type d'impact	Description
Remontée de la mer	- Accentuation de la vulnérabilité littorale et de l'érosion. - Inondations fréquentes des ports.
Incidence sur le milieu naturel	- Linéaire artificialité 54% en 2003 - Bande des 300m : 40% occupé - Extraction de sable de plage : 5.2 m ³ entre 1990-2002. - 30% de la population habite la bande côtière - Surface urbanisée au détriment de terre agricole : 15000 Ha
Production de déchets ménagers	- 1998: 3.044, 30 T/J - 2003: 4.102 T/J - 2020: 5.391,20
Débits d'eaux usées	- 1998: 84.959.318,125 m ³ /an, - 2020: 128.378,84 Kg/J;
Charge polluante	- 1998: 84.298,829 kg/J, - 2020: 128.378,84 Kg/J;

1.2.5 Les facteurs d'urbanisation

La croissance urbaine est l'extension de la ville liée le plus souvent à l'augmentation de la population urbaine. Cette croissance se produit lors du passage de la population de petite village basic à une ville principale bien apparente.

L'expansion urbaine , par sa spontanéité et sa complexité est un type de croissance indésirable (Bouroumi, 2010) qui constitue le souci contraignant et l'une des principales préoccupations des planificateurs et des administrateurs municipaux.

La croissance urbaine et l'expansion urbaine sont les principaux processus du développement urbain, où il faut bien faire la distinction claire entre ces deux derniers. Mais il y a une forte liaison entre les deux processus, donc les causes de la croissance urbaine sont assez semblables à celles de l'expansion urbain. Les facteurs de la croissance urbain sont illustré ci-dessous (figure 03) :

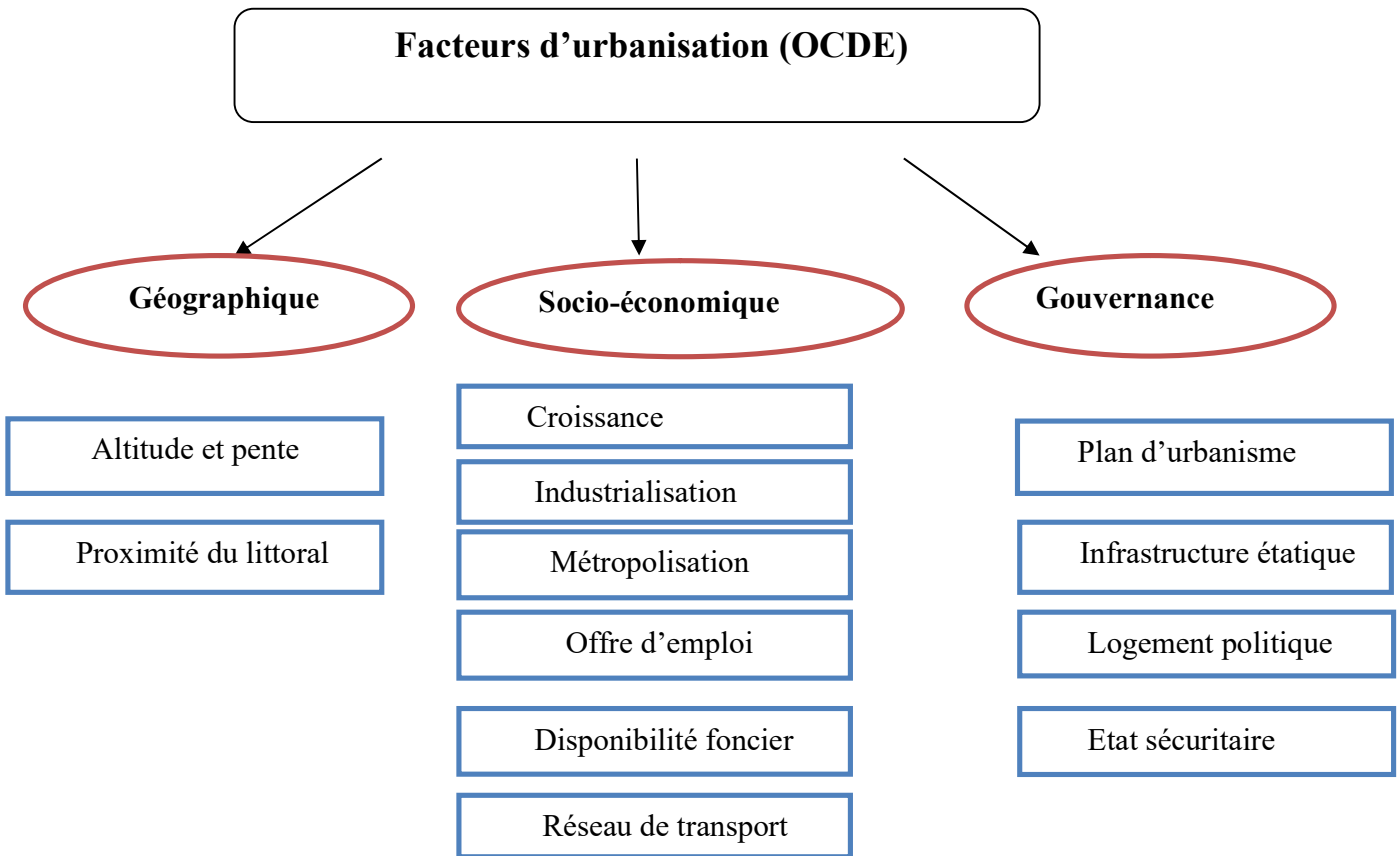


Figure 1: les facteurs d'urbanisation (OCDE, 2011)

1.3 La télédétection pour la quantification des zones urbanisées

1.3.1 Définition

Le terme "télédétection" se décompose en "télé" et "détection" signifiant respectivement "à distance" et "déceler" ou bien "découvrir". Selon le centre canadien. La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information.

La télédétection a connu un grand développement avec le lancement par la NASA, du satellite ERTS (devenu Landsat, mis en service en 1972). Ce satellite est muni d'un capteur MSS (Multi Spectral Scanner) fournissant des images de résolution spatiale égale à 80m et spectrale de quatre bandes. Il sera suivi par une série de satellites Landsat avec des capteurs de plus en plus performants. Le tout dernier, Landsat 9, a été lancé le 27 septembre 2021.

D'autres agences spatiales à travers le monde ont aussi lancé leurs propres programmes spatiaux avec des satellites imageant la Terre entière d'une manière presque continue.

1.3.2 Domaines d'utilisation

Plusieurs domaines d'utilisation de la télédétection urbaine (MUKOLE, 2010). Les trois axes majeurs dans le domaine d'application scientifique antérieurs sont illustrés ci-dessous :

-l'étalement urbain avec une approche spatiale → structure interne et type de l'habitat.

-Une approche temporelle → but de quantification de l'extension de la ville

-Une approche d'actualisation → le but étant de mettre à jour des supports cartographiques la planification territoriale

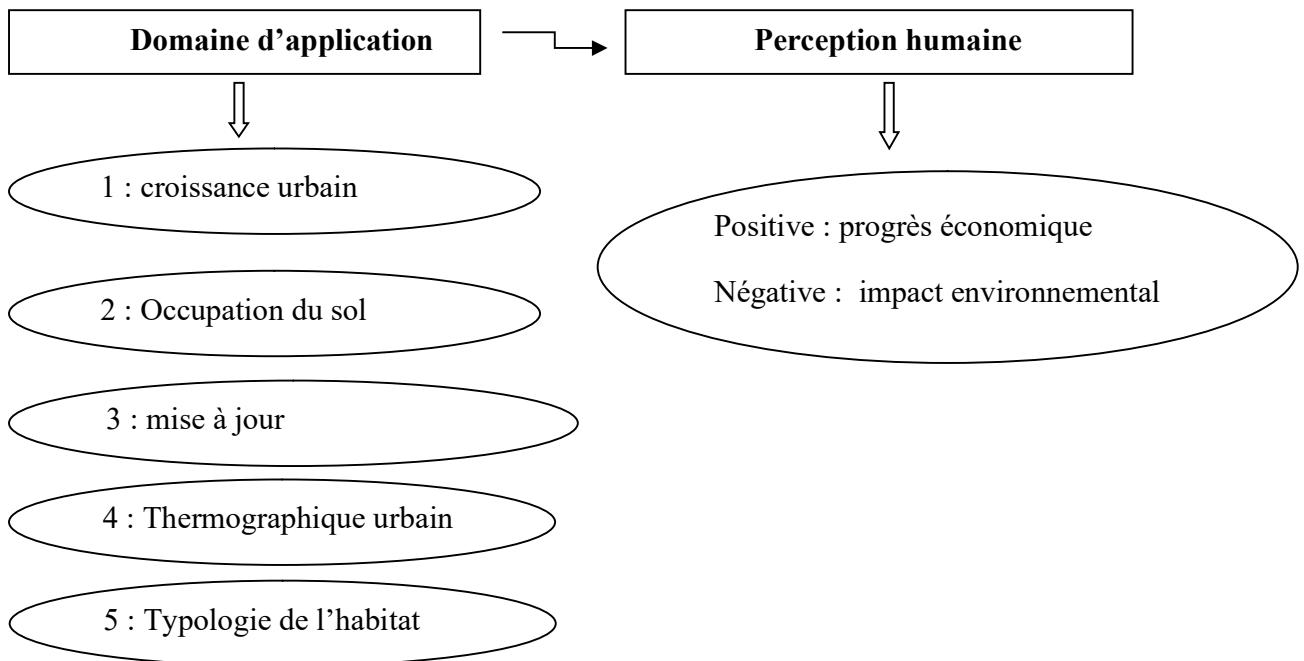


Figure 2 : Domaine d'application de la télédétection urbaine

1.3.3 La télédétection optique et radar

Les systèmes optiques s'appuient sur l'énergie solaire comme source d'éclairage. Ils sont largement utilisés pour la cartographie de l'occupation du sol du fait de la diversité de leurs mesures spectrales. Le traitement des données issues de ces capteurs permet de mettre rapidement en évidence les différents états de surface des superficies terrestres grâce aux analyses des signatures spectrales ; les satellites Spot et Landsat ont joué un rôle catalyseur dans ce type d'application (Tanaka T, 1999). Depuis quelques années, de nombreux appareils expérimentaux et commerciaux ont été lancés. Ces nouveaux capteurs, à très haute résolution, sont équipés d'instruments plus précis dans la détection spatiale, spectrale et radiométrique des objets terrestres. Les capteurs optiques sont dits des capteurs passifs car le capteur passif peut seulement percevoir l'énergie réfléchie lorsque le Soleil illumine la Terre (FAURE, 2005).

A la différence d'un système optique, l'instrument Radar est énergétiquement indépendant. Il émet son propre signal et mesure son écho. Les données issues de capteurs radar présentent certaines caractéristiques utiles pour la cartographie et le suivi des zones urbaines (Dekker, 2003). Fortement influencé par la rugosité et la constante diélectrique des surfaces

imagées (Ulaby, 1986), le signal radar est en effet intensément rétrodiffusé par le milieu urbain dans la plupart des configurations d'émission (W.M.F. Grey, 2003). Cette propriété est à même de lever certaines des confusions entre surfaces bâties et surfaces non-bâties généralement constatées à l'issu de traitements classiques opérés sur des données optiques. Par ailleurs les capteurs radars actifs émettent un signal en direction de la cible indépendamment des sources d'illumination extérieures, ce qui leur confère un caractère opérationnel quel que soient les conditions météorologiques. Considérant que la plupart des régions équatoriales ne disposent en moyenne annuelle que d'une scène optique à faible couverture nuageuse, l'imagerie radar peut s'avérer intéressante pour fournir des données complémentaires dans des zones non informées. (FAURE, 2005). Comme les capteurs optiques et les capteurs radars ne fonctionnent pas dans la même bande de fréquence, les images optiques et radars fournissent des informations complémentaires sur la zone étudiée. Là où l'optique renseigne sur la forme et la couleur des objets, le radar est sensible à leur rugosité et à leur géométrie.

1.3.4 Les données de télédétection pour l'étude du littoral

Copernicus est le programme de l'UE (Union Européenne) ayant pour objectif le développement de l'observation de la Terre par satellite (Toro, 2012). Le programme est coordonné et géré par la Commission européenne. Il est mis en œuvre en partenariat avec les États membres, l'Agence spatiale européenne (ESA). Il fournit de grandes quantités de données sur notre planète et son environnement grâce à l'utilisation de satellites en combinaison avec des systèmes de mesure au sol, dans les airs et en mer.

Les données de Copernicus peuvent être utilisées à diverses fins. Elles peuvent, par exemple, aider les pompiers à lutter contre les feux de forêt, les entreprises de construction à repérer des possibilités de projet et les agriculteurs à améliorer leurs rendements.

Le satellite radar Sentinel-1A a été lancé le 3 avril 2014 suivi le 23 juin 2015, par le lancement du satellite optique Sentinel-2A. Le 16 février 2016 fût lancé Sentinel-3A. Plus tard cette année-là, Sentinel-1B rejoint son jumeau en orbite. En 2017, Sentinel-2B et Sentinel-5P sont lancés. Sentinel-5P est dédié à la surveillance globale de la qualité de l'air. Le 25 avril 2018, Sentinel-3B est lancé, permettant de fournir une couverture mondiale de données optiques multispectrales avec une revisite de deux jours.

Ce programme permet :

- Un service continu offrant une couverture spatiale mondiale;
- Des données en temps quasi réel fournies gratuitement aux utilisateurs finaux;
- Une Intégration des données (spatiales et in situ) et des analyses;
- Des Images de haute résolution;
- Une Validation régulière et systématique des données;
- Un Temps de réaction réduit pour permettre une meilleure réponse aux catastrophes naturelles ou causées par l'homme;
- Une Approche globale / paneuropéenne de la surveillance de la Terre.

1.3.5 Les niveaux de traitements des produits Sentinel1

Les produits de niveau 1 peuvent être l'un des deux types de produits - soit Single Look Complex (SLC) ou Ground Range Detected (GRD). Les produits Level-2 Ocean (OCN) peuvent avoir différents composants disponibles en fonction du mode d'acquisition. Les produits sont désignés en fonction de leur mode d'acquisition, du type de produit et, dans le cas du GRD de niveau 1, également de sa résolution. Tous les produits sont traités directement à partir du produit de niveau 0. Chaque mode peut potentiellement générer des produits SLC de niveau 1, GRD de niveau 1 et océan de niveau 2.

1.3.5.1 SLC (Single Look Complex)

L'ensemble de données Single Look Complex (SLC) contient des données radar à synthèse d'ouverture (SAR) dans la longueur d'onde de la bande C. Les capteurs SAR sont installés sur une constellation de deux satellites (Sentinel-1A et Sentinel-1B) en orbite autour de la Terre avec un temps de revisite combiné de six jours, exploité par l'Agence spatiale européenne. Les données SLC sont un produit de niveau 1 qui collecte des informations d'amplitude et de phase radar par tous les temps, de jour comme de nuit, ce qui est idéal pour étudier les risques naturels et les interventions d'urgence, les applications terrestres, la surveillance des déversements d'hydrocarbures, les conditions de la glace de mer, et les effets associés du changement climatique et la quantification de l'urbanisation, (AWS).

1.3.5.2 GRD : Ground Range Detected

Les produits GRD (Ground Range Detected) de niveau 1 consistent en des données SAR focalisées qui ont été détectées, regardées plusieurs fois et projetées à la distance au sol à l'aide d'un modèle d'ellipsoïde terrestre. La projection ellipsoïdale des produits GRD est corrigée à l'aide de la hauteur de terrain spécifiée dans l'annotation générale du produit. La hauteur du terrain utilisée varie en azimut mais est constante en portée.

Pour les produits IW et EW GRD, le multi-looking est effectué sur chaque rafale individuellement. Toutes les rafales dans toutes les sous-bandes sont ensuite fusionnées de manière transparente pour former une seule image détectée à distance au sol contiguë par canal de polarisation.

Les produits GRD sont disponibles en trois résolutions, caractérisées par le mode d'acquisition et le niveau de multi-looking appliqué :

- Pleine résolution (FR)
- Haute Résolution (HR)
- Résolution moyenne (MR).



Figure 3: les produits GRD (European Space Agency)

1.3.5.3 OCN: Level-2 Ocean

Le niveau 2 se compose de produits géophysiques géolocalisés dérivés du niveau 1. Il n'y a qu'un seul produit standard de niveau 2 pour les applications de vent, de vagues et de courants - le produit de niveau 2 océan (OCN). Le produit OCN peut contenir les composants géophysiques suivants dérivés des données SAR :

Champ de vent océanique (OWI)

Spectre de houle océanique (OSW)

Vitesse radiale de surface (RVL)

Les produits OCN sont générés à partir des quatre modes d'imagerie Sentinel-1. À partir du mode SM, le produit OCN contiendra les trois composants. À partir des modes IW et EW, le produit OCN ne contiendra que OWI et RVL. À partir des modes WV, le produit OCN ne contiendra que OSW et RVL.

1.4 Le cadre législatif de la gestion du littoral

1.4.1 Les lois et décrets

En Algérie, l'espace côtier est régi par 8 lois et 9 décrets promulgués. Néanmoins, deux lois fondatrices régissent principalement l'espace côtier, en l'occurrence la loi littoral (02-02) du 5 février 2002 (journal officiel Algérie, 2002), et la loi de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire (90-29) du 1 décembre 1990.

- La loi 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral a pour objet l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique nationale spécifique d'aménagement et de protection du littoral. Cette décision conduit à la réalisation du commissariat national du littoral (CNL) pour faire respecter cette loi.
- La loi 29-19 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme est le premier texte ayant défini l'espace littoral dans les dispositions particulièrement applicables à certaines parties du territoire, (toute construction, sur une bande de terre de 100 mètres de largeur à partir du rivage est frappée de servitude de non aedificandi, toutefois sont autorisées sur cette bande les constructions nécessitant la proximité immédiate de l'eau).

La loi littorale au moment de sa promulgation nécessitait plusieurs textes juridiques pour son application effective (Kacemi, 2004), les efforts concrets ont été consentis par le MATE.

Parce que plusieurs décrets ont été établis, le tableau ci-dessus cite les lois et décrets en relation direct et indirect avec la gestion de l'espace côtière.

Tableau 3 : Synthèse des lois et décrets, en relation avec l'espace

Année	Nature	Contenu
1990	loi	La loi 90-19 de 1 ^{er} décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisation est le premier texte ayant défini l'espace littoral dans les dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire.
2001		La loi 01-20 du 12-12-2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.
2002		La loi 02-08 8-05-2002 relative aux conditions de création des villes nouvelles et de leur aménagement.
2002		La loi 02-02 du 5-02-2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral à pour objet l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique national spécifique d'aménagement et de protection littoral.
2004		La loi 04-03 du 20-06-2004 relative à la protection des zones de montagne dans le cadre de développement durable.
2004		La loi 04-20 du 25-12-2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
2006		La loi 06-06 du 20-02-2006 portant loi d'orientation de la ville
2010		La loi 10-02 du 29-06-2010 approbation de schéma national d'aménagement du territoire

2004	Décret	Décret exécutif 04-113 du 13-04-2004 portant organisation, fonctionnement et missions du Commissariat National du Littoral.
2004		Du 02-09-2004 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-113 intitulé « fonds national pour la protection de littoral et les zones côtières ».
2005		Décrets exécutif n° 05-416 du 25-10-2005 fixant la composition, les missions et les modalités de fonctionnement du conseil national de l'aménagement et de développement durable du territoire.
2006		Décret exécutif n° 06-351 du 5-10-2006 fixant les conditions de réalisation des voies carrossable nouvelles parallèles au rivage
2006		Décret exécutif n° 06-424 du 22-11-2006 fixant la composition et le fonctionnement du conseil de coordination côtière
2007		Décret exécutif n° du 30 juin 2007 fixant les conditions et les modalités de construction et des occupations du sol sur la bande littorale de l'occupation des parties naturelles bordant les plages et de l'extension de la zone objet de non aedificandi
2009		Décret n° 07-114 du 07 avril 2009 fixant les conditions d'élaboration du plan d'aménagement côtier son contenu et les modalités de sa mise en œuvre
2011		Décret exécutif n° 11-137 du 28 mars 2011 portant création de l'Agence nationale à l'Aménagement et à l'attractivité des Territoires « ANAAT »
2012		Décret exécutif n° 12-94 du 1 ^{er} 03-2012 fixant les conditions et modalités d'élaboration du schéma directeur d'aménagement de l'aire métropolitaine et de son approbation



Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

nombreuses industries, le milieu littoral est fortement contaminé par différentes sources de pollution : eaux usées domestiques, effluents industriels et huiles. La population urbaine a connu une croissance très rapide et a presque doublé au cours des 2 dernières décennies.

Au cours de l'année 2015, la population résidente totale a connu un accroissement naturel atteignant 858 000 personnes, soit un taux d'accroissement naturel de 2,15%. Il est à relever que ce taux a connu une stagnation entre 2014 et 2015 qui est imputée essentiellement à l'augmentation dans le même ordre de grandeur aussi bien des naissances vivantes que du volume des décès. Notons que l'accroissement naturel de la population est essentiellement corrélé à l'augmentation du volume des naissances vivantes.

Aussi, et sous l'hypothèse que le rythme de croissance de l'année 2015 se maintiendrait pour l'année 2016, la population résidente totale atteindrait 41,2 millions au 1er janvier 2017.

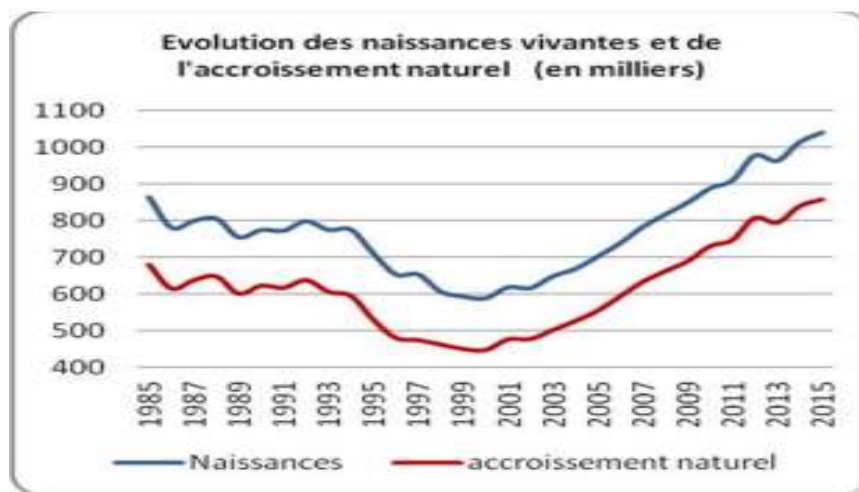


Figure 5 : Evolution des naissances vivantes et de l'accroissement naturel (ONS).

La zone côtière algérienne est dans la région, l'une des plus peuplées avec 40% des quarante million d'habitats (Ghdbani & Semoud, 2010), vivant dans l'étroite frange côtières qui ne présente que 1,9% du territoire , par conséquent, les activités socioéconomiques se concentre dans la même région avec 51% des industries qui y situées ainsi que la plupart des infrastructures de pays (MATET, 2004). Cette pression démographique qui s'exerce sur les grandes villes côtières, est particulièrement visible sur la capital notre zone d'étude, la saturation du littoral algéroise constitue désormais une problématique pour les responsables politique et acteurs (TURNER, 2010).

2.3 Urbanisation

Située au bord de la mer Méditerranée, la ville d'Alger est en fait constituée de plusieurs communes de la wilaya d'Alger dont elle donne son nom en tant que chef-lieu mais n'a

ni personnalité juridique, ni structure d'administration en propre. L'unité urbaine d'Alger comptait 2 481 788 habitants selon l'Office national des statistiques algérien d'après le dernier recensement de 2008⁴. Avec 4,4 millions d'habitants selon le ministère des Affaires étrangères français⁵, tandis que l'agglomération en comptait environ 6 727 806 habitants en 2010 suivant le classement des 100 plus grandes villes du monde par *World Gazetteer*⁶ et 7 796 923 habitants en 2020 selon *Population Data*⁷, Alger est la première agglomération du Maghreb et du littoral méditerranéen. C'est aussi la 3ème plus grande agglomération francophone. (Bouroumi, 2010) . .

2.4 Orographie

L'étude géologique de la région algéroise, peu étendue en surface et formant un rocher qui s'avance dans la mer, révèle qu'en arrière il est recouvert par un cordon de dunes au-delà duquel on retrouve les terrains sédimentaires¹⁴ de la série tertiaire.

Dans une esquisse géologique et topographique du littoral d'Alger datant de 1911, il apparaît que ce littoral comprend essentiellement toute la région basse qui borde sur plus de 100 kilomètres le pied de l'Atlas, depuis le massif de Sidi-Fredj au nord de Thénia des Béni Aïcha, jusqu'au mont Chenoua à l'ouest de Tipaza¹⁶.

L'Algérie est un pays constitué d'une multitude de reliefs qui se caractérise par trois zones longitudinales : le Sahel, le littoral et la Mitidja.

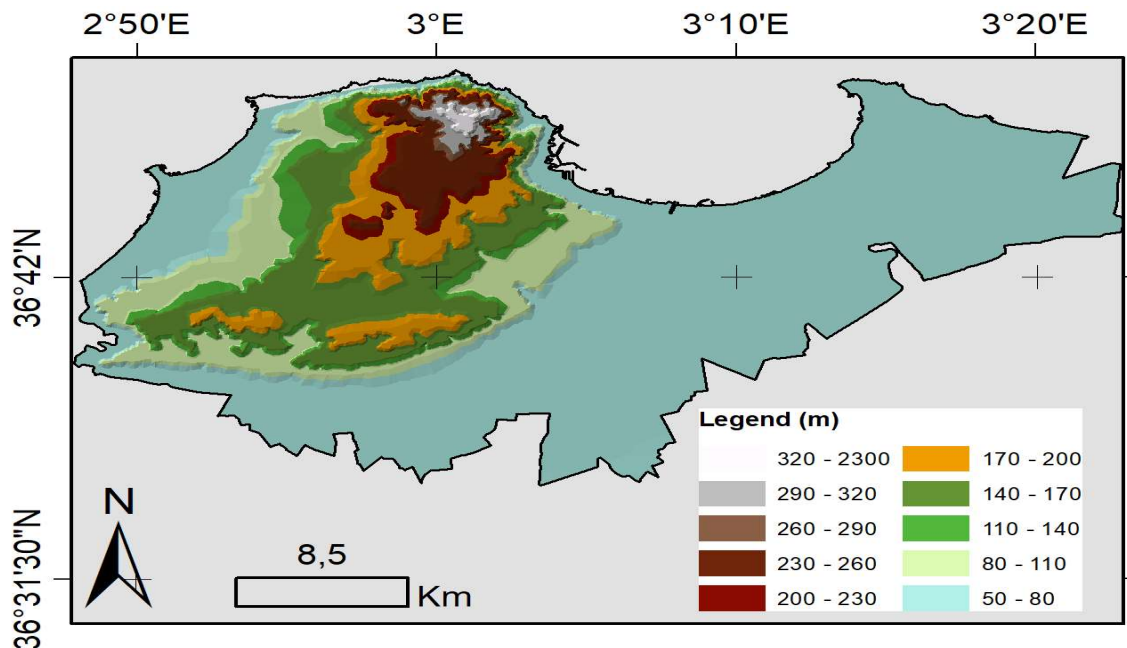


Figure 6 : Les reliefs de la wilaya d'Alger (Arc-Gis).



Chapitre III : Matériels et méthodes

3 Chapitre III : Matériels et méthodes

3.1 Logiciels utilisés

Le traitement des images satellitaires nécessite des logiciels spécialisés. Plusieurs logiciels de traitements d'images satellitaires existent sur le marché. Ils sont soit à licence privé (commerciale) ou à licence publique (gratuit). Nous avons opté pour le logiciel SNAP développé récemment pour traiter les produits Sentinel. Pour la réalisation des cartes, nous avons choisi le logiciel ArcGIS pour sa convivialité et les outils qu'il offre. Par ailleurs, nous avons profité de l'explorateur Google Earth (GE) pour la visualisation des images à très haute résolution spatiale et l'apprentissage de l'algorithme de classification.

3.1.1 Google Earth Pro

Google Earth Pro permet de visualiser une mosaïque d'images satellitaires à très haute résolution spatiale d'une couverture mondiale avec une archive de presque 20 ans. Il dispose d'outils d'édition qui permettent la création d'entités de type vecteur (point, ligne et polygone). Ces dernières peuvent être stockées dans le format kml ou exportées dans le format *shapefile*.

3.1.2 Logiciel Snap

SNAP (Sentinel Application Platform), spécialisé dans le traitement des données Sentinel est une boîte à outils développée conjointement par Brockmann Consult, Array Systems Computing et CS. L'architecture SNAP est faite pour le traitement et l'analyse des données de l'observation de la Terre grâce aux innovations technologiques. Elle réunit toutes les boîtes à outils Sentinel afin d'offrir la plate-forme la plus complexe pour ces missions. La fonction de base comprend l'ouverture des données Sentinel, l'exploration de ses composants tels que les bandes spectrales et les masques. Les fonctionnalités des outils de navigation et visualisation sur les différents pixels sont aussi très utiles pour la manipulation des images Sentinel (ESA, 2018).

3.1.3 ArcGIS

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être

accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs de bureau.

Les professionnels dans de nombreux secteurs utilisent ArcGIS dans un large éventail d'applications, incluant la planification et l'analyse, la gestion d'actifs, la sensibilisation opérationnelle, les opérations sur le terrain telles que l'inspection mobile et le déploiement d'urgence, les études de marché, la gestion des ressources, la logistique, l'éducation et la sensibilisation. En général, ces professionnels utilisent ArcGIS, car il les aide à :

- Résoudre des problèmes
- Prendre de meilleures décisions
- Planifier avec succès
- Faire un meilleur usage des ressources
- Anticiper et gérer le changement
- Gérer et exécuter des opérations plus efficacement
- Promouvoir la collaboration entre les équipes, les disciplines et les institutions
- Accroître la compréhension et la connaissance
- Communiquer plus efficacement
- Éduquer et motiver les autres

ArcGIS nous permet de :

- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes
- Rassembler les informations géographiques
- Créer et gérer des bases de données géographiques
- Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale
- Créer des applications basées sur la carte
- Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

3.2 Données utilisées

3.2.1 Vecteur (*shapefiles*)

Les données vecteur nécessaires à ce travail sont :

- *Shapefile* de la wilaya d'Alger ;
- *Shapefiles* des zones aedificandi définies par la loi 02-02, à savoir, la bande des 100 m, 300 m, 800 m et 3 km ;
- *Shapefiles* des échantillons « urbain » et « non urbain ».

3.2.2 Raster

Les données raster utilisées sont les images satellitaires Sentinel 1 SLC de l'année 2015 et 2021.

Tableau 4: Données raster Sentinel-1 utilisées (Copernicus, 2021)

N°	Nom	Date
1	S1B_IW_SLC__1SDV_20210621T174458_20210621T174525_027458_03476E_132F.zip	21/06/2021
2	S1B_IW_SLC__1SDV_20210609T174457_20210609T174524_027283_03423A_0943.zip	09/06/2021
3	S1B_IW_SLC__1SDV_20210528T174456_20210528T174523_027108_033CFB_A983.zip	28/05/2021
4	S1B_IW_SLC__1SDV_20210516T174455_20210516T174522_026933_0337B8_DB0C.zip	16/05/2021
5	S1B_IW_SLC__1SDV_20210504T174455_20210504T174522_026758_03323D_471C.zip	04/05/2021
6	S1B_IW_SLC__1SDV_20210422T174454_20210422T174521_026583_032CA4_EC4B.zip	22/04/2021
7	S1B_IW_SLC__1SDV_20210410T174454_20210410T174521_026408_032703_EDB1.zip	10/04/2021
	S1B_IW_SLC__1SDV_20210329T174453_20210329T174520_026233_032178_5C03.zip	29/03/2021

Tableau 5: Données raster Sentinel-1 utilisées(Copernicus, 2015)

N°	Nom	Date
1	S1B_IW_SLC__1SDV_20150621T174458_20210621T174525_027458_03476E_132F.zip	21/06/2015
2	S1B_IW_SLC__1SDV_20150609T174457_20210609T174524_027283_03423A_0943.zip	09/06/2015
3	S1B_IW_SLC__1SDV_20150528T174456_20210528T174523_027108_033CFB_A983.zip	28/05/2015
4	S1B_IW_SLC__1SDV_20150516T174455_20210516T174522_026933_0337B8_DB0C.zip	16/05/2015
5	S1B_IW_SLC__1SDV_20150504T174455_20210504T174522_026758_03323D_471C.zip	04/05/2015
6	S1B_IW_SLC__1SDV_20150422T174454_20210422T174521_026583_032CA4_EC4B.zip	22/04/2015
7	S1B_IW_SLC__1SDV_20150410T174454_20210410T174521_026408_032703_EDB1.zip	10/04/2015
	S1B_IW_SLC__1SDV_20150329T174453_20210329T174520_026233_032178_5C03.zip	29/03/2015

3.3 Méthodologie

L'organigramme suivant résume les principales étapes de la méthodologie adoptée.

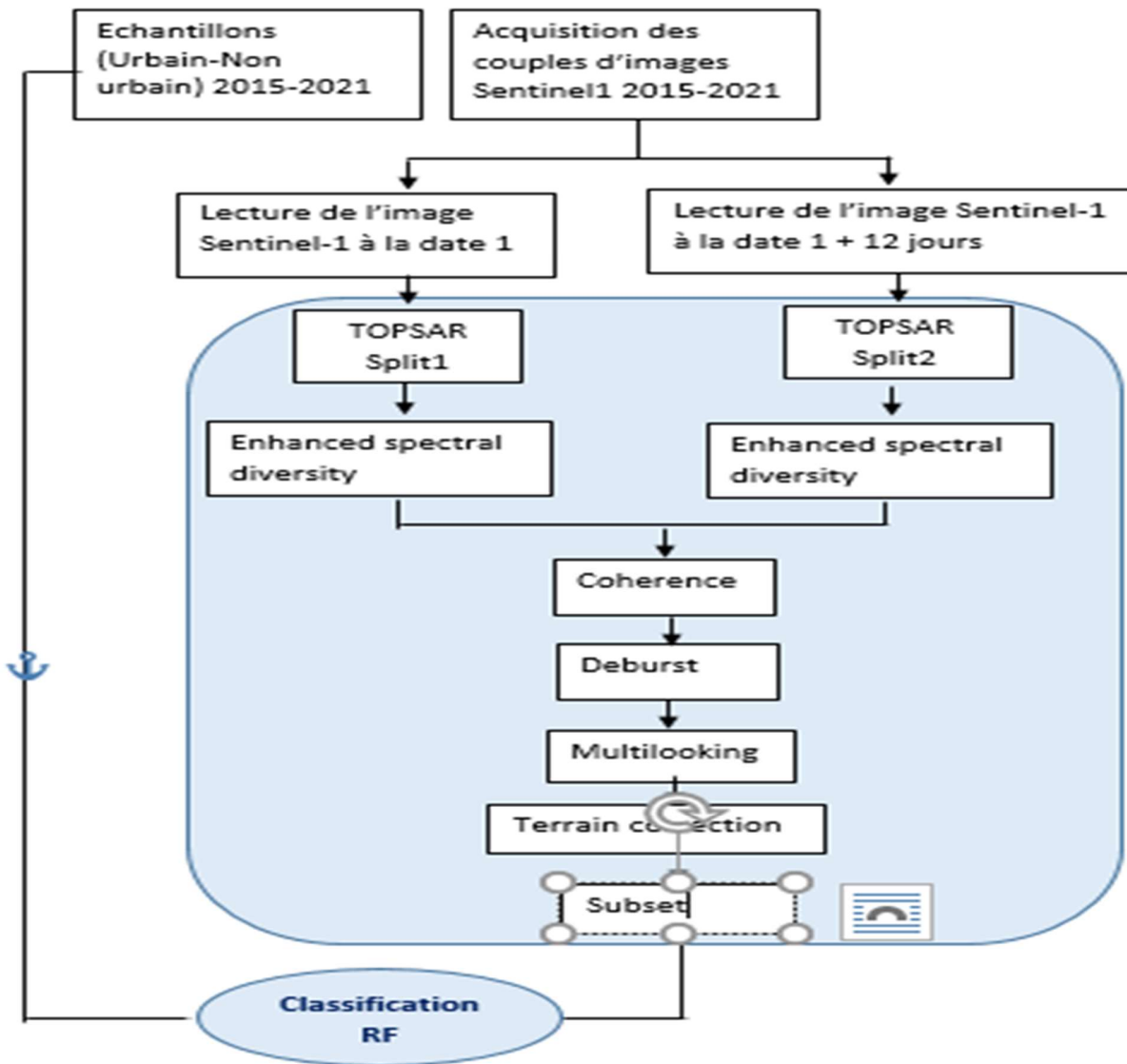


Figure 6: Organigramme représentatif des étapes du travail

3.2.3 Acquisition des données

Les données à acquérir sont les images satellitaires Sentinel-1 dans le mode SLC (*Single Look Complex*). Elles ont été téléchargées à partir du serveur de données (<https://scihub.copernicus.eu/>) dans l'intervalle de temps du début mars à la fin juin des années 2015 et 2021. La recherche se fait par nom de tuile et par intervalle de temps et la sélection des

données se fait avec une fréquence de 12 jours. Les images sont téléchargées selon les étapes suivantes :

3.2.3.1 Authentification : Création d'un compte utilisateur Copernicus

Pour télécharger les images, le point d'accès est le Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) qui propose une interface graphique interactive. L'utilisateur doit créer un compte. Une fois identifié, il pourra télécharger les données via le portail en sélectionnant des données par date, par type de satellites, par pourcentage de couverture nuageuse, selon une emprise donnée.

3.2.4 Prétraitements des images Sentinel-1

L'objectif de ces étapes est de produire une image cohérence dans le but d'appliquer par la suite une classification supervisée afin de détecter les pixels « urbain » correspondant à des valeurs proches de 1 et « non urbain » correspondant à des valeurs proches de 0.

Nous utilisons alors deux images Sentinel-1 avec 12 jours d'intervalles car les entités urbaines gardent la cohérence contrairement aux autres détails telle que la végétation.

Pour cela, nous allons passer par une longue liste d'étapes intermédiaires pour transformer ces produits bruts en un produit ou une image prête pour une classification supervisée.

Pour cette raison, nous allons utiliser graph builder un outil de programmation graphique très pratique. Il va permettre de créer la chaîne de traitement.

Après lecture des images, chaque image est localisée sur l'IW «*Interferometric Wide*» auquel elle appartient sachant qu'il en existe trois (IW1, IW2 et IW3). Aussi, l'intervalle de Burst sur lesquels elle s'étend est également identifié. Cette étape « TOPSAR-Split » permet d'extraire la partie utile (la zone d'étude) de la scène entière qui fait en moyenne plus de 3 Go. Ceci diminuera considérablement la taille de l'image et par conséquent le temps de calcul. Cette étape est appliquée sur chacune des deux images.

L'étape qui va suivre consiste à appliquer sur l'image des corrections liées au fichier d'orbite qui est constamment affiné par l'utilisation des éphémérides actualisées du satellite qui sont transmis régulièrement par l'ESA. Les éphémérides fournissent la position exacte et les données sur la vitesse et l'attitude du satellite à tout instant. L'étape qui suit est le co-registrement. Ce traitement a besoin comme entrées les 2 produits Sentinel-1. Qu'est-ce qui va se passer ? Il va

utiliser les données de géolocalisation, les informations sur l'orbite et le modèle numérique de terrain pour empiler (*stacker*) les 2 produits avec une bonne précision.

L'étape qui suit « *enhanced-spectral-diversity* » est une amélioration de la précédente. L'algorithme va estimer le décalage constant de l'ensemble des sous-fauchées (*Subswath*) des image Sentinel1-slc en utilisant « *increment cross correlation* » puis estime le décalage constant en azimuth en utilisant l'algorithme « *spectral enhanced diversity* » et enfin opère une correction en « *range* » et en « *azimuth* » de chaque *burst* en utilisant le décalage en range et en azimuth précédemment estimés. Cette étape permet d'améliorer la précision du co-registrement.

Ceci étant fait, l'image cohérence peut alors être calculée.

Qu'est-ce que la cohérence ? lorsque nous travaillons avec des données complexes qui contiennent beaucoup d'informations, le bruit de la phase peut être estimé à partir de la cohérence locale. Les valeurs de la cohérence varient entre 0 où la phase interférométrique est juste un bruit à 1 qui correspond à une absence totale de la phase. La cohérence est une relation entre les ondes EOM de 2 trains d'ondes qui sont cohérents lorsqu'ils sont en phase. Comment la cohérence va nous aider à classifier les régions urbanisées ou modifiées par l'homme ? Ces dernières sont capables de maintenir un haut niveau de la cohérence même après plusieurs années parce qu'elles sont très stables, il est rare d'imaginer que les bâtiments changent de positions ou de formes comparativement à la végétation et les champs agricoles qui varient beaucoup dans l'espace de quelques jours.

L'étape suivante est l'élimination des bandes noires qui se trouvent entre les *bursts*. Les différents vides noirs vont disparaître pour obtenir une image unifiée. La résolution spatiale sera d'environ 15 m.

L'étape suivante est l'application d'un *multilooking* afin d'éliminer le chatoiement ou l'effet poivre et sel (*speckle*).

Comme l'acquisition d'une image radar se fait dans le mode « *slant range* », les détails en hauteur sont positionnés avec des distorsions géométriques raison pour laquelle il est nécessaire d'appliquer des corrections de terrain en utilisant un modèle numérique de terrain. Les corrections de terrain permettent de faire passer une image du mode « *slant range* » au mode « *ground range* ». En même temps, l'image est projetée dans un système de référence cartographique dans notre cas, c'est le WGS 84 UTM 31.

Enfin, la dernière étape du prétraitement consiste à subdiviser l'image (*subset*) pour extraire la zone d'étude.

3.2.5 Traitement : Classification supervisée des images Cohérence

Un but réaliste est la méthode de classification supervisée des zones urbaines et non urbaines sur une image satellitaire. A chaque point de l'image, on souhaite pouvoir attribuer une étiquette parmi une collection définie auparavant. Cette collection d'étiquettes est ce que l'on appelle l'ensemble des classes. Un ensemble des classes pourrait être : ville, campagne, mer, montagne. En zone agricole, un ensemble de classes serait : blé, orge, soja, maïs, forêt, route, urbain...

La classification (*clustering*) est une technique mathématique d'analyse de données pour faciliter l'étude d'une population d'effectif important, particulièrement dans le domaine d'occupation des sols.

Il y'a plusieurs types de classifications: supervisée, non supervisée. (O. Pony,. 2004) a proposé une taxonomie qui permet d'organiser ces types de manière claire et hiérarchique (figure 8).

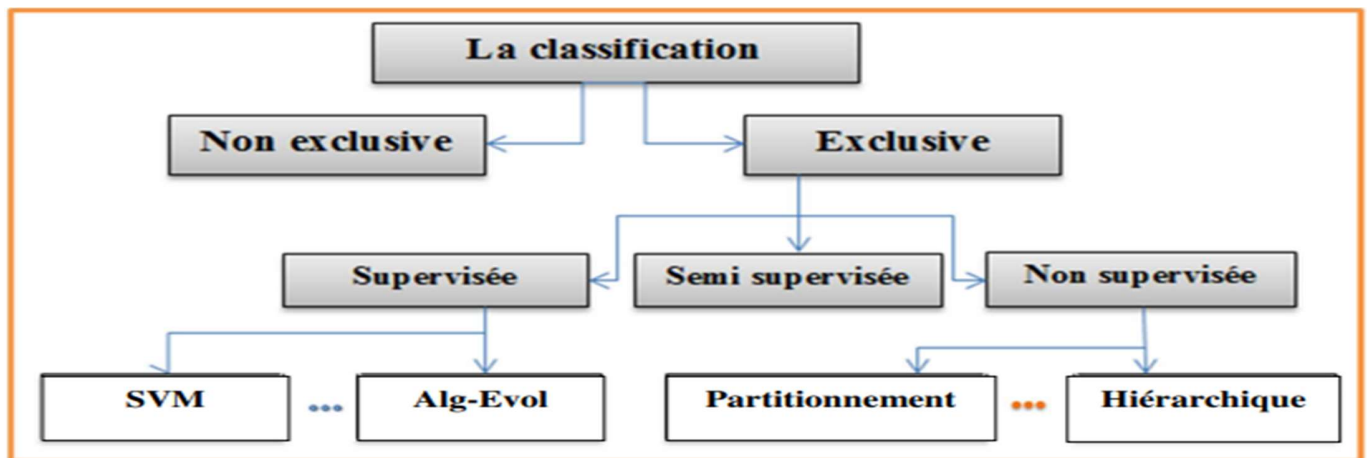


Figure 7: Taxonomie de la classification (O. Pony,. 2004).

Il existe trois approches de classification :

a-Classification supervisée

En classification supervisée nous nous situons dans un cadre décisionnel. L'objectif est de construire une règle de classement pour prédire l'appartenance de nouvelles variables à partir de l'observation d'un ensemble de covariables (Mclachlan, 2004), contrairement à la classification

non supervisée qui vise à dégager une structure présente dans les données. Pour le domaine de la classification de pixels, on trouve comme algorithmes de classification supervisée les Réseaux de Neurones Multi-Couches, les Machines à Supports de vecteurs (SVM) et les arbres de décision.

b-Classification non supervisée

La classification non supervisée se situe dans un cadre exploratoire. Le nombre de classes et la signification de la variable qui expliquent l'hétérogénéité des données sont a priori inconnus. C'est justement la classe d'appartenance de chaque variable qu'il s'agit de retrouver à partir des différents paramètres disponibles et de déterminer des groupes les plus homogènes possibles entre eux et les plus différents les uns des autres (Fukunaga, 1990). Cette méthode est orientée par les choix de l'expérimentateur : le choix des variables prises en compte, les paramètres de classification, le nombre des classes, etc. On cite des algorithmes de classification non supervisée de pixels comme les K-Moyennes développé par MacQueen en 1967, C-Moyens flous (Young et Sang, 1990) et Fisher (Fisher, 1958) .

c-Classification semi-supervisée

Dans la majorité des cas, on se retrouve avec une masse importante de données dont seulement une partie est étiquetée et pour lesquelles on connaît exactement leurs classes d'appartenance. Alors, pour fouiller une base aussi grande que possible avec un minimum de données étiquetées, l'apprentissage semi-supervisée intègre les données non étiquetées dans la mise en place d'un modèle de prédiction. Dans ce sens, il cherche à exploiter les données non-étiquetées pour apprendre la relation entre les exemples et leurs étiquettes. Selon Chapelle et al. (2006), on se situe alors à mi-chemin entre la classification supervisée et la classification non supervisée. Cet aspect nous laisse la liberté de se positionner plutôt vers la classification supervisée ou vers la classification non supervisée. La spécificité de la classification semi-supervisée est que l'échantillon d'apprentissage est constitué à la fois de données étiquetées et non étiquetées.

Dans notre étude, nous avons opté pour la classification supervisée par les forêts aléatoires (RF). La première étape est la collecte des échantillons. Cette étape consiste à collecter des échantillons de type « urbain » et « non urbain » à l'aide des images à très haute résolution spatiale disponible dans l'explorateur Google Earth. Une partie sera utilisée dans l'étape « Apprentissage » de la classification supervisée et l'autre partie pour effectuer une évaluation de la précision de la classification supervisée (RF) d'une image sentinel-1 SLC. Il est à noter que

l'outil historique de GE qui permet d'afficher des images historique (2000 à ce jour) sur les grandes agglomérations a été d'une utilité cruciale.

Avant de se lancer dans cette opération, il a fallu définir ce qu'est un objet « urbain » et un objet « non urbain » à l'échelle de notre étude (moyenne). Cette tâche n'est pas facile lorsque nous savons qu'au milieu du bâti qui est un objet appartenant à la classe « urbain » se trouvent indéniablement des arbres ou des espaces verts qui sont forcément des objets « non urbain ».

Une fois l'apprentissage effectué, les images cohérentes issues de la dernière étape du prétraitement sont empilées et intégrées dans l'algorithme de RF comme données entrées.

La classification supervisée par les forêts aléatoires (*random forest*) est un algorithme de prédiction créée en 1995 par Ho, puis formellement proposé par les scientifiques Adele Cutler et Leo Breiman en 2001.

Le RF est composé de plusieurs arbres de décision, entraînés de manière indépendante sur des sous-ensembles du jeu de données d'apprentissage (méthode de bagging). Chacun produit une estimation, et c'est la combinaison des résultats qui va donner la prédiction finale qui se traduit par une variance réduite. En somme, il s'agit de s'inspirer de différents avis, traitant un même problème, pour mieux l'appréhender. Chaque modèle est distribué de façon aléatoire en sous-ensembles d'arbres décisionnels. Dans une classification Random forest, l'estimation finale consiste à choisir la catégorie de réponse la plus fréquente. Plutôt qu'utiliser tous les résultats obtenus, on procède à une sélection en recherchant la prévision qui revient le plus souvent.

En pratique, il suffit de définir en entrée les paramètres de la classification des forêts aléatoires dont un nouveau classifieur, le nombre d'arbres que nous augmentons un peu dans notre forêts à 500, puis en sélectionnant le vecteur d'entraînement, et aussi les bandes d'entrées qui seront utilisées pour la classification. L'un des avantages de cette classification est la rapidité par rapport aux autres algorithmes et la facilité de mise en œuvre.



Chapitre IV : Résultats et discussion

4 IV- Résultats et discussion

Dans cette partie, nous estimons les superficies urbanisées et non urbanisées de la wilaya d'Alger, de ces communes côtières et à l'échelle des zones aedificandi de 100m ,300m ,800m et 3km. Ces superficies et pourcentages sont obtenus à partir des statistiques zonales opérées sur les images cohérences des années 2015 et 2021. Une analyse comparative est donnée.

5 Les bandes de servitude selon la loi 02-2002

La loi 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral (Journal officiel République Algérienne, 2002) a pour objet l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique nationale spécifique d'aménagement et de protection du littoral. L'article premier stipule que «la présente loi a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral ». Cette loi littorale au moment de sa promulgation nécessitait plusieurs textes juridiques pour son application effective (Kacemi, 2011). Parmi les directives phare de cette la loi l'adoption de 4 bandes de servitude (figure 9).

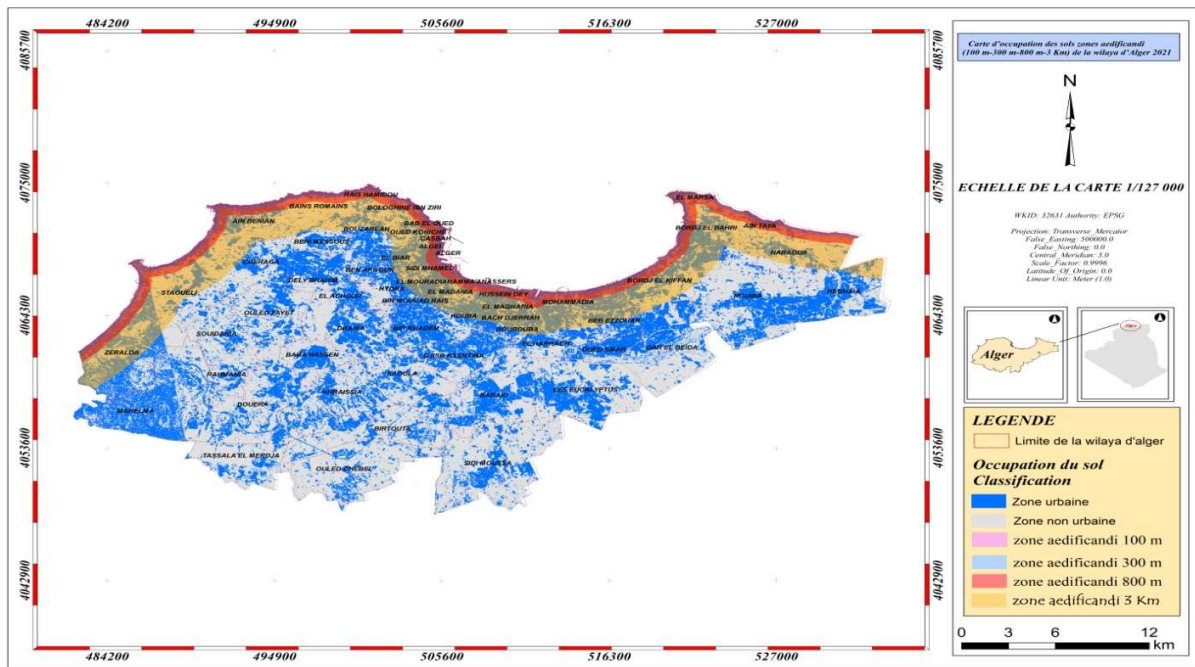


Figure 8 : étendue des zones de servitude de la loi 2002-02

5.1 La superficie des communes littorales de la wilaya d’Alger en 2021

D’après la figure 10, les communes Casbah et Bab Eloued enregistre le taux le plus élevé en urbanisation (91,82%), (89,08%) respectivement suivi par Hussein Dey (79,75%) et Alger centre (77,75%) puis Staouali (76,44%), Zeralda (76,43%), Annassers (75,71%) et Mohammadia (74,83%).

En ce qui concerne la classe non urbaine, nous remarquons que les pourcentages les plus élevés est retrouvé au niveau des communes Bains Romains (73,67%), Haraoua (70,17%), Ain Taya (58,03%), Cheraga (57,99%), Rais Hamidou (56,93%).

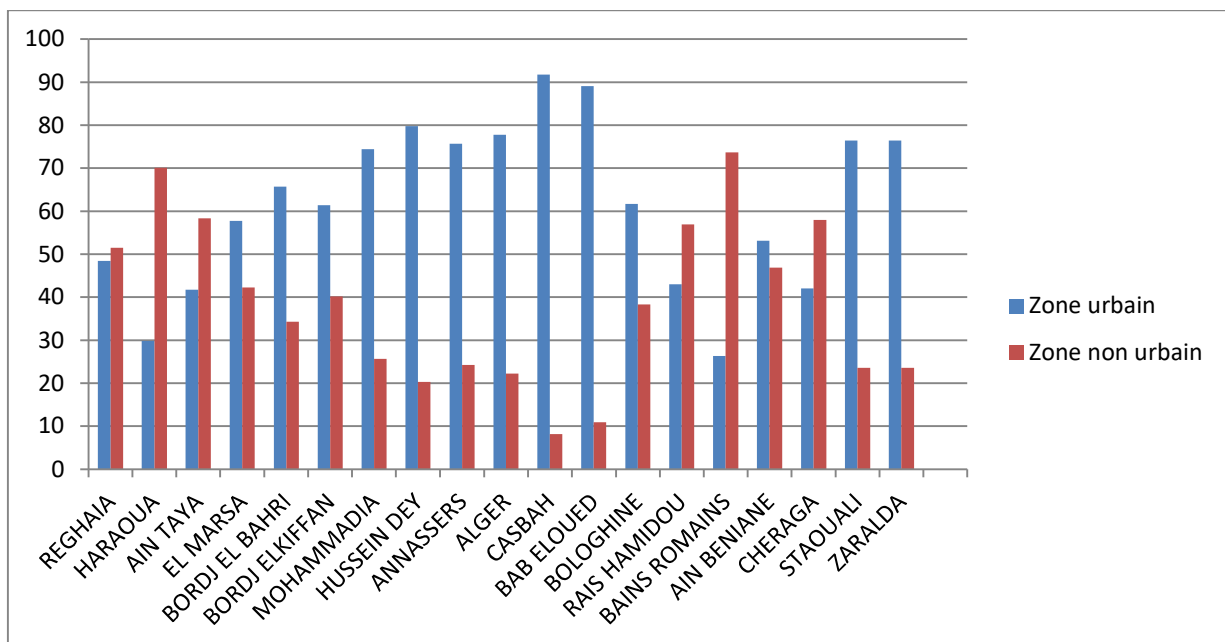


Figure 9: les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbaines en 2021

5.2 La bande de 100m

L'article L. 146-4 III du code de l'urbanisme dispose qu'en dehors des espaces urbanisés, les constructions ou installations sont interdites sur une bande littorale de cent mètres à compter de la limite haute du rivage ou des plus hautes eaux pour les plans d'eau intérieurs d'une superficie supérieure à 1 000 hectares (figure 11).

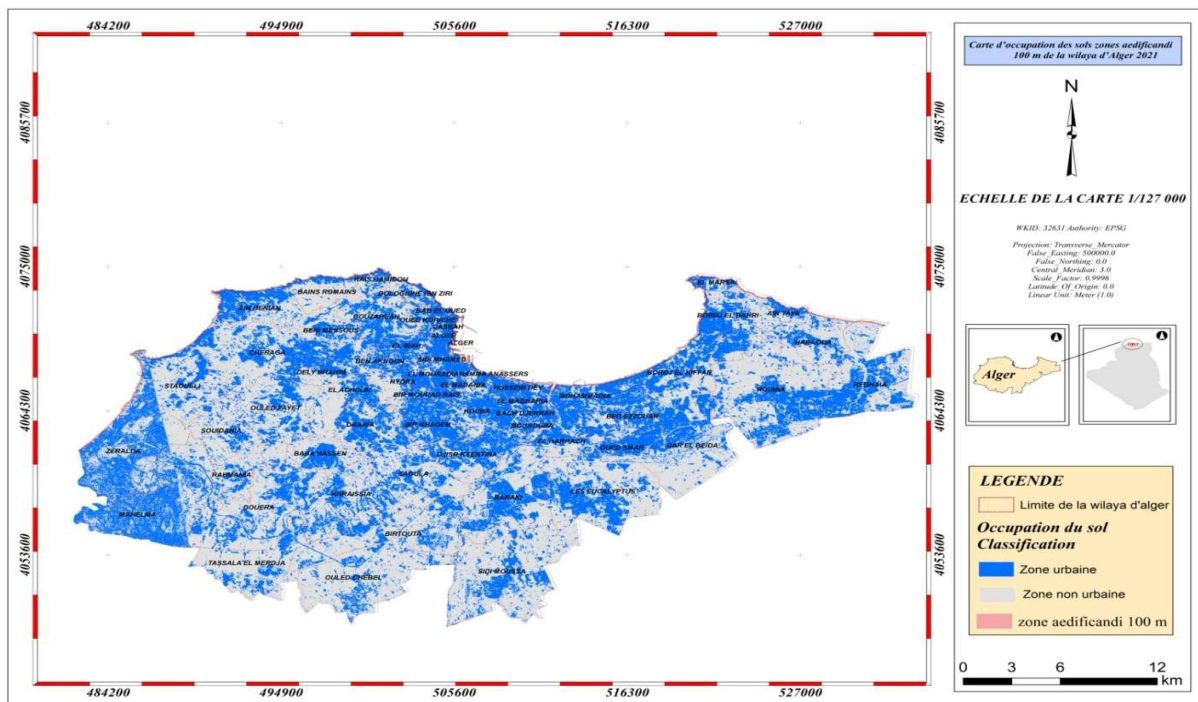


Figure 10 : la bande des 100m –loi littoral

D'après l'histogramme représenté dans la figure 12, on observe que la classe urbaine est importante au niveau de la plupart des communes littorales de la wilaya d'Alger qui peut atteindre 100% dans Zeralda et Cheraga, suivi par Bordj el Bahri, Bains Romains et Bordj El Kiffan avec un pourcentage 97,41% , 96,63% et 95 ,41% respectivement.

En ce qui concerne la classe non urbaine, on remarque des pourcentages élevés au niveau des communes Ain Taya 96 ,88%, Reghaia 67 ,05% et Haraoua 57,14% et très faible dans Bordj El Bahri 2,86%.

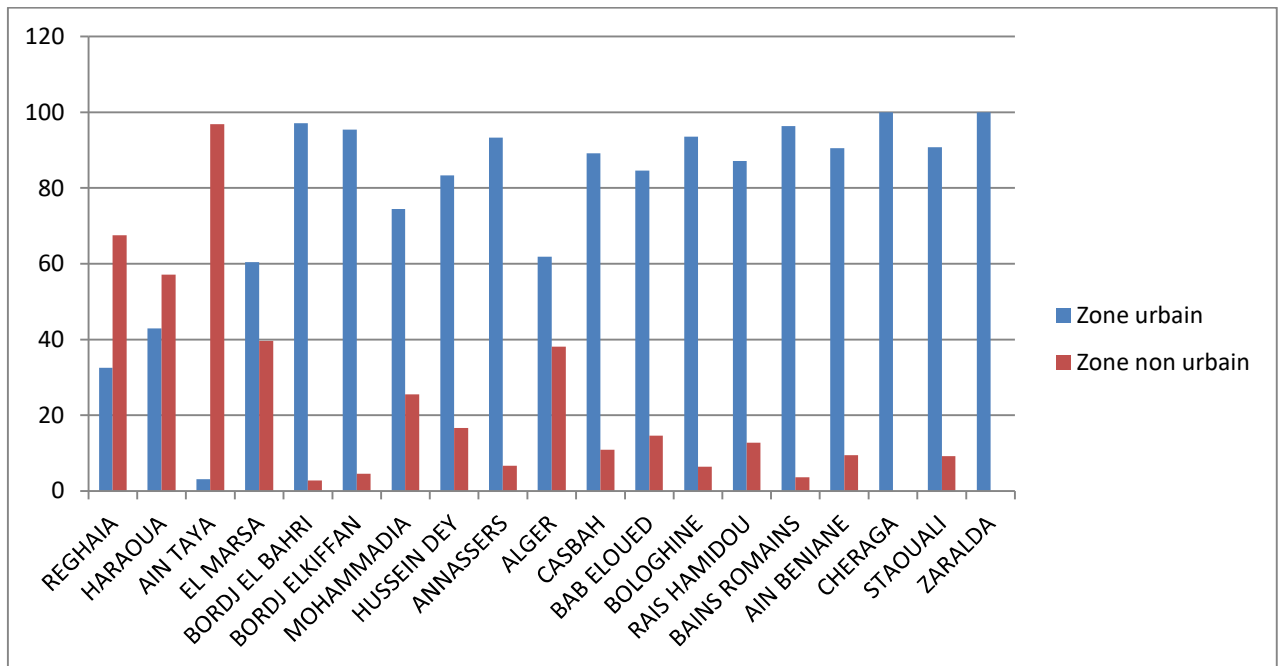


Figure 11: le pourcentage des superficies des zones urbaines et non urbaines de la bande des 100 m en 2021

5.3 la bande de 300m

Il s’agit de la bande inconstructible dont la largeur peut atteindre 300 mètres à partir du rivage pour des motifs liés au caractère sensible du milieu côtier (figure13).

Cette bande inclut le rivage naturel dans lequel sont interdits la circulation et le stationnement des véhicules (sauf véhicule de service, de sécurité, de secours, d’entretiens des plages) (Kacemi,2011).

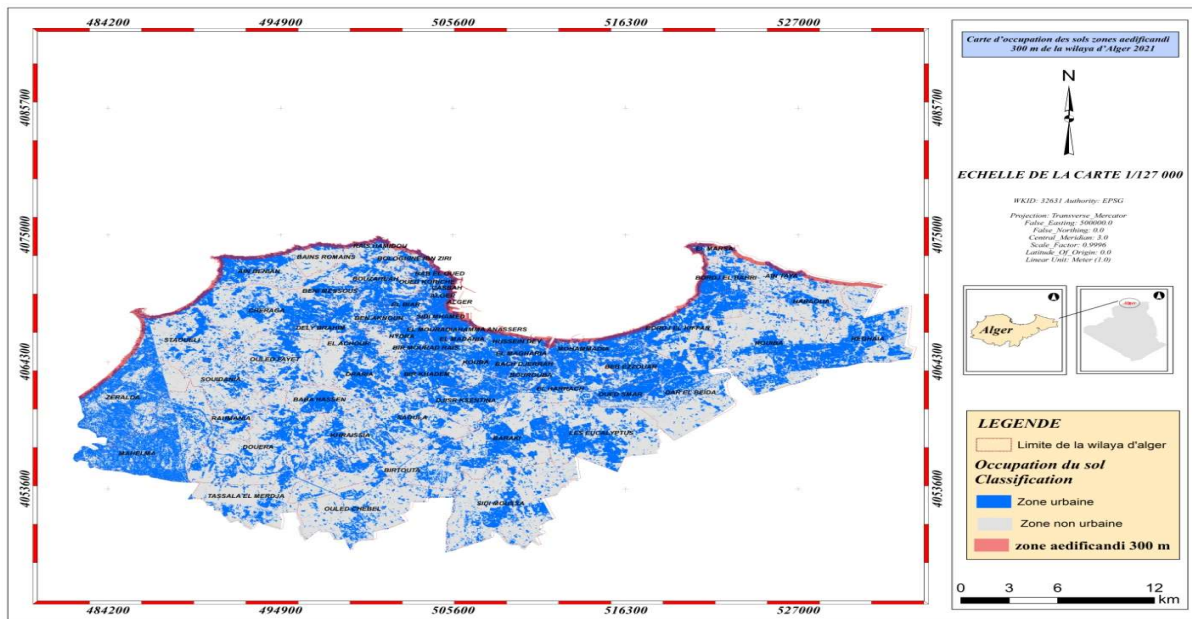


Figure 12: La bande des 300m-loi littoral

La figure montres que les communes de littorales de la wilaya d’Alger sont majoritairement occupées par la classe « urbain » les pourcentages des communes dans cette bande peuvent passer 70% à l’exception des deux communes Reghaia 87,76% et Haraoua 68,92%.

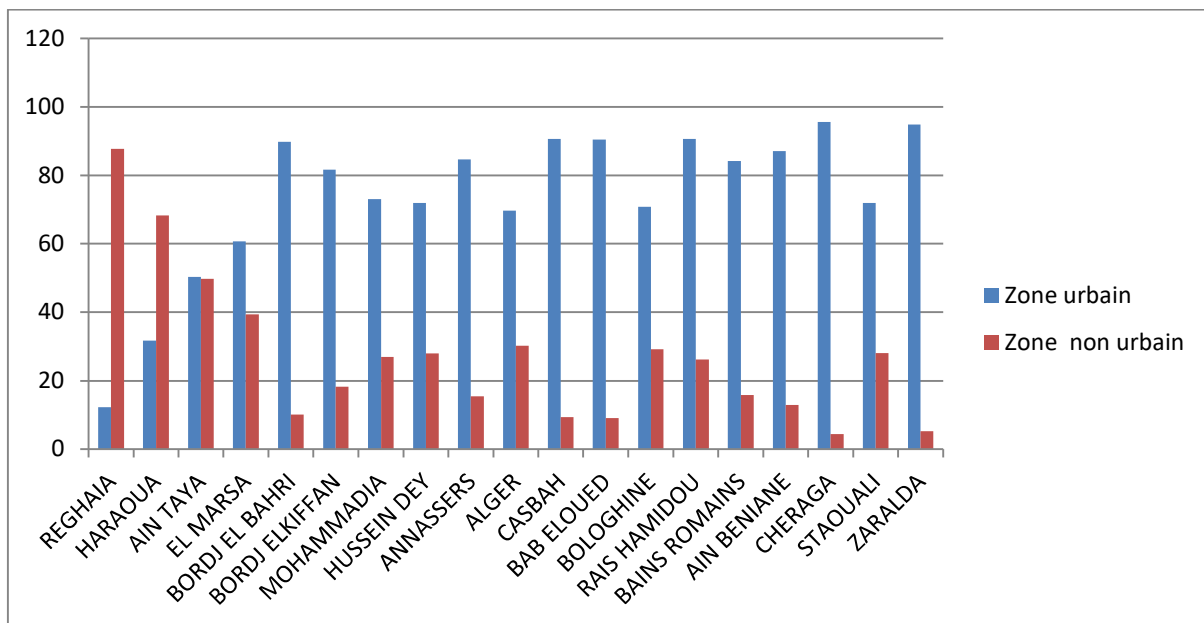


Figure 13: le pourcentage des superficies des zones urbaine et non urbain de la bande de 300m en 2021

5.4 La bande de 800 m :

D'une largeur de 800 mètres où sont interdites les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage (alinéa de l'article 16) (Journal officiel République Algérienne, 2002). (Voir figure 15)

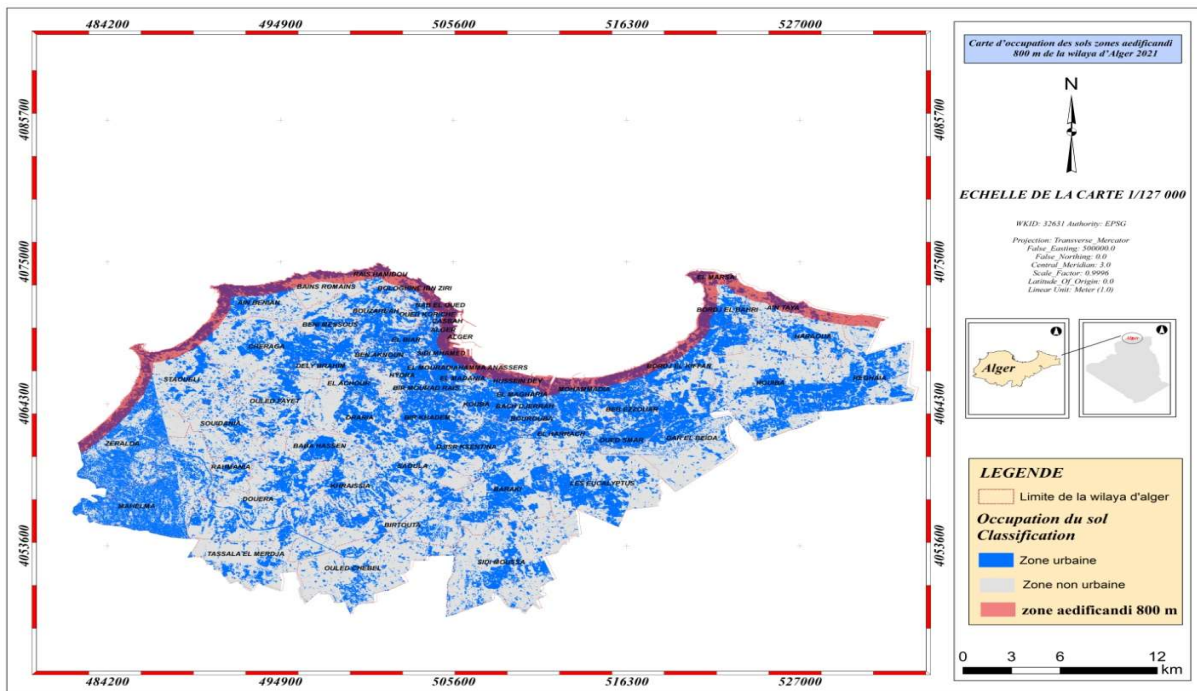


Figure 14 : La bande des 800m-loi littoral

A partir de la figure 18 la classe urbaine est importante sur toutes les communes côtières de centre (dans la baie d'Alger) de la bande 800m cette urbanisation est remarquable au niveau Bab El Oued, Zéralda, Casbah, Alger centre est faible au niveau de Reghaia et Haraoua.

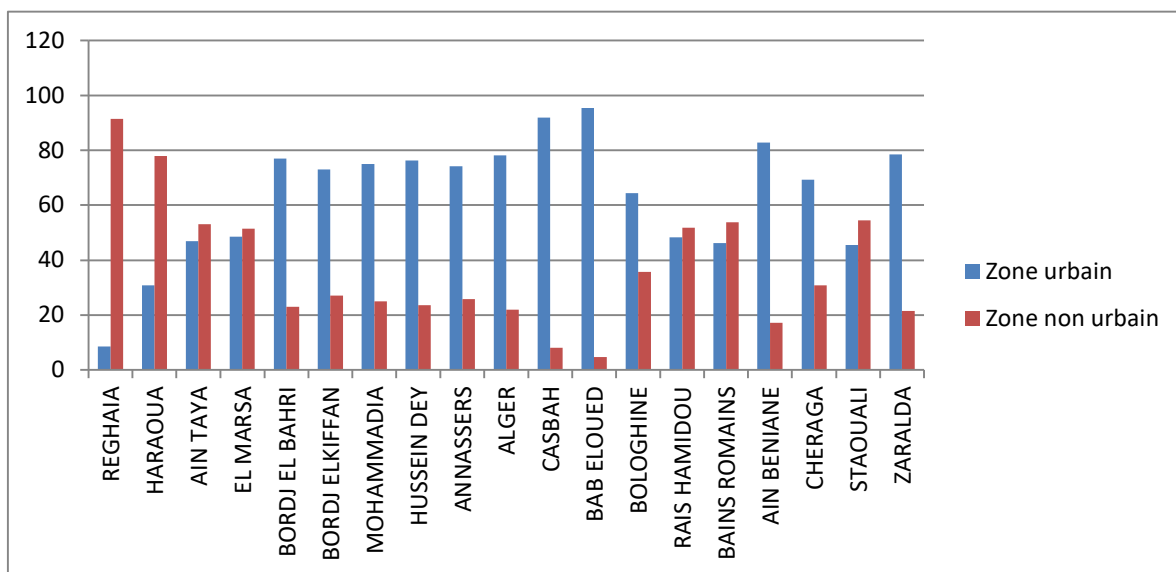


Figure 15: le pourcentage des superficies des zones urbaine et non urbain de la bande de 800m

5.5 La bande de 3Km

D'une largeur de 3 km (figure 17), dans cette bande sont interdites :

- Toute extension longitudinale du périmètre urbanisé ;
- L'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral à moins que la distance les séparant soit de cinq (5) kilomètres au moins ;
- Les voies de transition nouvelles parallèles aux rivages.
- Les constructions et les occupations du sol directement liées aux fonctions des activités économiques autorisées par les instruments d'urbanisme dans la bande des trois kilomètres réglementé.

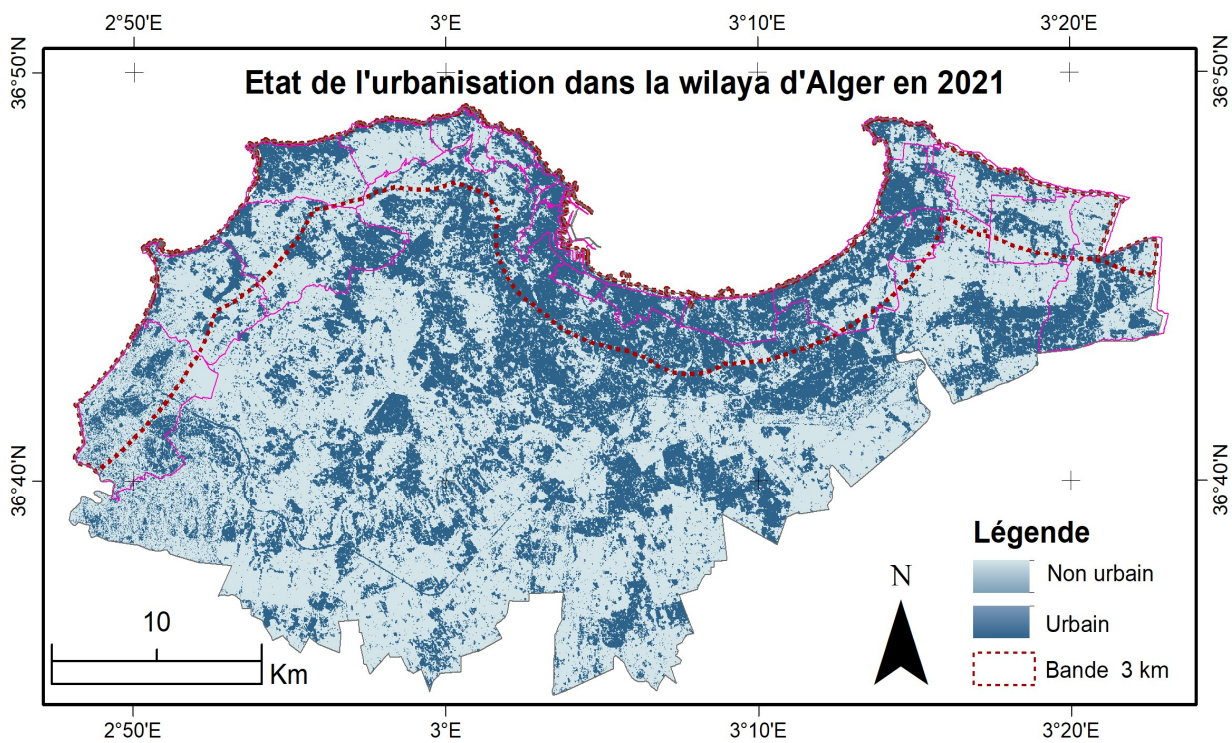


Figure 16: La bande des 3km-loi littoral

Pour la bande de 3 km, les résultats sont présentés dans la figure 18, l'urbanisation la plus importante est située dans les communes de Casbah, Bab El oued, Hussien Dey, Mohamadia avec des pourcentage égale 91,82%, 88,98%, 79,75%, 75,41% respectivement. Les communes Reghaïa, Bains Romains et Haraoua enregistrent les pourcentages les plus élevées pour les surfaces non urbaines.

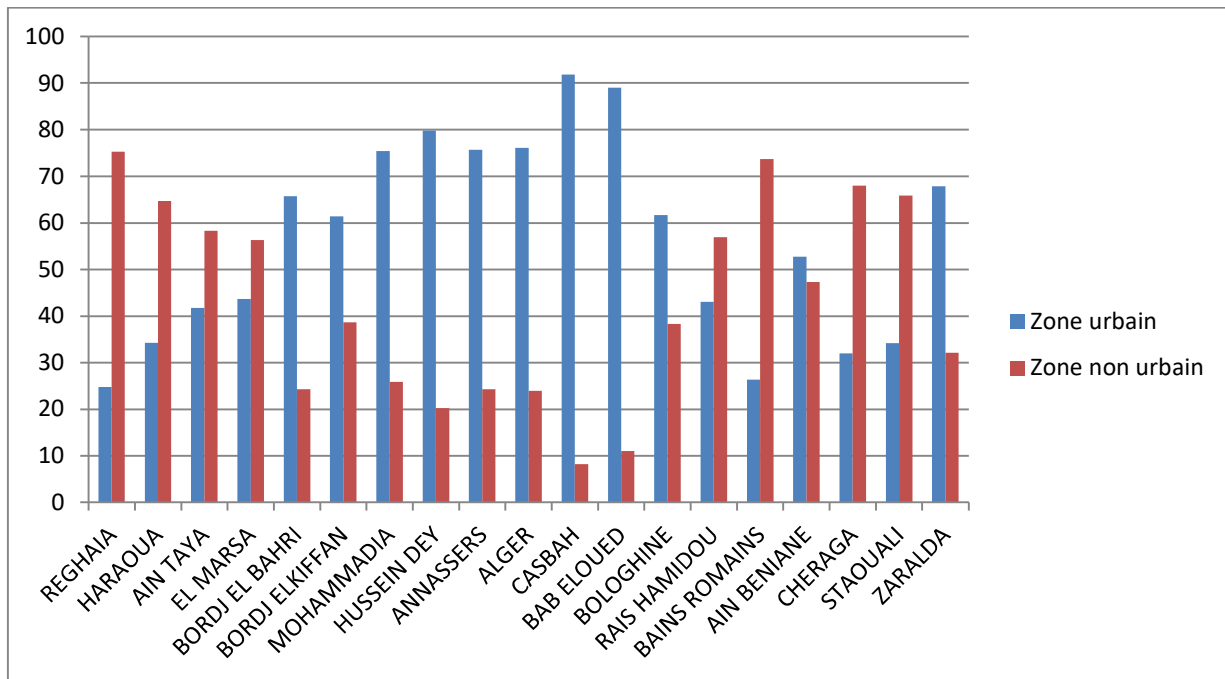


Figure 17: le pourcentage des superficies des zones urbaine et non urbain de la bande de 3km

6 La superficie des communes littorales de la wilaya d’Alger en 2015

D’après la figure 19, les communes Casbah et Bab Eloued enregistrent le taux le plus élevé en urbanisation (93,36%), (92,94%) respectivement suivies par Annassers (83,64%), Hussein Dey (82%) et Alger centre (78,50%) puis Bologhine (69,67%) et Mohammadia (65,13%).

En ce qui concerne la classe non urbaine on remarque que les pourcentages les plus élevés est retrouvé au niveau des communes Zeralda (82,08%), Haraoua (76,33%), Bains Romains (73,11%), Staouali (72,86%).

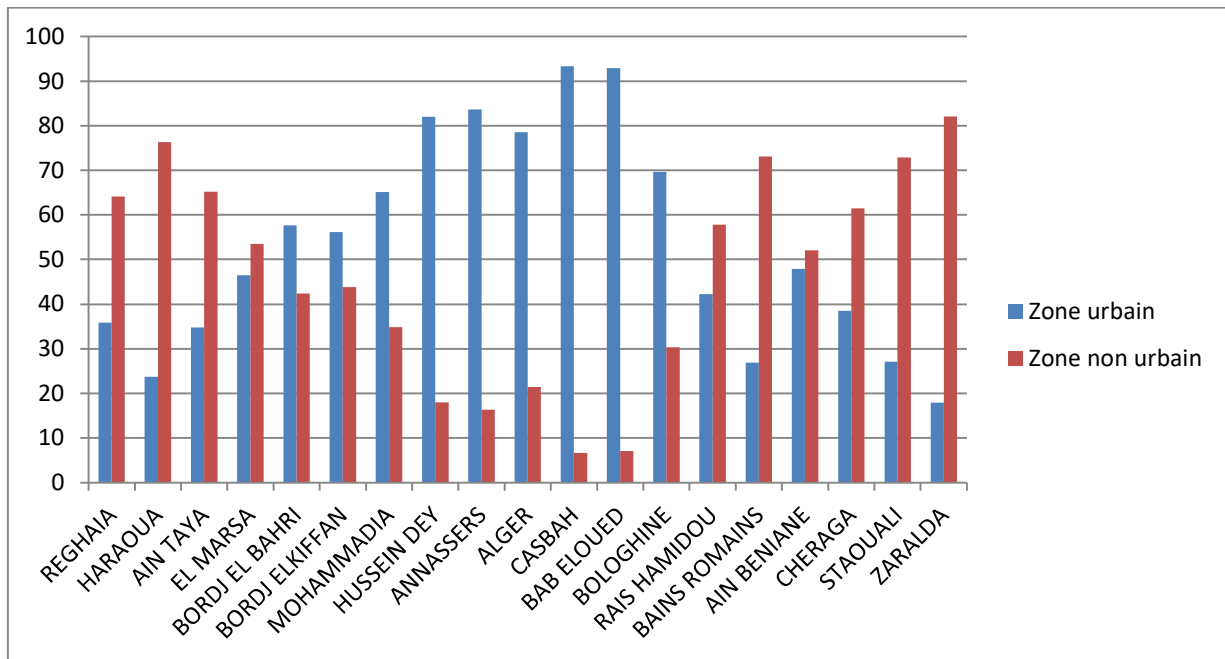


Figure 18: les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbaines en 2015

6.1 La bande de 100m

La figure montre (22) les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbain de la bande de 100m en 2015. On remarque un taux élevé d’urbanisation au niveau des communes littorales Bologhine (98,71%) suivi par Annassers (97,33%), Bordi El Bahri (97,14%), Bains Romains (96,55%), Cheraga (95,65%).

En ce qui concerne la classe non urbaine on note des taux importants dans les communes Reghaia (91,67%), Haraoua (91,43%), Zeralda (82,08%).

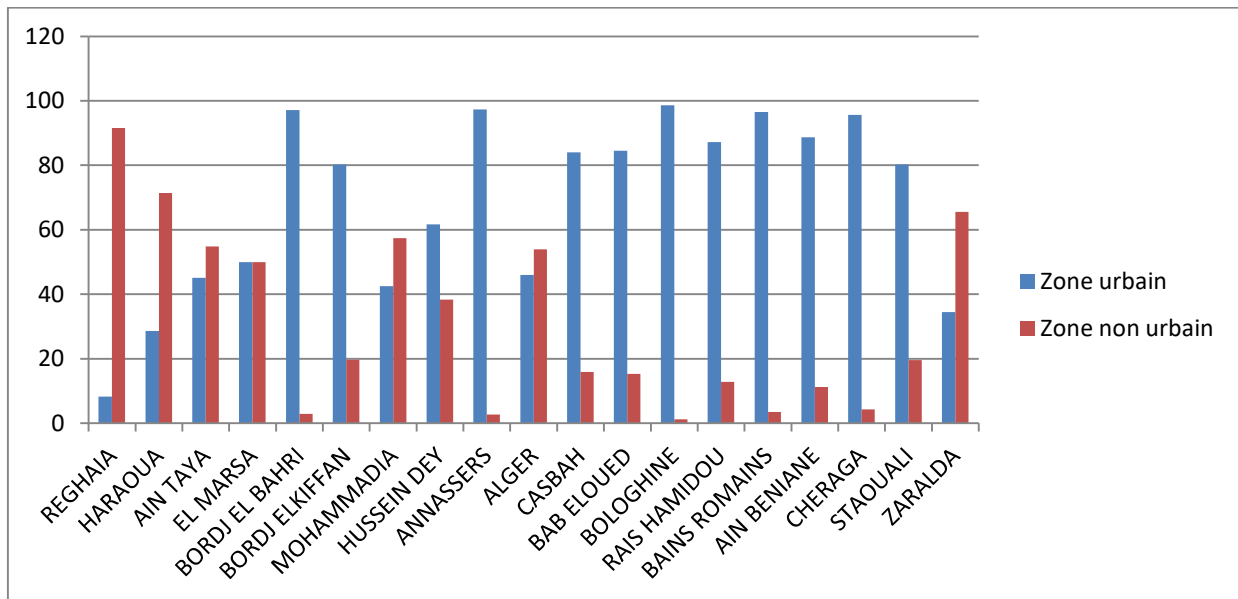


Figure 19 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbain de la bande de 100m en 2015

6.2 La bande 300m

A partir de l’histogramme figure 21, on observe que les zones urbanisées sont élevées au niveau des communes littorales Bains Romains (98,29%), suivi par Bab El Oued (92,38%) Casbah (91,56%), Bordj El Bahri (91,38%), puis Cheraga (90,22%) et Annassers (90%).

Par Rapport en zones non urbanisées, le taux le plus élevées a été retrouvé dans les communes littorales Reghaia (93,75%), Haraoua (80,95%), Zeralda (63,64%).

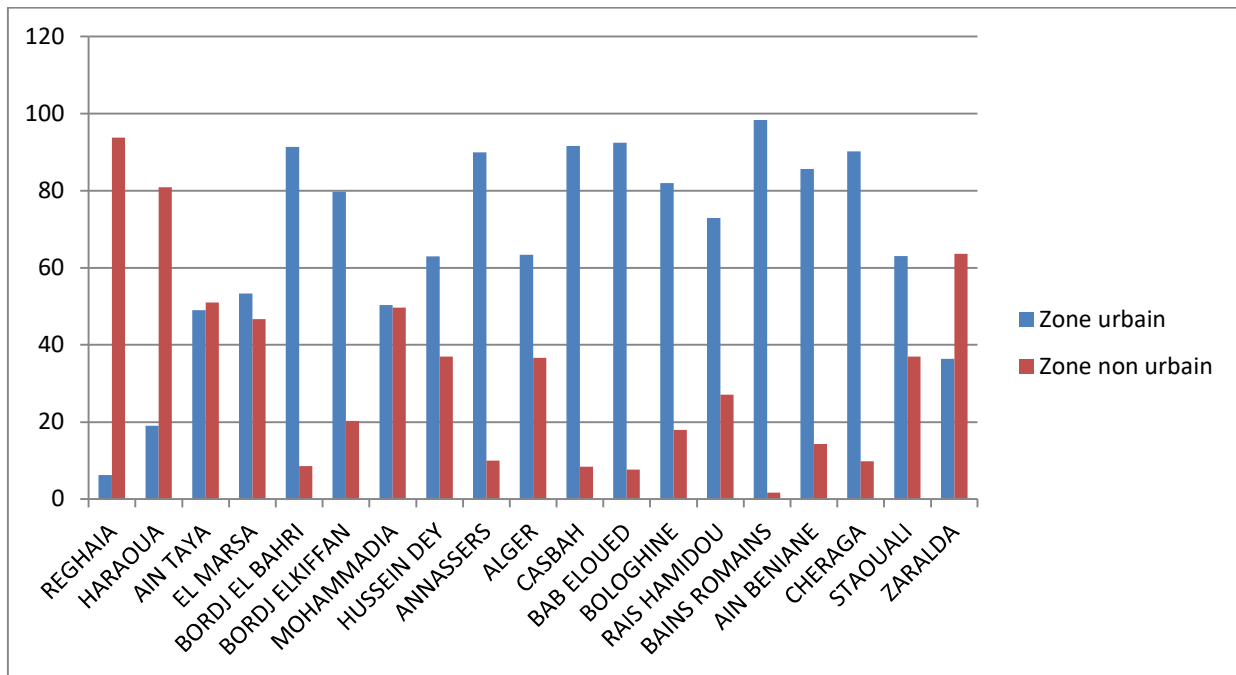


Figure 20 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaine et non urbaine de la bande de 300m en 2015

6.3 La bande 800m

A partir de la figure 22, la majorité des communes étudiées représente une urbanisation importante au niveau de la Casbah, Bab El Oued, Ain Benain , Annasser, Bordj El Bahri, Hussuin Day, Alger, Bouloghin, qui ont des pourcentage suivantes (94.60% ; 92.69% ; 79.41% ; 77.% ; 77.67% ; 75.54% ; 73.66).

Pour la classe « urbain », les pourcentages les plus élevés sont remarqués dans Reghaya(97.39%) suivi par Haraoua (84.62%) puis par Zeralda (82.57%) et Staouali (60.31%).

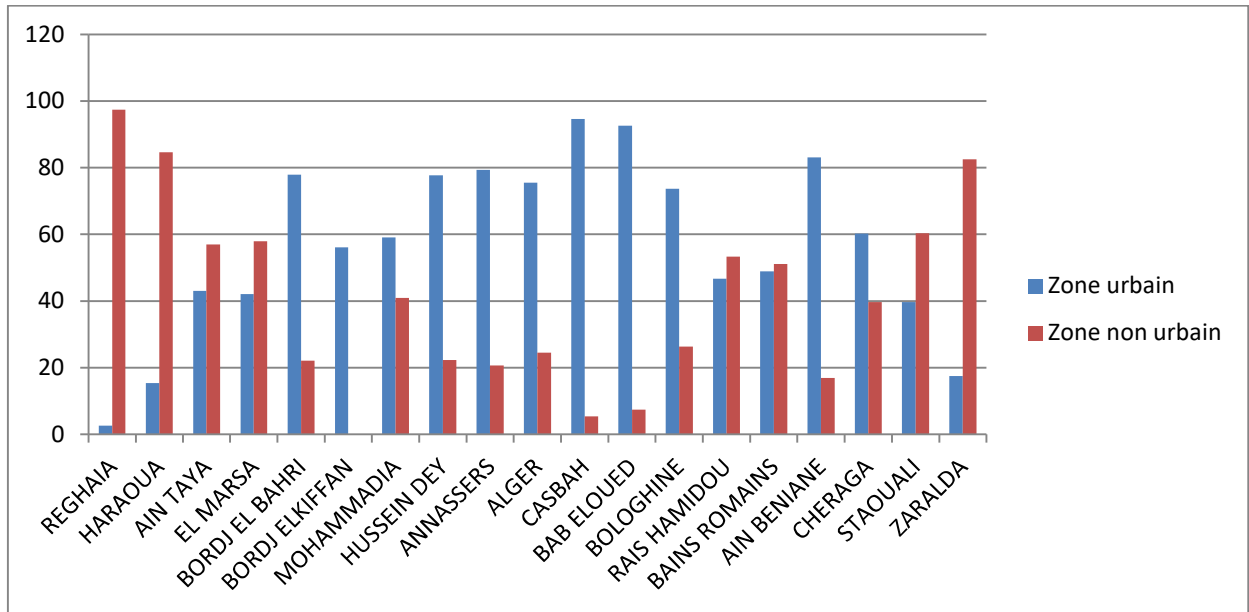


Figure 21 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaine et non urbain de la bande de 800m en 2015

6.4 La bande 3Km

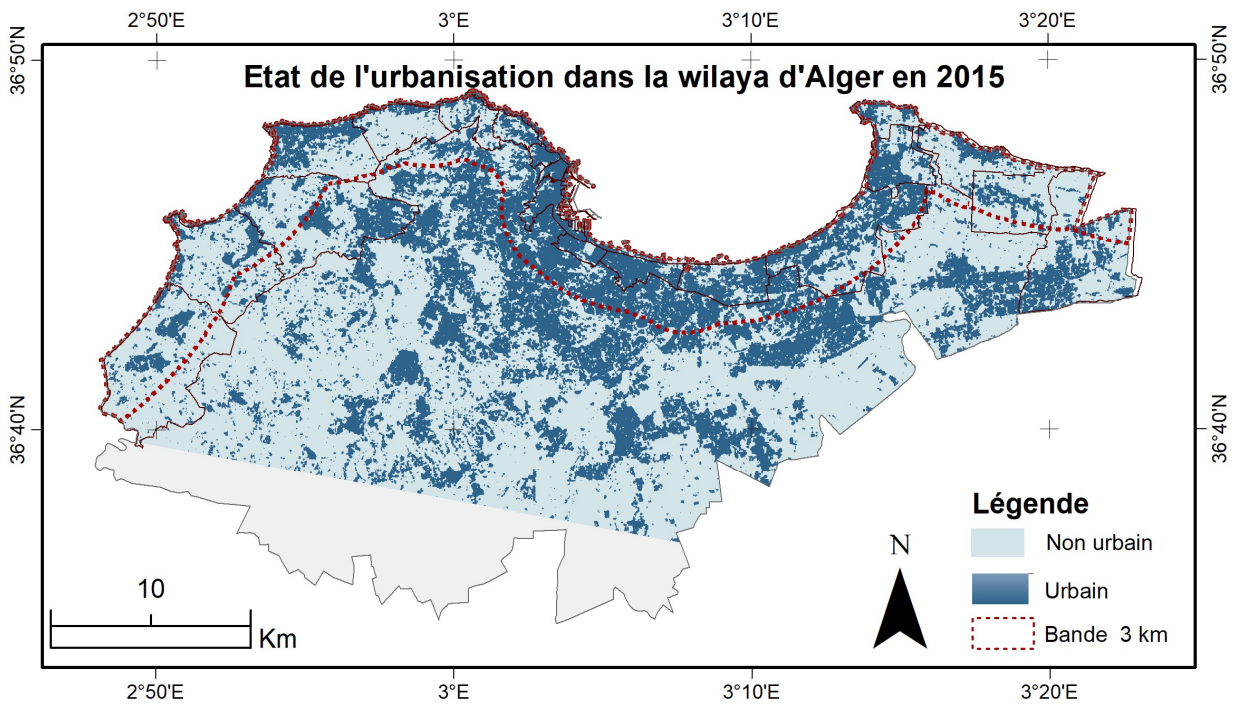


Figure 22: La bande des 3Km-loi littoral

La figure 24 représente les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaines et non urbaine de la bande de 3km en 2015.

Au niveau des communes littorales Casbah, Bab El Oued, Annassers, Hussein Dey, Alger centre, Mohammadia et Bologhine il y a un taux d’urbanisation important (93,64%), (92,88%), (83,64%), (82%),(77,45%), (74,14%), (70%) respectivement.

Pour la classe non urbaine les communes littorales qu’ont les pourcentages les plus élevés sont Reghaia (83,73%), Zeralda (74,58%), Cherage (73,66%), Bains Romains (72,67%), Haraoua 572,12%), Staouali (69,25%).

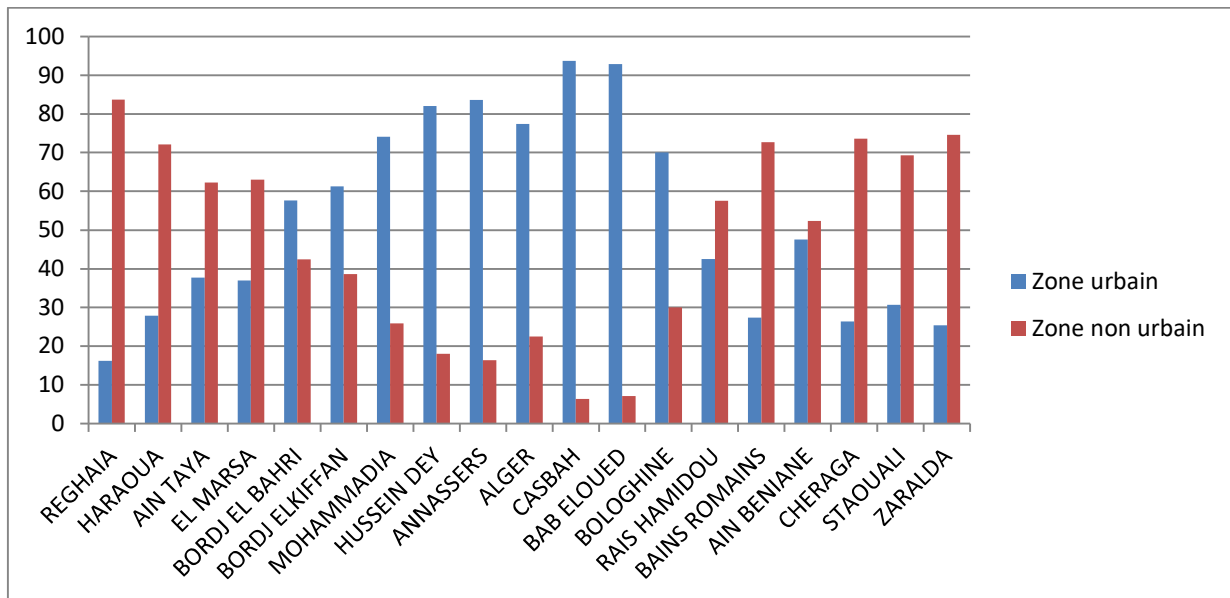


Figure 23 : les pourcentages des superficies des communes littorales des zones urbaine et non urbaine de la bande de 3Km en 2015

Superficies urbanisées et non urbanisées à l’échelle de la wilaya (2015-2021).

Dans la figure on observe une augmentation d’urbanisation très important à l’année de 2021.

D’après les résultats qu’on obtenu en 2015 et de en 2021 on remarque que :

Il y a une augmentation très importante des superficies urbaines au niveau des commune littoral de la wilaya d’Alger , cette augmentation est de 14.96 km² à partir de 2015 jusqu’à au 2021

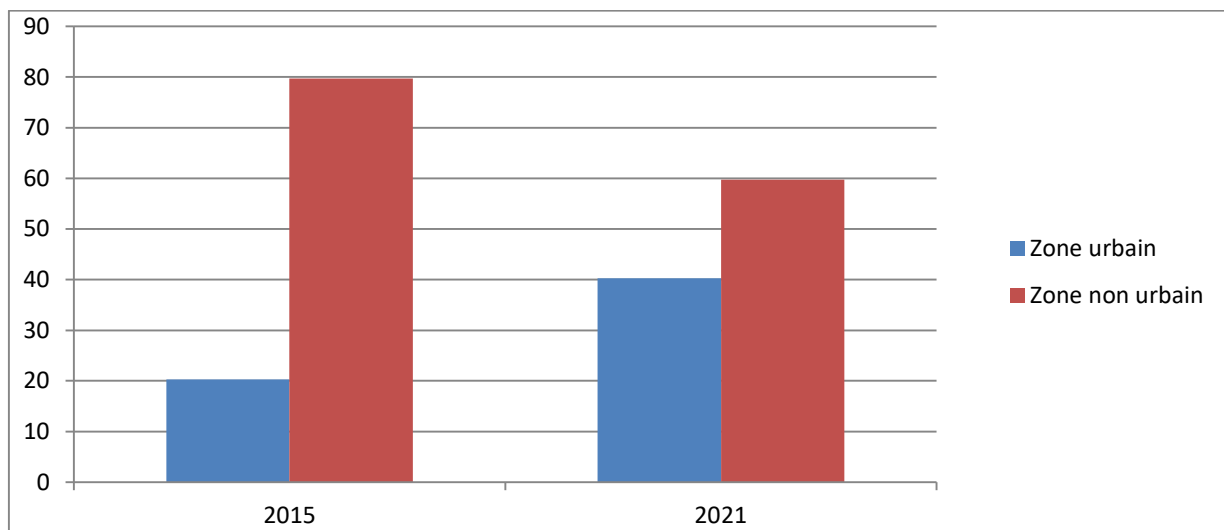


Figure 25 : Superficies urbanisées et non urbanisées à l'échelle de la wilaya (2015-02021)

Discussion

D'après les résultats qu'on obtenu en 2015 et de en 2021 on remarque que :

- Il y a une augmentation très importante des superficies urbaines au niveau des communes littorales de la wilaya d'Alger, cette augmentation est de 14.96 km² à partir de 2015 jusqu'à au 2021. Pour les résultats trouvés en 2015, sont élevés par rapport à ceux obtenus par (Rabhi.W ; 2018),
- Le taux d'urbanisation dans les bandes de servitude concentre dans les communes littorales, ces pourcentages sont très importants à l'année de 2021.
- Pour la bande des 300m, les plus fortes surfaces d'urbanisation sont visibles dans les communes de Bordj El Kiffan, Bordj el Bahri, El Marsa. C'est des communes qui ont été très prisées, car étant les plus proches du centre et ayant le plus de foncier libre (ou agricole urbanisé). Ces trois mêmes communes avec en addition celles du centre de la baie (Mohammadia, Hussein-dey) affichent de grandes surfaces d'urbanisation pour la bande des 800m, on note également que trois communes arrière-littorales sont traversées par la bande des 800m (El Magharia, Kouba, Oued Koriche), mais avec des surfaces relativement faibles.
- Dans la bande des 3 km, on retrouve les surfaces d'urbanisation les plus importantes (ce qui est logique, vu la largeur géographique plus importante de cette bande), les communes du CentreEst sont également présentes par des valeurs élevées (Bordj El Bahri, Bordj El Kiffan,

Mohammadia), mais des surfaces aussi remarquables pour des communes d'arrière-côte (communes dorts) telle que « Kouba, El Harrach, Bab Ezzouar, Bachdjarrah ».

- Hraoua ne dispose pas d'un cœur urbain dessiné par le génie à l'instar des villages coloniaux car c'est une région sismique.
- Réghaïa est une commune littoral . C'est une zone densément peuplée et en croissance démographique forte où les activités agricole et industrielle sont prépondérantes (Grande zone industrielle de Réghaïa-Rouiba). Ceci fait d'elle l'une des communes les plus riches d'Algérie.
- La wilaya d'Alger sera complètement urbanisée si la pression urbaine suit le même rythme. Bien que le gouvernement ait pris des mesures pour gérer l'étalement urbain, ces efforts n'ont actuellement qu'un effet mineur. Alger doit apporter un changement significatif aux politiques de gestion environnementale afin de dévier la trajectoire d'urbanisation littorale vers l'intérieur du pays et préserver cet environnement sensible. Pour atteindre l'objectif du Plan d'Alger-2029, il sera nécessaire de revoir les mécanismes d'exécution de la législation en vigueur en matière de protection de l'environnement

Conclusion

L'observation spatiale continue de l'urbanisation nécessite la maîtrise de l'outil télédétection et cartographie couplés à une compréhension approfondie de l'espace géographique, en l'occurrence l'objet urbain en tant que cible focale .

Ce travail comme objectif d'observer, classer, quantifier les zones urbaines à Alger à l'aide des techniques de télédétection, ceci permettra d'identifier la trajectoire de l'urbanisation dans la capitale, comprendre la pression exercée sur la wilaya d'Alger dans le temps(2015,2021)

Une analyse de l'évolution des zones urbaines sera ensuite réalisée via l'approche des statistiques surfaciques de l'occupation du sol (pour l'ensemble de la capitale puis spécifiquement pour ces communes littoral puis pour les zones de servitudes : 100m, 300m, 800m, 3Km).

Les résultats obtenus à partir d'un classification supervisés par la méthode de RF sont fiable à l'utilisation des images à haut résolution spatial (Radar, sentinel 1) .

Perspective :

En perspective, et en continuité de ce travail il est importante de faire une analyse de la fragilisation des espaces côtiers face à l'érosion et la remontée du niveau de la mer, à l'aide de l'indice de vulnérabilité côtière (IVC) permet de voir une forte vulnérabilité des communes de la wilaya d'Alger, des zones fortement touchées par l'urbanisation, ceci confirme la forte corrélation entre l'artificialisation et la fluctuation du trait de côte dans cette zone d'étude.

Références bibliographique

- Abderrahim, H. (2007).** *"Les projets d'urbanisme récents en Algérie", 43rd ISOCARP Congress .*
- Abousamra, G. e. (2009-2010).** *Comptes rendus des publications .*
- Achankeng, E. (2003).** *Globalization, Urbanization and Municipal Solid Waste Management in Africa, African Studies Association of Australasia and the Pacific.*
- al, B. e. (2013).** *Trauma recovery program [Palestine].*
- al, M. e. (2002).** *View in own window. Methods, Multi-centre, double-blind, randomized, placebo-controlled trial.*
- al, O. e. (2004).** *assessed the vulnerability of different districts in India to climate change and to trade globalization.*
- B., A. Z. (2010).** *Sampling procedures for throughfall monitoring.*
- B.L. Turner II, R. E. (1990).** *As the study of global environmental change expand, Ref 4 and Price.*
- Bairoch, P. (1976).** *Commerce extérieur et développement économique de l'Europe au Publications de l'École des Hautes Études en Sciences sociales.*
- Becet, J.-M. (2002).** *Le droit de l'urbanisme littoral . France: Presses Universitaires Rennes.*
- Bednarz, T. L. (2007).** *Particle image thermometry for natural convection flows.*
- Benazzouz-Belhaï, N. D. (2010).** *Symposium: Identity and territorial competitiveness, from 20.*
- Bouroumi, T. (2010).** *Impact de l'urbanisation sur l'évolution du littoral, cas de la commune de Ain el Türk. S.l . Université des sciences et de la Technologie d'Oran.*
- Chen J, e. a. (2012).** *Identification of a small molecule yeast TORC1 inhibitor with a multiplex screen based on flow cytometry.*
- Clark, B. R. (1998).** *Creating Entrepreneurial Universities Organizational Pathways of Transformation (Issues in Higher Education).*
- Costanza R, d. R. (1997).** *The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature p.p. 253–260.*
- Dekker. (2003).** *provides an account of a real-life value chain, used for inter-firm cost management, in a large UK supermarket chain.*
- Dewan, A. a. (2009).** *Land Use and Land Cover Change in Greater Dhaka, Bangladesh Using Remote Sensing to Promote Sustainable Urbanization.*

FAURE, C. (2005). *Vins & Alcools Divers Bordeaux SAINT EMILION GC.*

Fisher, R. (1958). *The genetical theory of natural selection. 2nd Edition, New York : Dover Publications, p.*

Ghdbani & Semoud, B. (2010). *Urbanisation littoral en Algérie, processus et impacts sur l'environnement : le cas de la Baie d'Ain el turk. Etude caribéenne.*

H. Rodriguez, E. Q. (2007). *New York: Springer, ... Auteurs : Rédaction LDate, Vol 55, Num 6.*

Irwin, E. a. (2001). *Theory, Data, Methods: Developing Spatially Explicit Economic Models of Land Use Change.*

Kacemi, M. (2004). *Recommandations pour l'élaboration des PDAU et des POS dans les zones littorales. Alger: Dar El Gharb.*

Katoh, K. a.-i. (1992). *"BERM FORMATION AND BERM EROSION".*

MATET. (2004). *(ministère de l'aménagement de territoire et de l'environnement)Programme d'Aménagement côtière (PAC), (zone cotiere Algéroise) ; maitrise de de l'urbanisation et de l'artificialisation des sols. Rapport : étude prospective de l'urbanisation. Alger: MATE.T.*

May, C. e. (2006). *Intellectual Property Rights. A Critical History, Boulder, co, Lynne Rienner.*

Milton, S. (1971). *Dix essais sur les villes des pays sous-développés, Paris: Les Procédés Dore.*

Mkhpadyay, A. D. (2012). *International Coastal Hazards and vulnerability: A Review., Journal of Geology, Earth And Environmental Sciences.*

MUKOLE, Y. (2010). *Etude sur le déploiement d'un réseau informatique administré par Windows 2008 serveur avec une optimisation du QOS dans une entreprise publique par MPALUNGUNU institut supérieur d'informatique programmation et d'analyse.*

OCDE. (2011). *Trends in urbanisation and Urban Policies in OECD Countries : what lessons for china? , s. l.: s. n. .*

PAM, P. /. (2009). *Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée (plan bleu).*

PNUE. (2005). *(plan des nation unies pour l'environnement) GIZC et PAC). .*

PUJOLLE, G. (2014). *Les réseaux, Paris: EYROLLES, p.*

Steffen W, S. A.-J. (2004). *Global change and the Earth system: a planet under pressure. IGBP Global Change Series. Springer-Verlag. Berlin H. Berling: springer,p*

Sudhira, H. -S.-V.-S. (2004). *Urbain sprawl : metrics, dynamles and modeling using SIG. international Journal of applied Earth observation and Geoinformation.*

Tanaka T, e. a. (1999). *Identification of cohesin association sites at centromeres and along chromosome arms.*

Thouret Jean-Claude, D. R. (1996). *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales.*

Toro, j. D. (2012). *Determining Vulnerability importance in environmental impact assessment : the case of Colombia. Environmental Impact Assessment Review.*

TURNER, B. (2010). *vulnérabilité and résilience : coalescing or paralleling approaches for sustainability science ? . global environmental change, 20(4), p.*

Ulaby, F. M. (1986). *Microwave Remote Sensing Active and ElSayed Ali Hermas Ibrahim, Mohammed El-Barodi, Khalid Al-Ghamdi.*

UNPD. (2002). *(Division de la population des nations unies) World urbanization Prospects; The 2000 Revision .Data tables and Highlight., s.l. United nation, New York.. .*

Vinet, M. d. (2010). *Aléas naturels et gestion des risques, Paris: PUF, p.*

W.M.F. Grey, A. L. (2003). *Adrian Luckman Orcid Logo. Remote Sensing of Environment, ... Published.*

Yi, Y. &. (2013). *Customer Value Co-Creation Behavior Scale Development and Validation. Journal of Business Research.*

Annexes

Tableau 7 : des superficies des communes des la wilaya d'Alger en 2015

Commune littorales	Surface Km ²	Zone urbain		Zone non urbain	
		S _R Km ²	%	S _R Km ²	%
REGHAIA	27	9.69	35.89	17.31	64.11
HARAOUA	12	2.84	23.67	9.16	76.33
AIN TAYA	10	3.48	34.80	6.52	65.20
EL MARSA	4	1.86	46.50	2.14	53.50
BORDJ EL BAHRI	8	4.61	57.63	3.39	42.38
BORDJ ELKIFFAN	22	12.36	56.18	9.64	43.82
MOHAMMADIA	8	5.21	65.13	2.79	34.88
HUSSEIN DEY	4	3.28	82.00	0.72	18.00
ANNASSERS	2.14	1.79	83.64	0.35	16.36
ALGER	4	3.14	78.50	0.86	21.50
CASBAH	1.1	1.03	93.36	0.073	6.64
BAB ELOUED	1.19	1.11	92.94	0.084	7.06
BOLOGHINE	3	2.09	69.67	0.91	30.33
RAIS HAMIDOU	4.76	2.01	42.23	2.75	57.77
BAINS ROMAINS	9	2.42	26.89	6.58	73.11
AIN BENIANE	14	6.71	47.93	7.29	52.07
CHERAGA	27.9	10.75	38.53	17.15	61.47
STAOUALI	21	5.70	27.14	15.3	72.86
ZARALDA	29.75	5.33	17.92	24.42	82.08

Figure 8 : la superficies des communes littorales en 2021

Commune littorales	Surface Km2	Zone urbain		Zone non urbain	
		S _R Km ²	%	S _R Km ²	%
REGHAIA	27	13.09	48.48	13.91	51.52
HARAOUA	12	3.58	29.83	8.42	70.17
AIN TAYA	10	4.17	41.7	5.83	58.3
EL MARSA	4	2.31	57.75	1.69	42.25
BORDJ EL BAHRI	8	5.26	65.75	2.74	34.25
BORDJ ELKIFFAN	22	13.5	61.36	8.85	40.23
MOHAMMADIA	8	5.95	74.38	2.05	25.63
HUSSEIN DEY	4	3.19	79.75	0.81	20.25
ANNASSERS	2.14	1.62	75.71	0.52	24.29
ALGER	4	3.11	77.75	0.89	22.25
CASBAH	1.1	1.01	91.82	0.09	8.18
BAB ELOUED	1.19	1.06	89.08	0.13	10.92
BOLOGHINE	3	1.85	61.67	1.15	38.33
RAIS HAMIDOU	4.76	2.05	43.07	2.71	56.93
BAINS ROMAINS	9	2.37	26.33	6.63	73.67
AIN BENIANE	14	7.44	53.14	6.56	46.86
CHERAGA	27.9	11.72	42.01	16.18	57.99
STAOUALI	21	6.49	76.44	14.51	23.56
ZARALDA	29.75	22.74	76.43	7.01	23.56