

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 de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état et master  
en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral

**Spécialité :** Gestion et Protection du Littoral

### **Thème :**

**Etude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya et  
estimation de son évolution spatio-temporelle : Combinaison entre  
techniques de SIG et de télédétection**

Présenté par : **Amrane Ibrahim Mounir**

**Drablia Abd el Fateh**

Soutenu le 30/09/2021 devant le jury composé de :

M. Zerrouki Mohamed	Maitre-assistant A (ENSSMAL)	Président
M <sup>me</sup> Keraghel Mehdiya	Maitre de conférence B (ENSSMAL)	Promotrice
M <sup>me</sup> Remane Lilya	Chef d'atelier Aménagement du territoire (CNERU)	Co-promotrice
M. Otmani Housseyn	Maitre de conférence B (ENSSMAL)	Examineur
M <sup>me</sup> Benzouai Sihem	Maitre-assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion : 2020 – 2021



## *Remerciements*

Tout d'abord, louange à « **ALLAH** » le Tout Puissant, le très Miséricordieux qui nous a donné la santé, la force, le courage et l'opportunité de mener ce travail à terme.

On veut exprimer par ces quelques lignes de remerciements, nos sentiments de gratitude envers tous ceux, qui par leur présence, leur soutien, leur disponibilité et leurs conseils, nous ont permis de réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice, **M<sup>me</sup> KERAGHEL Mehdi**a, qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail, merci de vous être autant investi pour qu'il soit rédigé dans les temps. Merci pour vos précieux conseils, votre disponibilité dans l'élaboration de ce travail. C'est un immense honneur pour nous d'avoir travaillé sous votre direction.

Nos remerciements s'adressent également à notre Co promotrice, **M<sup>me</sup> REMANE Lilia**, pour avoir accepté de diriger ce mémoire, pour ses conseils et sa disponibilité, nous avons bénéficié de son expérience et de ses connaissances et cela en suivant constamment la progression de ce travail.

A M. **ZERROUKI Mohamed**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury, Hommage respectueux.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, **M<sup>me</sup> BENZOUAI Sihem** et M. **OTMANI Housseyn**, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et pour l'intérêt qu'ils y ont porté en l'enrichissant par leurs propositions.

On tient à remercier également nos familles, pour leur amour, leur encouragement et leur soutien.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent par le biais de ces remerciements, l'expression de notre respect le plus profond.

A vous tous, On vous dit du fond du cœur, Merci.



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

***A mon très cher père***

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection.*

***A ma très chère mère***

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

***A mon très cher frère Abdennour et mes belles sœurs Salsabil et Kaouther***

*Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance, le bonheur, la réussite et la santé*

***A mon cher binôme Mounir,***

*Pour son entente et sa sympathie.*

***A mes cher(e)s ami(e)s***

*Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.*

***A toute ma famille,***

***A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.***

***Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite***

***Drablia Abd El Fateh***





# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail ...*

*A mon cher père :*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect et ma gratitude pour tous les efforts que tu as fournis pour mon enseignement, mon éducation et mon instruction.*

*Que dieu le récompense pour tous ces bienfaits et le garde en bonne santé.*

*A ma chère mère :*

*Tes qualités humaines et intellectuelles font de toi une mère exemplaire.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation, mon bien être et mon soutien.*

*La dame affable, honorable, aimable que je ne cesse de remercier pour tout ce qu'elle m'a donné.*

*Je souhaite prouver mon grand remerciement qui ne sera jamais suffisant pour ma deuxième famille, j'espère les rendre fiers de ce travail.*

*Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie*

*A mes chères sœurs à qui je souhaite une grande réussite dans leurs études et plein de succès et une longue vie.*

*A mon petit frère qui m'est très cher, en lui souhaitant un avenir éclatant plein de joie, de bonheur, de réussite, de sérénité et de santé.*

*A tous les membres de ma famille de près ou de loin en particulier mes grands-parents.*

*À tous mes amis en témoignage de l'amitié qui nous unit, des souvenirs et de tous les moments passés ensemble. Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*A tous ceux qui m'ont transmis leur savoir et aidé à avancer*

*A mes amis, D. Abd El Fateh, D. Oussama, A. Cherif, je vous souhaite une bonne continuation et bon courage.*

*A tous ceux qui ont cru en moi, merci*

**A. Ibrahim Mounir**



## Table des matières

<b>Liste des figures .....</b>	<b>8</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>9</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>10</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Chapitre I : Généralités.....</b>	<b>4</b>
1.1 Zone côtière et littorale.....	4
1.2 Urbanisme et artificialisation .....	4
1.2.1 Artificialisation.....	4
1.2.2 Urbanisation .....	4
1.2.3 Aménagement.....	5
1.3 PDAU, PAC et POS .....	5
1.3.1 Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) .....	5
1.3.2 Plan d'Aménagement Côtier (PAC).....	5
1.3.3 Plan d'occupation des sols (POS).....	6
1.3.4 Complémentarité entre le PDAU et le POS.....	7
1.4 Cadre réglementaire .....	8
1.4.1 Inventaire des lois et décrets relatifs à l'occupation des sols .....	8
1.4.2 La loi 02-02 .....	8
1.5 La télédétection .....	11
1.5.1 L'imagerie satellitaire .....	12
1.5.2 Caractéristiques des images satellitaires.....	12
1.5.3 Les différents types de prétraitements .....	13
1.5.4 Aperçu général sur les satellites utilisés .....	14
1.6 SIG et cartographie.....	15
1.6.1 Système d'information géographique (SIG) .....	15
1.6.2 Cartographie .....	15
<b>2 Chapitre II : Contexte général de la zone d'étude : Commune d'AIN TAYA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Introduction .....	17
2.2 Situation géographique de la zone d'étude.....	17
2.3 Géomorphologie de la zone côtière.....	18
2.4 Topographie de la Commune .....	19
2.5 Démographie .....	20
2.6 Sources de pollution .....	20
<b>3 Chapitre III : Matériels et méthodes.....</b>	<b>23</b>
3.1 Introduction .....	23

3.2	Logiciels utilisés.....	23
3.3	Etude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya (Année 2020).....	23
3.3.1	Réalisation de la carte d'état de fait.....	24
3.3.2	Méthodologies d'extraction automatique du bâti.....	25
3.4	Etude de l'évolution temporelle de l'urbanisation.....	30
3.4.1	Images satellitaires utilisées.....	31
3.4.2	Prétraitements numériques des images satellitaires.....	32
3.4.3	Méthode d'estimation de l'urbanisation : La classification.....	33
3.4.4	Technique de détection du changement.....	34
3.5	Validation des résultats.....	34
<b>4</b>	<b>Chapitre IV : Résultats et discussion.....</b>	<b>37</b>
4.1	Etude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya.....	37
4.1.1	Carte d'état de fait.....	37
4.1.2	Extraction automatique de l'urbanisation.....	38
4.2	Evolution spatio-temporelle de l'urbanisation (de 1985 à 2020).....	43
4.2.1	Evolution spatiale de l'urbanisation.....	43
4.2.2	Présentation des statistiques par zonation.....	45
4.2.3	Validation des résultats.....	47
4.2.4	Etude du changement de l'urbanisation.....	47
4.2.5	Impacts de l'urbanisation importante de la commune.....	49
4.2.6	Application de la loi 02-02.....	50
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>52</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>55</b>
	<b>Résumé.....</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Schéma explicatif de la délimitation de la zone littorale. Source : Cadastre littoral, Wilaya d'Alger.....	9
<b>Figure 2:</b> Résumé des restrictions relatives à chaque zone du littoral (Kacemi, 2013) .....	10
<b>Figure 3:</b> Carte illustrant le bornage du littoral de la commune d'Ain Taya ainsi que les limites des zones sujettes à des restrictions règlementaires .....	11
<b>Figure 4:</b> Schéma explicatif du principe de la télédétection .....	11
<b>Figure 5:</b> Le spectre électromagnétique .....	12
<b>Figure 6:</b> Localisation de la commune d'Ain Taya dans la wilaya d'Alger .....	17
<b>Figure 7:</b> Les routes d'accès à la commune de Ain Taya (Limite du POS).....	18
<b>Figure 8:</b> Modèle numérique de terrain de la commune d'Ain Taya .....	19
<b>Figure 9 :</b> Les différents types de pollution au niveau de la commune de Ain Taya.....	20
<b>Figure 10:</b> Schéma explicatif des étapes de réalisation de la carte d'état de fait .....	24
<b>Figure 11 :</b> Illustration de la méthode de seuillage adoptée pour la séparation de la classe de l'urbanisation.....	29
<b>Figure 12:</b> Schéma explicatif des étapes suivies pour l'étude de l'évolution temporelle de l'urbanisation d'Ain Taya .....	30
<b>Figure 13:</b> Carte d'état de fait du POS 14.....	38
<b>Figure 14:</b> Cartographie de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya en utilisant la méthode d'extraction automatique du bâti.....	39
<b>Figure 15:</b> Illustration des images des différents indices spectraux d'urbanisation calculés pour l'année 2020 (CBI, BRBA, IBI, NBAI et BU) .....	41
<b>Figure 16:</b> Illustration des images binaires des différents indices spectraux d'urbanisation calculés pour l'année 2020 (CBI, BRBA, IBI, NBAI et BU) .....	42
<b>Figure 17:</b> Evolution de l'occupation du sol de la commune d'Ain Taya de 1985 à 2020 en utilisant la technique de la classification supervisée .....	44
<b>Figure 18:</b> Courbe représentant l'évolution du pourcentage d'urbanisation d'Ain taya de 1985 à 2020 selon les trois zones du littoral (100 m, 300 m et 800 m) .....	46
<b>Figure 19 :</b> Cartes du changement de l'urbanisation en utilisant la méthode de la classification pour les périodes : (1985 -2004) - (2004 - 2020) - (1985-202).....	48

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Inventaire des lois algériennes relatives à l'occupation du sol .....	8
<b>Tableau 2:</b> Tableau récapitulatif des principales caractéristiques des satellites utilisés .....	14
<b>Tableau 3 :</b> Caractéristiques des plages de la commune d'Ain Taya (CNERU, 2004) .....	18
<b>Tableau 4:</b> Évolution démographique de la commune d'Ain Taya .....	20
<b>Tableau 5 :</b> Formules de calcul des indices d'urbanisation utilisés .....	27
<b>Tableau 6:</b> Définition des indices utilisées .....	27
<b>Tableau 7 :</b> Caractéristiques des images utilisées .....	31
<b>Tableau 8:</b> Pourcentages de justesse des différents indices d'urbanisation utilisés.....	43
<b>Tableau 9:</b> Pourcentages de l'évolution temporelle de l'urbanisation d'Ain Taya pour les trois zones du littoral .....	46

## Liste des abréviations

<b>BOA</b>	Bottom Of Atmosphere
<b>BRBA</b>	Band Ratio for Built-up Area
<b>BU</b>	Build-Up
<b>CBI</b>	Combined Build-Up Index
<b>CNERU</b>	Centre National d'études et de recherche d'urbanisme
<b>CN</b>	Compte Numérique
<b>CW</b>	Chemin de Wilaya
<b>DN</b>	Digital number
<b>ESA</b>	European Space Agency
<b>ESRI</b>	Environmental Systems Research Institute
<b>ETM</b>	<i>Enhanced Thematic Mapper</i>
<b>FLAASH</b>	Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes
<b>HRS</b>	Haute Résolution Spatiale
<b>IBI</b>	Index-Based Built-up Index
<b>INCT</b>	Institut National de Cartographie et de Télédétection
<b>KNN</b>	K Nearest Neighbor
<b>MNDWI</b>	Modified Normalized Difference Water Index
<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrain
<b>MSI</b>	Multi Sensor Integration
<b>MSS</b>	Multispectral Scanner
<b>NBAI</b>	Normalized Built-up Area Index
<b>NDBI</b>	Normalized Difference Built-up Index
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index
<b>NDWI</b>	Normalized Difference Water Index
<b>NIR</b>	Near Infrared
<b>ONS</b>	Office National des Statistiques
<b>PAC</b>	Plan d'Aménagement Côtier
<b>PC1</b>	Principal Component n°1
<b>PDAU</b>	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
<b>POS</b>	Plan d'Occupation du Sol
<b>QUAC</b>	Quick Atmospheric Correction
<b>RN</b>	Route Nationale
<b>ROI</b>	Region Of Interest
<b>SAVI</b>	Soil-Adjusted Vegetation Index
<b>SIG</b>	Système d'Informations Géographiques
<b>SNAP</b>	Sentinel Application Platform
<b>SWIR</b>	Short Wave Infrared
<b>THRS</b>	Très Haute Résolution
<b>TIR</b>	Thermal Infrared
<b>TM</b>	Thematic Mapper
<b>USGS</b>	United States Geological Survey
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
<b>VRD</b>	Voirie et Réseau Divers

# Introduction

## Introduction

La zone côtière est un espace exigu, caractérisé par un linéaire considérable et par une pression humaine importante. Elle est le siège de multiples enjeux environnementaux, économiques et humains. Le développement rapide de l'urbanisation de la zone côtière pose de nombreux problèmes concernant la planification des infrastructures et l'étalement urbain incontrôlé. Tel est le cas de la plupart des communes côtières algériennes à attractivité économique, notamment Ain Taya (dans la partie orientale de la capitale Alger), qui subit une importante artificialisation au dépend de ses terres très fertiles, favorables à l'agriculture.

Les planificateurs et les gestionnaires du littoral ont donc besoin d'un mécanisme fiable pour évaluer rapidement et efficacement les conséquences de l'urbanisation. Pour cela, la quantification des terres artificialisées est devenue nécessaire afin d'évaluer l'état des lieux et mesurer à quel point la réglementation en vigueur est respectée ou tout simplement ignorée. Dans ce sens, plusieurs études ont été réalisées, notamment celles de : Rabehi (2018) et Rabehi et al. (2019) qui se sont intéressées à l'analyse de la croissance urbaine de la baie d'Alger; Otmani et al. (2019) qui ont travaillé sur la partie est de la baie d'Alger ; Dahaoui et Berkissa (2020) qui se sont intéressés à tout le littoral algérien, et Soltani et Boumezber, (2019) qui ont étudié le changement de l'artificialisation et de l'urbanisation au niveau de la wilaya d'Annaba.

Aujourd'hui, grâce à des informations spatiales actualisées, la télédétection et la cartographie sont les nouvelles technologies qui peuvent aider à résoudre les problèmes d'urbanisation ainsi que le suivi des activités d'artificialisation des sols (Sallaye, 2012). Cette intégration permet de comprendre les tendances futures et les impacts de l'expansion urbaine sur le littoral algérois (Bouchenafa, 2016). Grâce à la répétitivité d'acquisition des images spatiales de la surface terrestre, l'analyse des images multi-dates, c'est-à-dire des images saisies sur une même scène à des jours ou des époques différentes, permet le suivi du changement de la surface terrestre (Masse, 2013).

La disponibilité des données sur ces changements peut être d'une importance capitale pour la prise de décision dans la gestion et la planification spatiale et environnementale (Dronova et al., 2011). La télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) sont donc des outils puissants et flexibles permettant d'extraire une information exacte, à jour et au moment opportun sur les changements d'occupation du sol (Fournier, 2008). Cependant, il n'existe pas de méthode universelle qui optimise la qualité des traitements pour tous les types d'urbanisation. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients. Le but de ce mémoire ne sera donc pas de mettre en avant une méthode plutôt qu'une autre, mais de montrer et de valider une méthodologie permettant d'utiliser la diversité des données afin de fournir une approche la plus robuste, performante et automatique pour l'étude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya.

Le Plan d'Occupation des Sols (POS) a longtemps été pour les communes le document de référence et l'instrument le plus adéquat en matière d'aménagement urbain. A cet égard, une contribution à l'élaboration du POS d'Ain Taya est le premier objectif de cette étude. Pour cela, nous nous sommes principalement focalisés sur le volet du POS dédié à l'étude de l'urbanisation. Une utilisation des outils et données de télédétection optiques pour observer, quantifier, cartographier et analyser la dynamique de cette commune est le second objectif de

ce travail. Pour finir, nous avons tenté de cartographier l'évolution de l'urbanisation d'Ain Taya de 1985 à 2020, en identifiant les zones d'éventuelles transgressions de la réglementation en vigueur (loi littorale).

Ce document s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à des généralités et définitions des termes et phénomènes traités dans ce travail ainsi qu'à un inventaire de la réglementation en vigueur dans le domaine de l'occupation du sol.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté notre site d'étude, la commune d'Ain Taya, plus précisément sa situation géographique ainsi que ses aspects géographique, géomorphologique, topographique et démographique.

Le troisième chapitre porte sur les données et les méthodes adoptées pour l'étude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya et son évolution temporelle.

Enfin, le quatrième chapitre englobe les résultats obtenus et leur discussion.

# Chapitre I :

# Généralités

# 1 Chapitre I : Généralités

Ce chapitre vise à définir les principales notions abordées dans ce mémoire afin de mieux appréhender la problématique sus-citée. Nous présentons d'abord la définition de la zone littorale, de l'urbanisation et des instruments juridiques régissant l'occupation de cette zone, en passant par la présentation de quelques notions de télédétection et de gestion de l'information géographique.

## 1.1 Zone côtière et littorale

Les zones côtières sont des zones d'interface ou de transition entre la terre et la mer, y compris les grands lacs intérieurs. Les zones côtières sont variées par leur fonction et leur forme. C'est des zones dynamiques qui sont difficilement délimitées de façon stricte dans l'espace. Contrairement aux bassins versants, il n'existe pas de frontières naturelles précises qui les délimitent clairement (Pernetta and Elder, 1993).

Les zones littorales sont des espaces particulièrement attractifs pour l'homme et propices à ces activités. Au cœur des grands flux d'hommes, de capitaux et de marchandises, les littoraux ont été de plus en plus aménagés (Chérubini and David, 2005).

Le domaine littoral comprend tout ce qui, soit au-dessous, soit au-dessus du niveau moyen des eaux, est soumis à l'action des forces responsables du tracé de la côte et de ses changements.

## 1.2 Urbanisme et artificialisation

### 1.2.1 Artificialisation

Ce phénomène consiste à transformer un sol naturel, agricole ou forestier, par des opérations d'aménagement pouvant entraîner une imperméabilisation partielle ou totale, afin de les affecter notamment à des fonctions urbaines ou de transport (habitat, activités, commerces, infrastructures, équipements publics...) (Ministère de la Transition écologique, 2020).

### 1.2.2 Urbanisation

De manière générale et sur une perspective de long terme, l'urbanisation est un processus ou bien un phénomène global qui est relié historiquement avec des populations humaines, qui s'accélère au fil des siècles et connaît une énorme progression dans l'avenir. Il se caractérise par une augmentation continue de la population des zones urbaines, et aussi par l'extension physique des agglomérations.<sup>1</sup>

Le niveau d'urbanisation d'un territoire (région, pays, continent...) s'évalue par :

- ❖ L'évolution des résidents urbains Par rapport celui des ruraux.
- ❖ L'extension de la zone urbanisée
- ❖ Le changement de mode de vie
- ❖ Le calcul de la densité urbaine

---

<sup>1</sup> <https://youmatter.world/fr/definition/urbanisation-definition-causes-consequences>

On peut dire qu'il y a une différence entre l'urbanisation et l'urbanisme, le terme urbanisation désigne la façon dont les villes et espaces péri-urbains sont construits, transformés, aménagés et organisés.

L'urbanisme désigne l'ensemble des sciences, des techniques et des arts relatifs à l'organisation et à l'aménagement des espaces urbains. Ce projet peut être sous-tendu par une volonté d'assurer le bien-être de l'homme et d'améliorer les rapports sociaux en préservant l'environnement.

### **1.2.3 Aménagement**

Merlin (2002) définit l'aménagement comme suit : " C'est l'action et la pratique de disposer avec ordre, à travers l'espace d'un pays et dans une vision perspective, les hommes et les activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques".

## **1.3 PDAU, PAC et POS**

Pour un développement contrôlé du tissu urbain algérois, plusieurs instruments juridiques d'aménagement du territoire ont été développés :

### **1.3.1 Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU)**

Le PDAU d'ALGER constitue un outil stratégique, réglementaire et opérationnel décisif pour la concrétisation d'une nouvelle politique qui aspire à transformer ALGER en métropole de référence dans le contexte national et international.

C'est un instrument de gestion territorial qui orientera le processus d'organisation et de développement du territoire de la Wilaya d'Alger. Il présente les orientations d'aménagement du territoire qui explicitent et qui fondent les principes et les objectifs d'aménagement (DAT and DUAC, 2011).

### **1.3.2 Plan d'Aménagement Côtier (PAC)**

Le plan d'Aménagement Côtier (PAC), est l'un des instruments d'intervention et de gestion du littoral (Décret n° 09-114 du 11 rabie Ethani 1430 correspondant au 7 avril 2009 fixant les conditions d'élaboration du Plan d'Aménagement Côtier). Il a pour objectif de pourvoir au mieux à l'usage durable des ressources côtières et au maintien du potentiel productif de l'environnement côtier ainsi qu'à développer une démarche intégrée dans une perspective de développement durable.

Ce Plan est orienté pour la réalisation de projets concrets qui permettront la formulation et la mise en œuvre de politiques et stratégies nationales en matière de préservation et d'aménagement du littoral et fixe un règlement d'aménagement et de gestion du littoral qui comporte l'ensemble des dispositions fixées par les lois et règlements en vigueur et celles proposées au titre de la loi n°02- 02, pour chaque composante du littoral (CNTPP, 2009).

Le rapport technique du PAC, fait ressortir :

- La délimitation et la matérialisation physique du littoral, des zones naturelles d'intérêt écologique et des limites d'extension des agglomérations ;

- L'établissement du bilan écologique et l'identification des occupations et des atteintes au milieu ;
- L'évolution de la population et ses incidences ;
- Les propositions d'actions ;
- L'internalisation du PAC dans les programmes nationaux et locaux de développement.

### **1.3.3 Plan d'occupation des sols (POS)**

#### **1.3.3.1 Objectif et consistance du POS**

Le POS est un outil Juridique, qui fixe de façon détaillée les droits d'usages des sols et des constructions dans le respect des dispositions du PDAU et du Plan Stratégique de ce dernier.

Le POS doit servir de base pour la délivrance des permis de construire et détermine les règles concernant l'aspect des constructions. A cet effet, le POS :

- Définit la quantité minimale, et maximale des constructions autorisées et les types de constructions autorisées et leurs usages.
- Détermine les règles concernant l'aspect extérieur des constructions.
- Délimite l'espace public les espaces verts, les emplacements réservés aux ouvrages publics et installations d'intérêt général, les traces et les caractéristiques des voies de circulation.
- Définit les servitudes et contraintes.
- Précise les quartiers, rues, monuments et sites à protéger, à rénover et à restaurer.
- Localise les terrains agricoles à préserver et à protéger.
- Fixe pour le ou les secteurs concernés, l'organisation et la forme urbaine.

L'objectif de cette instrumentation, adaptée à la maîtrise de l'organisation de l'espace urbain et des conditions de production du cadre bâti, est de conférer une réelle maîtrise des sols aux collectivités locales, permettant :

- Une consommation rationnelle des terrains à bâtir.
- Une protection maximale des terres agricoles.
- La conservation des milieux et sites naturels, la préservation des paysages et la sauvegarde des patrimoines historiques et architecturaux.

Conformément à l'article 18 du décret exécutif N°91-178 du 28/05/1991 modifié et complété, le plan d'occupation des Sol se traduit par :

1. Un Rapport de présentation, décrivant le site (analyses physique, urbaine, socio-économique, géotechniques, ...).
2. Le bilan des enquêtes exhaustives sur site : fiches d'enquêtes en annexes.
3. Un règlement d'urbanisme pour chaque zone.
4. Des documents graphiques qui se composent notamment de plans de situation (régional/local), plan topographique géoréférencé, cartes d'analyses, plan d'aménagement général, un plan de composition urbaine, etc.

### 1.3.3.2 Contenu et phases de l'étude

L'élaboration d'un POS se fait sur trois phases (CNERU, 2020) :

- **PHASE 1 : ETAT DE FAIT, DIAGNOSTIC ET OPTIONS D'AMENAGEMENT**

Cette phase est consacrée au recueil d'informations auprès des différents organismes et au traitement des différents aspects se rapportant au site : physique, environnemental, socio-économique et urbain. Cette analyse constitue la base pour l'élaboration du plan d'aménagement et vise :

- La connaissance du site à travers une enquête détaillée ;
- L'implantation de tous les programmes inscrit (ou en projets) ;
- La prise en charge des incidences induites par ces programmes.

En plus de cette évaluation territoriale locale, cette phase vise à spécifier les orientations du PDAU et les variantes d'aménagement.

Parmi les livrables de cette phase un dossier cartographique qui comprend, entre autres, le plan d'état de fait à une échelle de 1/500 ou 1/1000.

- **PHASE 2 : AMENAGEMENT ET REGLEMENT D'URBANISME, EDITION FINALE ET ELABORATION DU DOSSIER SIG**

Sur la base de l'esquisse retenue, le plan d'aménagement ainsi que le plan de composition urbaine sont élaborés. Ces plans seront accompagnés d'un rapport dans lequel seront justifiés le programme retenu et l'aménagement proposé ainsi qu'un règlement qui fixe de façon détaillée les droits d'usage des sols et des constructions. Une version SIG de l'étude est également réalisée et organisée sous forme d'une geodatabase numérique.

- **PHASE 3 : DOSSIER D'EXECUTION DES V.R.D (V.R.D (Voirie et Réseau Divers) ET APPEL D'Offres**

Après les résultats de l'enquête publique avec une durée de soixante (60) jours, l'édition finale sera élaborée en prenant en charge les réserves retenues.

Le dossier d'exécution porte sur l'étude des réseaux primaires et secondaires selon les principes de la charte des espaces publics : lot voirie, lot alimentation en eau potable, lot assainissement, lot éclairage public et lot génie civil lié aux réseaux.

### 1.3.4 Complémentarité entre le PDAU et le POS

Le PDAU fixe les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire et d'urbanisme. Il donne les tendances et les intentions à court, à moyen et à long terme. Il sert d'un cadre de référence et de cohérence dans l'élaboration des POS relevant dans son territoire. Ils trouvent sa conclusion logique dans l'adoption d'un POS. Il est difficile de concevoir un POS qui ne s'appuierait pas sur un énoncé clair du PDAU. De même qu'un POS est efficace quand il permet la mise en œuvre des options du PDAU.

Le POS précise les tendances, les orientations et les intentions à long terme du PDAU par la gestion des droits d'usage d'utilisation des sols à court et moyen terme (10 ans), l'application de son règlement, conjointement aux règles générales d'urbanisme.

## 1.4 Cadre réglementaire

### 1.4.1 Inventaire des lois et décrets relatifs à l'occupation des sols

Les Plans d'Occupation des Sols constituent le deuxième instrument d'urbanisme obligatoire opposable aux tiers après le PDAU, c'est des outils juridiques réglementaires qui s'inscrivent dans le cadre des dispositions des textes législatifs suivants (Tableau 1):

**Tableau 1 : Inventaire des lois algériennes relatives à l'occupation du sol**

Lois et décrets	Date	Domaine
<b>Loi n° 83-03</b>	5 février 1983	La protection de l'environnement
<b>Loi n° 90-29</b>	1er décembre 1990	L'aménagement et l'urbanisme
<b>Loi n° 02-02</b>	5 Février 2002	La protection et la valorisation de littoral
<b>Loi n°03-10</b>	19 juillet 2003	La protection de l'environnement dans le cadre du développement durable
<b>Loi n° 04-05</b>	19 aout 2004	L'élargissement de la concertation et la prise en charge des aléas naturels et technologiques
<b>Décret exécutif n° 05/318</b>	10 septembre 2005	L'élargissement de la concertation et la prise en charge des aléas naturels et technologiques
<b>Loi n°06-06</b>	20 février 2006	L'orientation de la ville
<b>Loi n° 07-06</b>	13 mai 2007	La gestion, la protection et le développement des espaces verts
<b>Décret exécutif n° 12-166</b>	05 Avril 2012	Les procédures d'Elaboration et d'approbation du plan d'occupation des sols ainsi que le contenu des documents y afférents

### 1.4.2 La loi 02-02

#### 1.4.2.1 Evolution de la réglementation de la zone littorale

Le désir de maîtriser la gestion des espaces littoraux en Algérie est récent, la **loi 90-29** du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme est le premier texte ayant défini en « dispositions particulières à certaines parties du territoire » l'espace littoral. Les dispositions

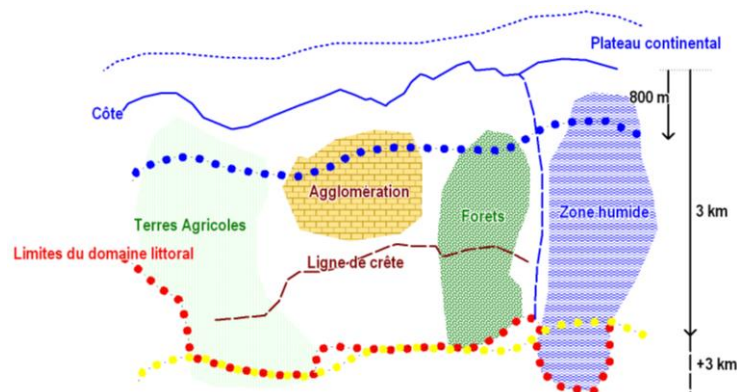
de ce texte s'appliquent à toutes les îles, îlots ainsi qu'à une bande de terre d'une largeur minimale de 800 mètres longeant la mer. En outre, toute construction sur une bande de terre de 100 mètres de largeur à partir du rivage est frappée de servitude de non aedificandi, toutefois sont autorisées sur cette bande les constructions nécessitant la proximité immédiate de l'eau (art. 45 de la loi 90-29).

Les dispositions de cette loi n'ont pas empêché l'urbanisation de s'étendre dans les zones proches du rivage. Ces espaces connaissent également une dégradation importante due à l'extraction non autorisée de sable et à la fréquentation anarchique des plages. Ce n'est qu'en février 2002 qu'une loi spécifique au « littoral » a été promulguée. Il s'agit de la **loi 02-02** du 05 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral.

#### 1.4.2.2 Définition du littoral

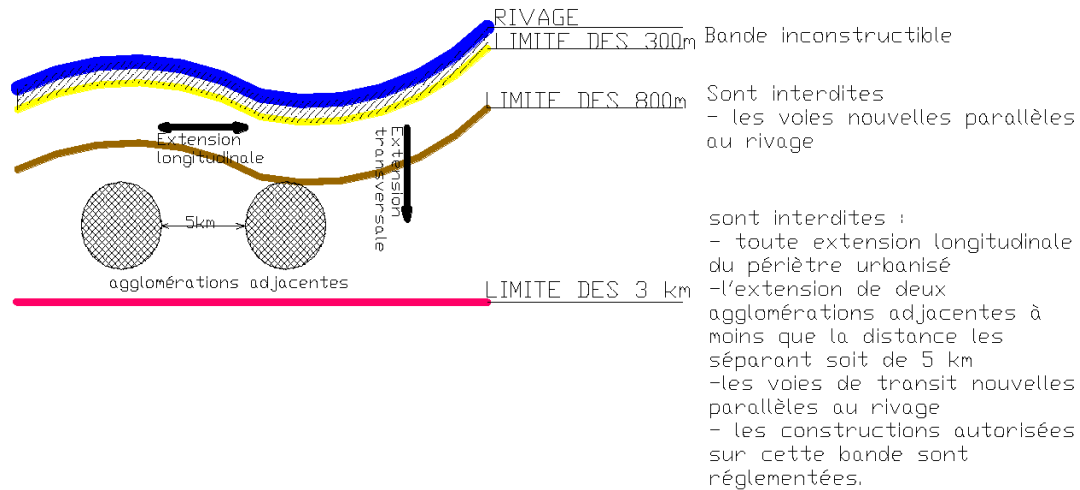
Au sens de l'article 7 de la loi 02-02, le littoral englobe l'ensemble des îles et îlots, le plateau continental ainsi qu'une bande de terre d'une largeur minimale de huit cents mètres (800m), longeant la mer et incluant (Figure 1):

- 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 trois kilomètres (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-;
- les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique.



**Figure 1:** Schéma explicatif de la délimitation de la zone littorale. Source : Cadastre littoral, Wilaya d'Alger

En plus d'une définition plus explicite du littoral, la loi 02-02 édicte des restrictions plus détaillées relatives à l'urbanisation (Chapitre 1 de la loi). Ces restrictions varient en fonction de l'éloignement du trait de côte et sont résumées sur le schéma suivant (Figure 2):



**Figure 2:** Résumé des restrictions relatives à chaque zone du littoral (Kacemi, 2013)

### 1.4.2.3 Instruments de gestion du littoral

Depuis l'application de la loi 02-02, les pouvoirs publics ont consenti dans ce domaine des efforts effectifs et une politique très ambitieuse a été mise en œuvre. En effet, des plans d'aménagement côtiers ont été lancés à travers les 15 wilayas littorales que compte le pays et des commissariats nationaux du littoral ont été installés. Ces commissariats ont pour but principal « d'établir un inventaire complet des zones côtières, tant en ce qui concerne les établissements humains que les espaces naturels ».

Dans ce sens, la loi du littoral implique l'élaboration :

1 - d'un système global d'information fondé sur des critères d'évaluation permettant un suivi permanent de l'évolution du littoral et l'élaboration d'un rapport sur l'état du littoral publié tous les deux ans ;

2 - d'une cartographie des zones côtières comportant notamment une cartographie environnementale et une cartographie foncière.

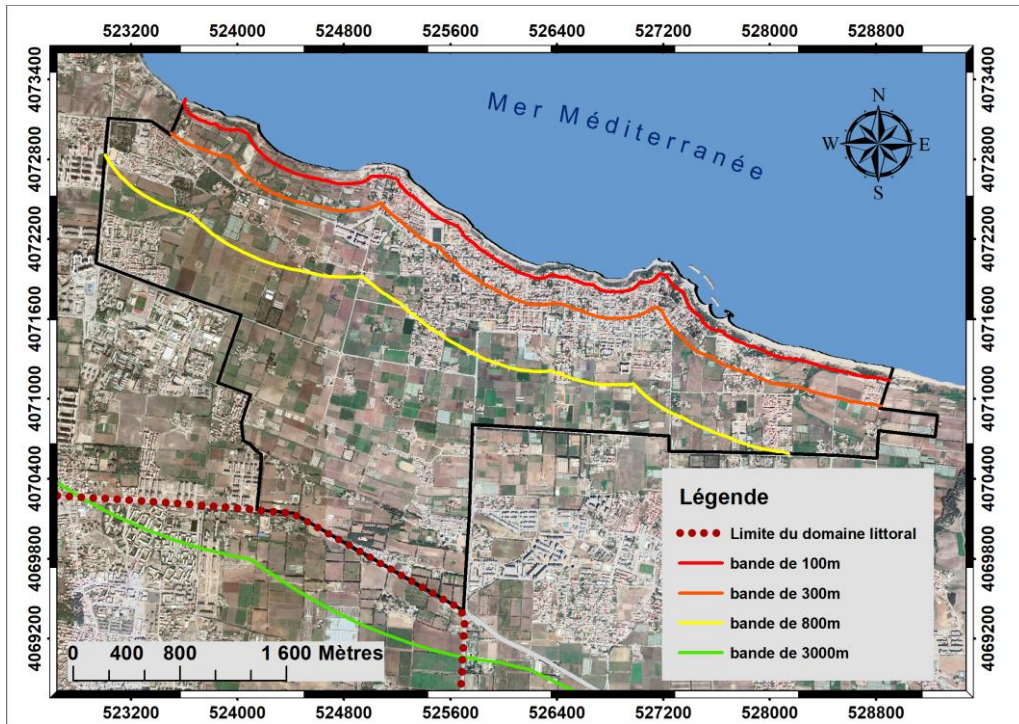
### 1.4.2.4 Le bornage du littoral

Le bornage du littoral est une technique permettant de délimiter le domaine littoral suivant la définition du littoral de la loi 02-02. Le bornage d'Ain Taya a été réalisé par le CNERU (Centre National des Etudes de Recherches et d'Urbanisme) le 05-08-2007. La commune a été divisée en plusieurs zones selon la loi littorale, à savoir la zone des 100 mètres, des 300 mètres, des 800 mètres et des 3000 mètres.

Le bornage d'Ain Taya a pour but de :

1. Maîtriser l'urbanisation afin de la stopper.
2. Réduire les destructions des milieux naturels littoraux nécessaires au maintien des équilibres naturels.
3. Prévenir les déséquilibres spatiaux qui risquent de s'aggraver ou d'apparaître.

Cette zonation a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGIS : ArcToolbox > Analysis tools > Proximity > Buffer

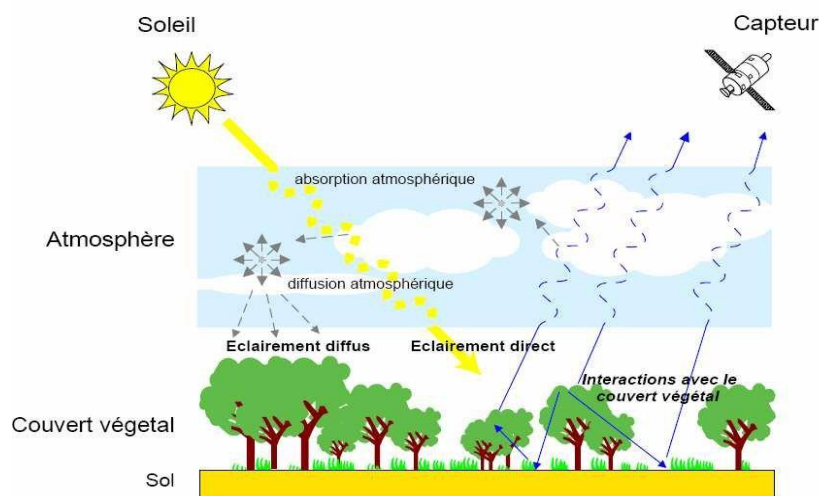


**Figure 3:** Carte illustrant le bornage du littoral de la commune d'Ain Taya ainsi que les limites des zones sujettes à des restrictions règlementaires

### 1.5 La télédétection

L'étude de l'occupation du sol s'est vue révolutionnée avec l'avènement des techniques de télédétection qui permettent d'avoir des données synoptiques de la surface de la terre.

La télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur aéroporté, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phytomasse, matière organique du sol, etc.) (Soudani, 2005) (Figure 4).



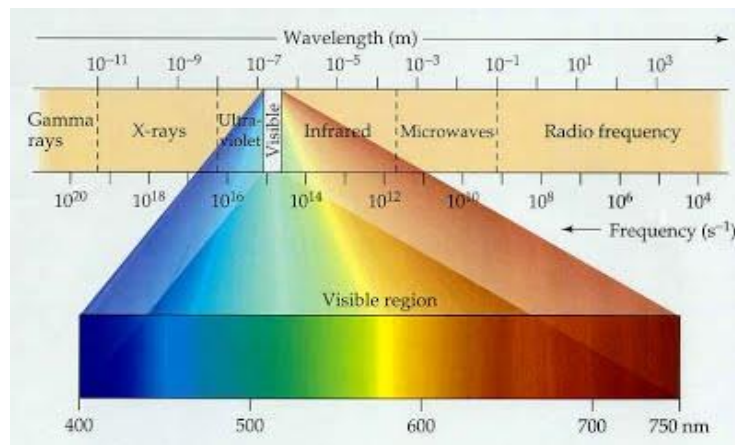
**Figure 4:** Schéma explicatif du principe de la télédétection

La collecte de données de télédétection est réalisée soit par des avions (images aériennes) soit par des satellites (images satellitaires). Actuellement, la télédétection évoque surtout l'acquisition de données par les satellites. Il y a une multitude de satellites en orbite qui observent l'état de la surface terrestre.<sup>2</sup>

### 1.5.1 L'imagerie satellitaire

L'imagerie satellitaire (aussi appelée imagerie spatiale) désigne la prise d'images depuis l'espace, par des capteurs placés sur des satellites. Visuellement, les images satellitaires ressemblent beaucoup à des photos, mais elles contiennent bien plus d'informations.<sup>3</sup>

Les données de l'image de télédétection sont des mesures de l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la matière (Figure 5). Elles sont stockées dans un format raster ou grille standard dont le plus petit élément est appelé « pixel ». À l'état brut, les mesures stockées dans les pixels sont appelées DN (Digital Number) ou CN (Compte Numérique). Pour chaque intervalle de longueurs d'onde mesuré, un ensemble de données est stocké, sous forme de bande spectrale, de canal, ou de couche (Layer).



**Figure 5:** Le spectre électromagnétique<sup>4</sup>

### 1.5.2 Caractéristiques des images satellitaires

Les images satellitaires se caractérisent par :

- **Une résolution spatiale :** La résolution spatiale est la taille du plus petit élément qu'il est possible de distinguer sur l'image. Elle est également couramment définie comme étant la taille du pixel. Généralement, plus la résolution spatiale augmente, plus la fauchée du satellite diminue. Le choix de la résolution dépend de la taille des objets qu'on veut observer.<sup>5</sup>

Selon les caractéristiques du capteur et l'altitude du satellite, on classe les images enregistrées en images (González et al., 2013) :

<sup>2</sup> <http://www.cartographie.ird.fr/refugies/methodes-Teledec.html>

<sup>3</sup> <https://cms.geobretagne.fr/content/comprendre-une-image-satellitaire>

<sup>4</sup> <https://fr.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>

<sup>5</sup> <https://cms.geobretagne.fr/content/comprendre-une-image-satellitaire>

- Basse résolution ;
  - Moyenne résolution ;
  - Haute résolution (HRS) ;
  - Très haute résolution (THRS).
- **Une résolution spectrale :** La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à utiliser de petites fenêtres de longueurs d'onde du spectre électromagnétique. Plus la résolution spectrale est fine, plus les fenêtres des différents canaux du capteur sont étroites.
  - **Une résolution temporelle :** C'est le temps que prend un satellite pour effectuer un cycle orbital complet. Cette période est généralement entre quelques heures à quelques jours.
  - **Une résolution radiométrique :** C'est l'étendue des valeurs discrètes correspondant à la grandeur physique mesurée (radiance, réflectance, etc.).

En télédétection, la grandeur utilisée pour décrire la « teinte » des pixels est la réflectance. La réflectance va traduire le comportement d'une surface lorsqu'elle reçoit les rayons du soleil. Soumise à un rayonnement, une surface (la cible) va en partie :

- L'absorber et le transmettre aux surfaces sous-jacentes
- Le réfléchir vers le ciel. C'est cette part réfléchi qui est enregistrée par les capteurs des satellites

### 1.5.3 Les différents types de prétraitements

Les prétraitements les plus importants en télédétection, visant à obtenir les bonnes valeurs de l'énergie réfléchi ou émise par un point quelconque de la surface terrestre sont : les corrections géométriques, les corrections radiométriques et les corrections atmosphériques.

- **Correction radiométrique :**

Les corrections radiométriques visent à donner une interprétation physique aux comptes numériques de l'image enregistrée par le satellite par la correction des décalages et des défauts de l'image, afin d'augmenter sa qualité.

- **Correction atmosphérique :**

Les corrections atmosphériques visent à corriger les réflectances radiométriques enregistrées en haut de l'atmosphère par rapport aux erreurs liées à l'effet perturbateur de l'atmosphère (absorption et diffusion par les gaz et aérosols). En effet, par sa composition, l'atmosphère altère considérablement le rayon réfléchi par les objets. Cette correction nous permet d'obtenir des réflectances BOT (Bottom Of Atmosphere).

- **Correction géométrique :**

La correction géométrique est un processus de correction à apporter sur une image, dont la méthode la plus poussée correspond à l'orthorectification. Cette dernière est le processus par lequel la géométrie d'une image devient planimétrique en modélisant la nature et l'amplitude des distorsions géométriques de l'image dues aux reliefs. Des modèles adaptés aux capteurs photographiques ou satellitaires permettent l'élaboration de formules qui génèrent des documents précis, géographiquement corrects et bien orientés (Vincente-Serrano et al., 2008).

## 1.5.4 Aperçu général sur les satellites utilisés

Dans ce mémoire les produits de trois satellites différents ont été utilisés : LANDSAT 5, LANDSAT 7 et SENTINEL 2.

### 1.5.4.1 LANDSAT 5

Landsat 5 a fourni des images optiques de la Terre pendant près de 29 ans et a établi un record mondial Guinness pour le "plus long satellite d'observation de la Terre en activité", avant d'être mis hors service le 5 juin 2013. Avec l'instrument MSS et l'instrument TM sur la plateforme de l'engin spatial modulaire multi-mission (MMS). Le capteur MSS a été inclus pour assurer la continuité avec les missions Landsat précédentes, mais les données TM sont rapidement devenues la principale source d'information utilisée à partir de ces satellites, car elles offraient des performances spatiales, spectrales, radiométriques et géométriques améliorées.<sup>6</sup>

### 1.5.4.2 LANDSAT 7

Landsat 7 a été lancé de la base aérienne de Vandenberg en Californie le 15 avril 1999 à bord d'une fusée Delta II. Landsat 7 est équipé du capteur Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), une version améliorée des instruments Thematic Mapper qui étaient à bord de Landsat 4 et 5. Les produits Landsat 7 sont livrés sous forme d'images 8 bits avec 256 niveaux de gris. Néanmoins, à partir de l'année 2003, ce satellite a subi quelques problèmes techniques.<sup>7</sup>

### 1.5.4.3 SENTINEL 2

La mission Copernicus Sentinel-2 est basée sur une constellation de deux satellites identiques sur la même orbite (A et B). Chaque satellite transporte un imageur multispectral innovant à haute résolution. Ces satellites, à large fauchée, présentent une résolution spatiale de 10 mètres avec 13 bandes spectrales.

Le Sentinel 2 fournit des données d'images optiques haute résolution pour soutenir les études de surveillance de la Terre, notamment la surveillance de la végétation, du sol et de la couverture de l'eau, ainsi que l'observation des voies navigables intérieures et des zones côtières.<sup>8</sup>

Les principales caractéristiques de ces satellites sont résumées dans le Tableau 2.

**Tableau 2:** Tableau récapitulatif des principales caractéristiques des satellites utilisés

Satellites	LANDSAT 5	LANDSAT 7	SENTINEL 2A
Agence spatiale	NASA	NASA	ESA
Année de lancement	1984	1999	2015
Fin de mission	2013	2017	2022
Fauchée	185 km	185 km	290km

<sup>6</sup> [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)

<sup>7</sup> [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)

<sup>8</sup> <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>

Satellites	LANDSAT 5	LANDSAT 7	SENTINEL 2A
<b>Capteur</b>	TM (Thematic Mapper) et Multispectral Scanner (MSS)	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)	MSI (MultiSpectral Instrument)
<b>Résolution spatiale</b>	30 m	30 m	10 m
<b>Résolution spectrale</b>	7 bandes spectrales	8 bandes spectrales	13 bandes spectrales
<b>Bandes spectrales</b>	Bande 1 Visible (0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 2 Visible (0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 3 Visible (0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 4 NIR (0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 5 SWIR (1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 6 TIR (10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ ) 120 m Bande 7 SWIR (2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$ ) 30 m	Bande 1 Visible (0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 2 Visible (0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 3 Visible (0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 4 NIR (0,77 - 0,90 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 5 SWIR (1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 6 TIR (10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ ) 60 m Bande 7 SWIR (2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$ ) 30 m Bande 8 Panchromatique (PAN) (0,52 - 0,90 $\mu\text{m}$ ) 15 m	Bande 1 Aerosol (0.43 -0.43) 60 m Bande 2 Visible (0.45 -0.51) 10 m Bande 3 Visible (0.53 -0.59) 10 m Bande 4 Visible (0.64 – 0.66) 10 m Bande 5 NIR (0.85 -0.88) 20 m Bande 6 SWIR1(1.57 _ 1 .65) 20 m Bande 7 SWIR 2 (2.11 -2.29 ) 20 m Bande 8 Panchromatic (0.50 - 0.68) 10 m Bande 9Cirrus (1.36 -1.38) 60 m
<b>Résolution radiométrique</b>	8 bits	8 bits	16 bits
<b>Résolution temporelle</b>	16 jours	16 jours	5 jours

NIR : Proche Infrarouge ; SWIR : Moyen Infrarouge ; TIR : Infrarouge thermique

## 1.6 SIG et cartographie

### 1.6.1 Système d'information géographique (SIG)

Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser tous les objets qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent<sup>9</sup>. Les SIG offrent la possibilité de rassembler, stocker, représenter, manipuler, analyser et cartographier tous types d'informations spatiales.

### 1.6.2 Cartographie

La cartographie est l'étude et la pratique de la création de cartes. La création de cartes implique l'application d'éléments à la fois scientifiques et artistiques, combinant des talents graphiques et des connaissances spécialisées des principes de compilation et de conception avec les techniques disponibles pour la génération de produits. Les cartes fonctionnent comme des outils de visualisation pour les données spatiales.

<sup>9</sup> <https://www.esrfrance.fr/sig11.aspx>

Chapitre II :  
Contexte général de  
la zone d'étude :  
Commune d'AIN  
TAYA

## 2 Chapitre II : Contexte général de la zone d'étude : Commune d'AIN TAYA

### 2.1 Introduction

Ce chapitre va faire l'objet d'une description de notre zone d'étude : la zone Est d'Alger, plus précisément la commune littorale de Ain Taya.

Dans un premier temps, la situation géographique de la commune est présentée. Une description détaillée de la zone d'étude est ensuite abordée en se focalisant sur les aspects géomorphologiques de Ain Taya ainsi que sur des recensements statistiques de la population de la région et une quantification des sources de pollution qui la caractérise.

### 2.2 Situation géographique de la zone d'étude

La commune de Aïn-Taya est une commune algéroise caractérisée par un emplacement stratégique. Elle se situe à 31 Km à l'Est d'Alger et fait partie de la daïra de Dar El Beida. Le territoire de la commune de Ain Taya couvre une superficie de 9,55 km<sup>2</sup>, soit 955 ha, sur lequel vivent 37 450 habitants (ANIREF, 2018).

Elle est limitée (Figure 6) :

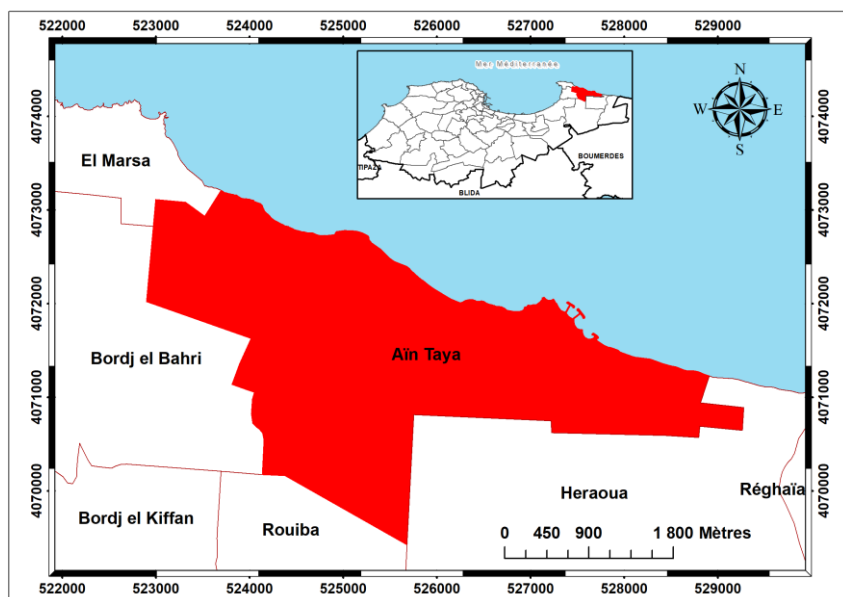
- Au Nord par le plateau continental (mer Méditerranée)
- Au Sud par la commune de Rouïba
- À l'Est par la commune de Haraoua
- À l'Ouest par la commune de Bordj El Bahri et El Marsa

Les coordonnées géographiques de la commune d'Ain Taya sont les suivants :

- Latitude : 36°47,5998' Nord
- Longitude : 3°17,2164' Est

Les coordonnées UTM d'Ain Taya : (Zone UTM : 31N)

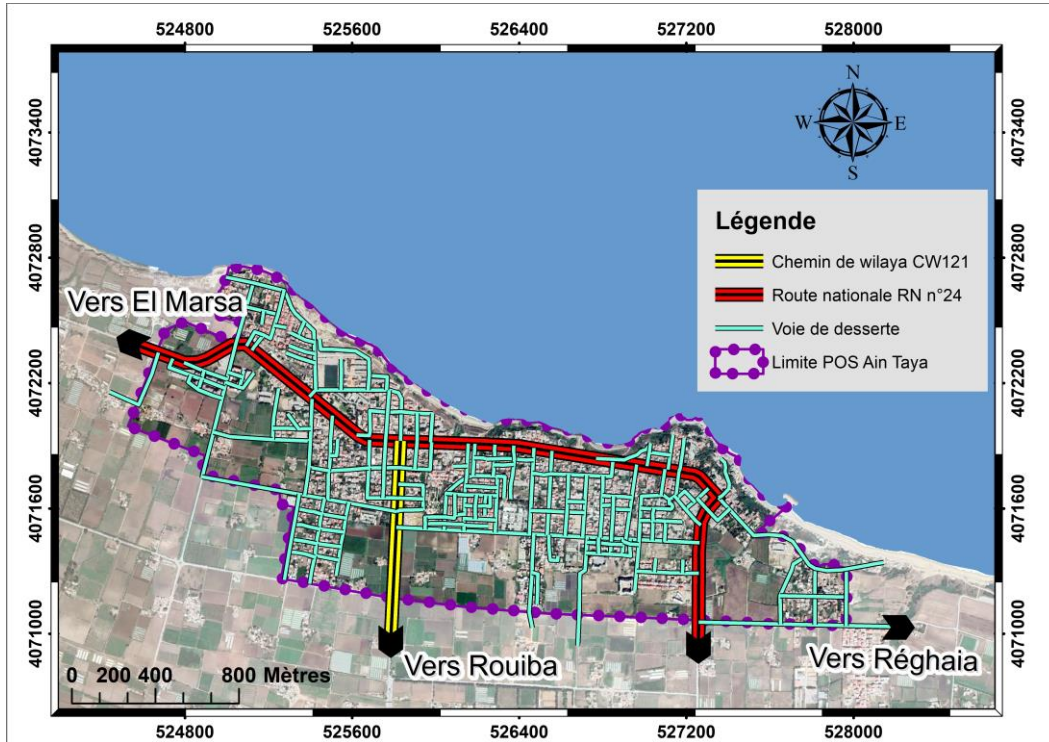
- X : 525599,7553113
- Y : 4071984,5880453



**Figure 6:** Localisation de la commune d'Ain Taya dans la wilaya d'Alger

Son accessibilité de voirie se fait par la Route Nationale RN 24 ainsi que par les Chemins de Wilaya CW121 et CW149 (Figure 7).

A l'origine, cette commune était à vocation agricole et touristique, mais la majorité des terres agricoles fertiles ont été mité par l'urbanisation. 12,04 % seulement de la surface totale de la commune est exploitée (CNERU, 2004).



**Figure 7:** Les routes d'accès à la commune de Aïn Taya (Limite du POS)

### 2.3 Géomorphologie de la zone côtière

Le linéaire côtier de la commune d'Aïn Taya s'étend sur 6,01 Km ; sa zone côtière est composée de plages, de falaises, de côtes rocheuses et de dunes.

#### ➤ Les plages

Sa position sur le littoral algérois, confère à la commune d'Aïn Taya des atouts incontestables dans le tourisme balnéaire. Avec ses 07 plages (Aïn El Beida, Surcouf, Déca plage, Kef El Araar, Tamaris, Zezouria et Les flots bleus). Ces plages connaissent actuellement une forte régression.

**Tableau 3 :** Caractéristiques des plages de la commune d'Aïn Taya (CNERU, 2004)

Nom de la plage	Longueur (m)	Largeur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Nature de sédiment
Aïn El Beida	800	8	6.400	Sable fin à moyen
Surcouf	600	10	6.000	Sable fin
Déca plage	2.000	65	130.000	Sable fin à galets
Tamaris	760	40	30.400	Sable fin à moyen
Kef Aïn Taya (Araar)	60	10	600	Sable moyen
Zezouria	800	30	24.000	Galets
Les flots bleus	240	15	3600	Sable moyen

### ➤ Les falaises

Les falaises prennent naissance à la limite Ouest de la plage Tamaris sur une longueur de 280 m. Les côtes rocheuses apparaissent à partir de la limite Est de la plage Tamaris et à l'Ouest de la plage des flots bleus sur une longueur de 1000 m.

### ➤ Les dunes

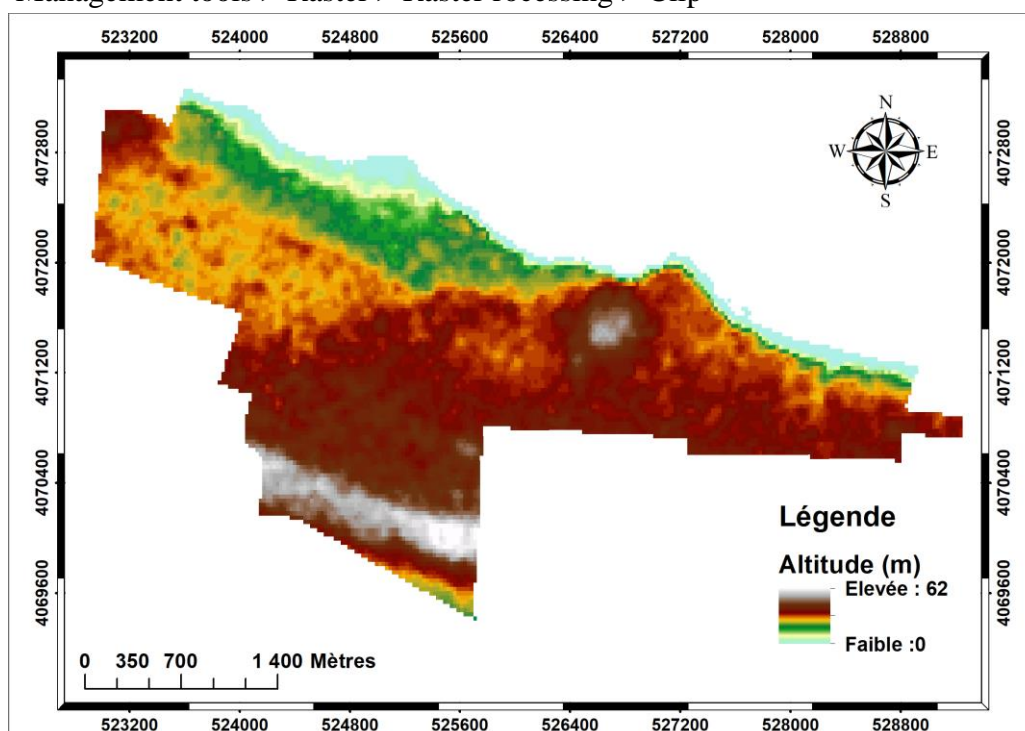
Ces dunes qui alimentent la plage sont localisées principalement au niveau de Déca – plage à l'Est de la commune (sur 400m) avec quelques traces éparpillées au niveau des autres plages (130 m de longueur).

## 2.4 Topographie de la Commune

Afin d'étudier la topographie de la zone d'étude, un Modèle Numérique de Terrain (MNT) d'une résolution de 30m a été téléchargé à partir du site de l'USGS (United States Geological Survey) puis traité et représenté par le logiciel ArcGIS 10.4. Un MNT est une représentation numérique de la forme du relief (altitude) d'une zone et de sa position.

La représentation graphique du MNT est présentée dans la Figure 8. Cette carte a été réalisée en suivant les étapes suivantes :

- Délimitation de la zone d'étude par un vecteur polygone (limites administratives de la commune d'Ain Taya).
- Découpage du MNT selon le vecteur de la commune : Dans ArcToolBox >Data Management tools > Raster > Raster processing > Clip



**Figure 8:** Modèle numérique de terrain de la commune d'Ain Taya

L'étude du MNT révèle que l'élévation du sol d'Ain Taya est comprise entre 0 et 60 mètres ; le côté ouest de la commune étant relativement plus plat, ce qui fait de lui une zone idéale pour l'urbanisation. En effet, l'altitude des 500 premiers mètres à partir du trait de côte,

de cette partie de la commune, est de 0 à 20 mètres d'altitude ce qui explique l'occupation importante du sol à ce niveau (installation de l'agglomération principale d'Ain Taya). En revanche, le sol commence à remonter en se dirigeant vers l'est et le sud de la commune où se dresse une chaîne de plaines parallèles à la côte.

## 2.5 Démographie

La maîtrise des paramètres démographiques représente à l'heure actuelle, un des axes fondamentaux du développement durable du territoire national dont le développement humain reste une préoccupation majeure à tous les niveaux. Ainsi, sur le plan démographique, la politique nationale de limitation des naissances a eu des effets palpables sur l'accroissement naturel de la population de la commune d'Ain Taya.

Le tableau suivant représente la population d'Ain Taya de 1987 jusqu'à 2018 comme suit (ONS, 2008).

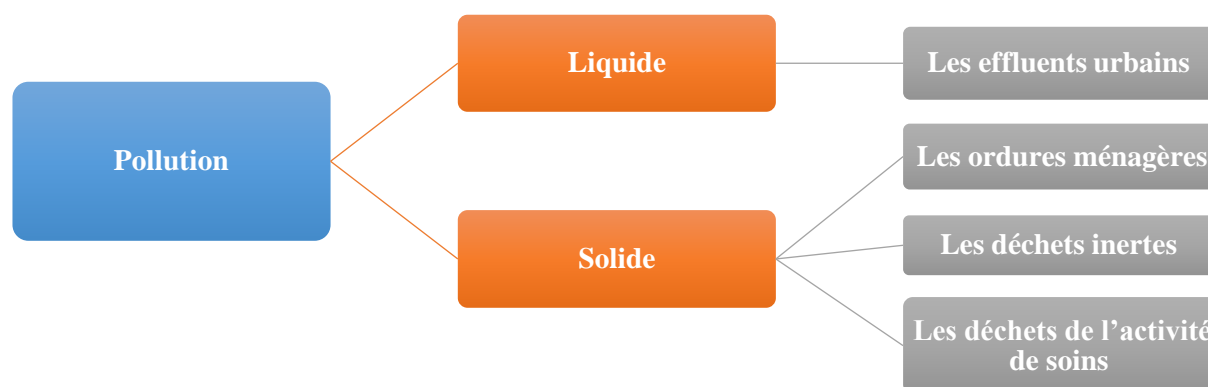
**Tableau 4:** Évolution démographique de la commune d'Ain Taya

Année	1987	1998	2008	2018
Population	21 067	29 515	34 501	37 450

## 2.6 Sources de pollution

La commune d'Ain Taya subit d'énormes problèmes environnementaux. La croissance urbaine de cette commune est en évolution continue et non contrôlée qui produit une pollution visuelle remarquable et une dégradation totale de l'environnement. Ceci est aggravé par :

- Le nombre important de décharges publiques.
- L'absence totale du réseau d'assainissement.
- Les bidonvilles.



**Figure 9 :** Les différents types de pollution au niveau de la commune de Ain Taya

Deux types de pollution agissent sur la commune d'Ain Taya (Figure 9) :

- **Pollution liée aux rejets liquides**

Les effluents sont d'origine domestique, ils proviennent des concentrations urbaines (agglomérations chef-lieu et secondaire). Au total, on dénombre (06) points de rejets dont cinq déversent directement dans la mer et un seul subit un traitement en amont.

- **Pollution liée aux déchets solides**

- **Les ordures ménagères**

La collecte des ordures ménagères se fait à l'aide des agents communaux, en utilisant des camions à benne.

La quantité collectée au niveau de la commune de Ain Taya par jour est estimée à 50 t/jour. Théoriquement, ceci correspond à une estimation de 1 kg/hab/j.

- **Les déchets inertes**

Ils sont localisés au niveau des accès vers la plage Zerzouria et les terres agricoles limitrophes dans la partie Ouest de la commune. On les constate aussi au niveau des falaises, de la plage Surcouf et Tamaris.

- **Les déchets de l'activité de soins**

A cause d'un hôpital installé au niveau de la commune de Ain Taya, les déchets médicaux et hospitaliers non traités sont ramassés avec les ordures ménagères puis évacués vers la décharge d'Oued Smar.

# Chapitre III :

## Matériels et méthodes

### 3 Chapitre III : Matériels et méthodes

#### 3.1 Introduction

Suite à la promulgation de la loi relative au littoral, il est indispensable de rendre compatibles les instruments d'aménagement et d'urbanisme en vigueur avec les dispositions de la loi « littoral ». Parmi ces instruments, figurent les POS.

Le but principal de la présente étude consiste à étudier l'urbanisation de la commune côtière de Ain Taya. Pour ce faire, ce mémoire vise dans un premier temps à contribuer à l'élaboration du POS de cette commune à travers la réalisation de la carte d'état de fait, qui est une des premières étapes à entreprendre. Ce travail a été réalisé au sein du CNERU et a été chapoté par Mme Remène.

Afin de mieux comprendre ce phénomène d'urbanisation, nous nous sommes orientés, dans un deuxième temps, vers une quantification de l'artificialisation du sol via des méthodes alliant les techniques de télédétection et de SIG. Nous avons testé d'abord une technique d'extraction d'entité « feature extraction ». Cette technique consiste à extraire automatiquement depuis des images multi spectrales de très haute résolution les routes, les parkings et l'urbain. Cette technique permet de gagner du temps précieux par rapport à la technique de digitalisation manuelle.

D'autres techniques basées sur les réflectances de l'urbanisation ont été testées, à savoir la classification et les indices spectraux. L'application de la méthode de classification supervisée sur des séries temporelles d'images satellitaires nous a permis d'étudier l'évolution temporelle de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya. Des estimations des incertitudes liées à chaque technique ont servi à la validation des résultats obtenus.

#### 3.2 Logiciels utilisés

Le travail réalisé dans ce mémoire s'est fait à l'aide de deux logiciels principaux :

- **ArcGIS 10.4** : est une suite de logiciels de traitement de l'information géographique (SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute). Il est composé de plusieurs modules, dont : ArcMap, ArcCatalog et Arctoolbox.
- **ENVI 5.3** : est un logiciel de traitement d'images de télédétection développé par la société américaine Harris Geospatial. ENVI dispose d'outils analytiques avancés, performants et faciles à utiliser.
- **SNAP 8** (Sentinel Application Platform) : est un logiciel de traitement d'images de télédétection, principalement pour l'exploitation des produits SENTINEL.

#### 3.3 Etude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya (Année 2020)

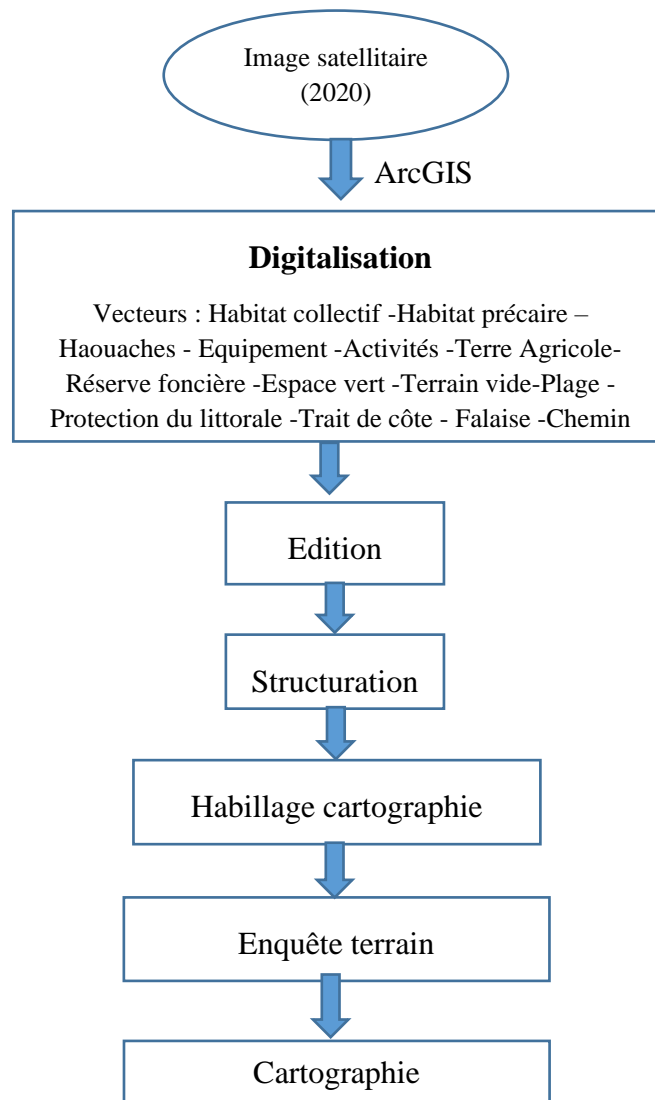
L'étude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya pour l'année 2020 a été réalisée en deux étapes principales. La première consiste à la réalisation d'une carte d'état de fait qui servira dans la suite de ce mémoire comme Réalité-terrain. La deuxième étape consiste au test de deux techniques d'extraction automatique de l'urbanisation : « Feature Extraction » et les « Indices Spectraux ».

### 3.3.1 Réalisation de la carte d'état de fait

Dans le cadre d'élaboration du POS d'Ain Taya, un stage a été effectué au niveau du CNERU (Centre National d'études et de recherche d'urbanisme), durant lequel nous avons réalisé une carte d'état de fait de la zone concernée par le POS de cette commune (POS n°14), à une échelle de 1/9000 pour une meilleure visualisation des données. Cette dernière figure parmi les étapes de la phase 1 de la réalisation d'un POS (Etat de fait, Diagnostic et Options d'aménagement).

La carte d'état de fait a été réalisée sous ArcGIS par la digitalisation de plusieurs vecteurs, à savoir, le bâti, les terres agricoles, le réseau routier, les activités, les équipements, le trait de côte, les réserves foncières, les espaces verts, les terrains vides, les plages, les protections littorales et les falaises (Figure 10).

L'image utilisée comme support de digitalisation est une image satellitaire orthorectifiée de très haute résolution spatiale (50 cm) et projetée sur le système WGS 1984 UTM zone 31 N. Cette image a été fournie par le CNERU.



**Figure 10:** Schéma explicatif des étapes de réalisation de la carte d'état de fait

### 3.3.2 Méthodologies d'extraction automatique du bâti

#### 3.3.2.1 Feature Extraction

Dans cette partie, une méthode rapide et automatique d'identification des constructions a été testée. Cette technique permet un gain de temps considérable par rapport à la technique traditionnelle de digitalisation manuelle.

##### 3.3.2.1.1 Présentation de l'image utilisée

Pour cette application, deux images satellitaires de très haute résolution (50 cm) ont été utilisées. Ces images, fournies par un bureau d'étude spécialisé, sont orthoréctifiées et possèdent 4 bandes spectrales (Rouge, Vert, Bleu et Proche Infrarouge). Les images ayant servi uniquement à l'extraction des éléments de l'urbanisation pour l'année 2010, les calibrations radiométriques et corrections atmosphériques ne sont pas nécessaires.

Afin de faciliter l'utilisation des images, une mosaïque a été réalisée afin d'assembler les deux images. Ce processus a été réalisé sous ENVI : Toolbox > Mosaicking > seamless mosaic.

##### 3.3.2.1.2 Mise en œuvre de l'outil « Feature Extraction »

Le module « Feature extraction » du logiciel ENVI a été utilisé pour l'extraction des informations de bâti depuis l'image multispéctrale citée ci-dessus en se basant sur les caractéristiques spatiales, spectrales et texturales des constructions. Cet outil utilise une approche basée Objet afin de classifier une image, contrairement à une classification standard qui est basée Pixel. Ce module peut être utilisé pour extraire une grande variété de structures comme les bâtis, les routes, les véhicules, les rivières, etc.

Les étapes de travail suivies pour la réalisation de cette technique sont issues du tutorial « Feature Extraction with Example-Based Classification Tutorial », disponible sur le site internet Harris Géospatial Solutions, fournisseur du logiciel ENVI. Les étapes de travail se déclinent comme suit :

- Ouverture de l'image depuis : *File > Open*
- Optimisation de la visualisation des caractéristiques de l'image en améliorant son contraste : *Toolbar > Optimized Linear > Linear 2%*.
- Ouverture du shapefile de la limite communale d'Ain Taya pour appliquer cette technique seulement sur notre zone d'étude : *File > Open*
- *Toolbox > Feature Extraction > Example Based Feature Extraction Workflow*
- Dans la fenêtre *Data Selection*, ouverture de l'image depuis *Input Raster* et du masque (shapefile de la limite communale d'Ain Taya) depuis *Input Mask*, et lancement du processus.
- Segmentation de l'image : la segmentation est le processus de division d'une image en segments qui ont un spectre similaire. Cette segmentation correspond à des entités réelles sur terrain. La segmentation initiale affichée dans la fenêtre d'aperçu délimite les toits. Cette segmentation est par la suite peaufinée pour une meilleure détection et délimitation des constructions en appliquant d'abord la procédure seulement sur la bande du proche infrarouge afin de produire des limites plus nettes, en cliquant sur le

bouton *Select Segment Bands* puis en sélectionnant la bande du *NIR* (Near Infrared). Par la suite, des paramètres plus avancés sont sélectionnés :

- Segment Algorithm : Edge (Cette méthode de segmentation trace des lignes le long des gradients d'intensité les plus forts ce qui en fait un détecteur de bord efficace)
- Scale Level : 35
- Merge Algorithm : Full Lambda Schedule (cette méthode combine les segments adjacents, à mesure qu'on augmente la valeur de fusion)
- Merge Level : 80
- Création de plusieurs classes et assignation d'échantillons d'apprentissages à chacune : Dans notre cas, nous avons opté pour les classes : urbanisme, terres agricoles et sols nus. Un nombre très important d'échantillons a été réalisé (170 échantillons) afin d'améliorer le résultat de la classification.
- Sélection de la méthode de classification : Feature Extraction propose plusieurs méthodes de classification supervisée. Nous avons opté pour la méthode KNN (K Nearest Neighbor) qui classe les segments en fonction de leur proximité aux échantillons d'apprentissage avoisinants. C'est la méthode la plus rigoureuse et celle qui arrive à mieux distinguer des classes similaires.
- Exportation des résultats : Le résultat final est enregistré sous le format vecteur et image avec les options : *Export Classification Vectors* et *Export Classification Image*, respectivement.

### 3.3.2.2 Les indices spectraux

Les indices d'image sont des images calculées à partir d'images à plusieurs bandes spectrales. Les images d'indices mettent en évidence un phénomène spécifique qui est présent, tout en atténuant d'autres facteurs qui altèrent les effets sur l'image. Ces indices sont souvent générés en combinant l'ajout et la soustraction de bandes spectrales, ce qui crée des taux de bandes différents. Ils sont liés à des bandes spectrales spécifiques qui sont situés dans des parties précises du spectre électromagnétique. Un des modes d'utilisation les plus courants de ces indices concerne la comparaison du même objet sur plusieurs images au fil du temps.

Afin d'étudier l'urbanisation de la commune d'Ain Taya, cinq indices ont été comparés, à savoir: Le NDBI (Normalized Difference Built-up Index), l'IBI (Index-Based Built-up Index), le BRBA (Band Ratio for Built-up Area), Le NBAI (Normalized Built-up Area Index) et le CBI (Combined Build-Up Index). Les formules de calcul ainsi que les définitions de ces indices sont résumées sur le Tableau 5 et le Tableau 6. L'image utilisée est une image du satellite SENTINEL 2A (2020), dont les caractéristiques sont décrites dans la section 3.4.1.

Le calcul des indices a été réalisé à l'aide du logiciel ENVI : *Toolbox > Band algebra > Band math*. Sur la fenêtre *Band math*, on intègre l'expression mathématique de l'indice. Les paramètres de la formule sont exprimés par des variables réelles sous le forme « float(Bi) ». On fait correspondre par la suite les différentes variables (Bi) aux bandes spectrales à considérer. Le résultat est sous la forme d'une image en niveau de gris.

**Tableau 5 :** Formules de calcul des indices d'urbanisation utilisés

Indices	Abréviation et Source	Formule	Paramètres	Bandes spectrales utilisées (Sentinel 2)
Normalized Difference Built-up Index	<b>NDBI</b>	$NDBI = \frac{B_{Swir} - B_{Nir}}{B_{Swir} + B_{Nir}}$ $NDVI = \frac{B_{NIR} - B_{Red}}{B_{NIR} + B_{Red}}$ $BU = NDBI - NDVI$	$B_{(SWIR)}$ $B(nir)$ $B(red)$ $NDVI$	B11 B8 B3
Index-Based Built-up Index	<b>IBI</b>	$IBI = \frac{(NDBI - (SAVI + MNDWI)/2)}{(NDBI + \frac{SAVI + MNDWI}{2})}$ $SAVI = \frac{B_{Nir} - B_{Red} \times (1 + L)}{(B_{Nir} + B_{Red}) \times L}$ <p>Avec : <math>L=0,5</math>  <math>L</math> est la densité de la végétation</p>	$NDBI$ $SAVI$ $MNDWI$	B11 et B8 B8 et B4 B4 et B11
Band Ratio for Built-up Area	<b>BRBA</b>	$BRBA = \frac{B_{Red}}{B_{Swir}}$	$B(red)$ $B(swir)$	B 3 B11
Normalized Built-up Area Index	<b>NBAI</b>	$NBAI = \frac{B_{Swir} - B_{Swir2}/B_{Green}}{B_{Swir} + (B_{Swir2}/B_{Green})}$	$B(swir)$ $B(swir2)$ $B(green)$	B12 B11 B44
Combined Build-Up Index	<b>CBI</b>	$CBI = \frac{((PC1 + MNDWI)/2) - SAVI}{\left(\frac{PC1 + MNDWI}{2}\right) + SAVI}$	$PC1$ $MNDWI$ $SAVI$	Image en composantes Principales B4 et B11 B8 et B4

**Tableau 6:** Définition des indices utilisées

Indices	Définition
<b>NDBI</b>	L'indice d'urbanisation par différence normalisé (NDBI) utilise les canaux NIR et SWIR pour mettre en évidence les agglomérations. Cet indice basé sur les ratios permet d'atténuer les effets des différences d'éclairage du terrain ainsi que les effets atmosphériques (Zha and Gao, 2003).

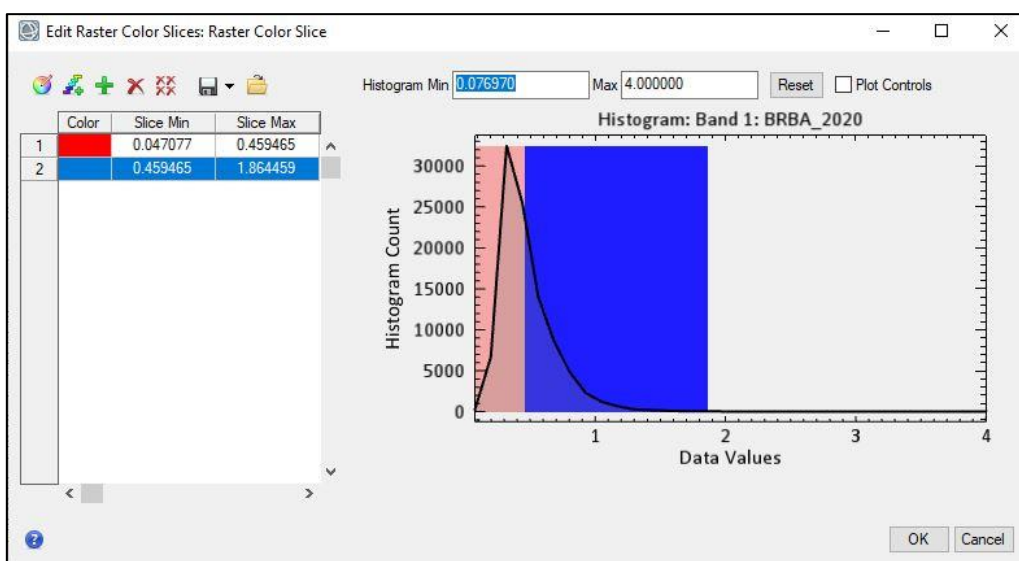
<b>BU</b>	Selon He et al. (2010), afin d'améliorer les résultats du NDBI, l'urbanisation (BU) est donnée par la formule suivante (formule utilisée dans ce mémoire) :  $BU = NDBI - NDVI$
<b>IBI</b>	IBI est proposé pour l'extraction rapide des caractéristiques des terrains bâtis dans les images satellites. L'IBI se distingue des indices conventionnels par le fait qu'il utilise pour la première fois des bandes dérivées d'indices thématiques pour construire un indice plutôt que les bandes originales de l'image. Les trois indices thématiques utilisés pour construire l'IBI sont l'indice de végétation ajusté au sol (SAVI), l'indice de différence d'eau normalisé modifié (MNDWI) et l'indice de différence de bâti normalisé (NDBI). Ils représentent respectivement les trois principales composantes urbaines que sont la végétation, l'eau et les terrains bâtis (Xu, 2008).
<b>BRBA Et NBAI</b>	(Waqar et al., 2012) se sont basés sur une nouvelle approche qui distingue les propriétés spécifiques des signatures spectrales de l'urbanisation et du sol nu ainsi que les combinaisons de bandes dans lesquelles ces deux couvertures terrestres ont une réflectance presque similaire avec des différences minimales. Ceci a permis le développement de deux indices pour l'urbanisation (BRBA et NBAI) et d'un indice pour les sols nus (Soil Index).
<b>CBI</b>	CBI est un indice récent qui a été proposé sur la base de la première composante produite par l'analyse en composantes principales. Le CBI extrait efficacement à la fois les zones urbaines et les routes, réduisant à un certain niveau la confusion avec les surfaces de sol nu (Sun et al., 2016).
<b>SAVI</b>	La méthode de l'indice de végétation ajusté au sol et modifié (SAVI, Soil-Adjusted Vegetation Index) est un indice de végétation qui tente de minimiser les influences de la luminosité du sol à l'aide d'un facteur de correction de luminosité du sol. L'indice est souvent utilisé dans les régions arides où le couvert végétal est faible. Les valeurs en sortie sont comprises entre -1 et 1 (Huete, 1988).  La densité de la végétation (L) a été considérée comme étant égale à 0,5, tel que recommandé par l'USGS.
<b>NDWI</b>	L'indice de différence normalisée de l'eau (Normalized Difference Water Index) est une nouvelle méthode qui a été développée pour délimiter les caractéristiques des eaux libres et renforcer leur présence sur les images de télédétection. Le NDWI utilise le rayonnement réfléchi dans le NIR et la lumière verte visible pour renforcer la présence de ces éléments tout en éliminant la présence des éléments du sol et de la végétation terrestre (McFeeters, 1996).
<b>MNDWI</b>	L'indice modifié de l'eau par différence normalisé (Modified Normalized Difference Water Index) utilise les canaux du vert et SWIR pour améliorer la détection des entités hydrographiques ouvertes. Il diminue également les zones construites qui sont

	souvent corrélées à des entités hydrographiques ouvertes dans d'autres indices (Zha and Gao, 2003).
<b>NDVI</b>	L'indice de végétation de différence normalisée (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) est un indice normalisé qui vous permet de générer une image illustrant la couverture végétale, également appelée biomasse relative. Cet indice tire parti du contraste des caractéristiques de deux canaux d'un jeu de données raster multispectral : l'absorption de pigments chlorophylliens dans le canal rouge et la réflectivité élevée des matières végétales dans le canal du NIR (Rouse et al., 1974).
<b>PC1</b>	L'analyse en composantes principales est utilisée en télédétection pour créer un ensemble de données plus petit à partir de bandes multiples, tout en conservant autant d'informations spectrales originales que possible. Le résultat est un ensemble de bandes d'images non corrélées, appelées bandes PC. PC1 correspond à la 1 <sup>ère</sup> image, c'est-à-dire à celle qui comprend le plus d'informations.

Dans notre cas, il est important d'avoir une image en deux classes, appelée plus couramment « image binaire ». Cette image binaire est générée en déterminant un seuil qui sépare une classe représentant l'« urbain » et une classe représentant le « non urbain ». Le seuillage a été appliquée sur le logiciel ENVI :

- ✓ *ENVI > File > Open* (l'image correspondant à l'indice calculé)
- ✓ *Clic droite sur l'image de l'indice > New Raster Color Slice*

La fenêtre qui s'affiche (Edit Raster Color Slice) donne un histogramme des valeurs spectrales de l'image de l'indice. Deux classes sont constituées manuellement (deux slices avec des couleurs différentes) en jouant sur le seuil, ou bien la limite qui sépare les classes, afin de séparer entre les zones urbanisées et les zones non-urbanisées (Figure 11). Le résultat final est ensuite enregistré sous forme d'une image de classification.



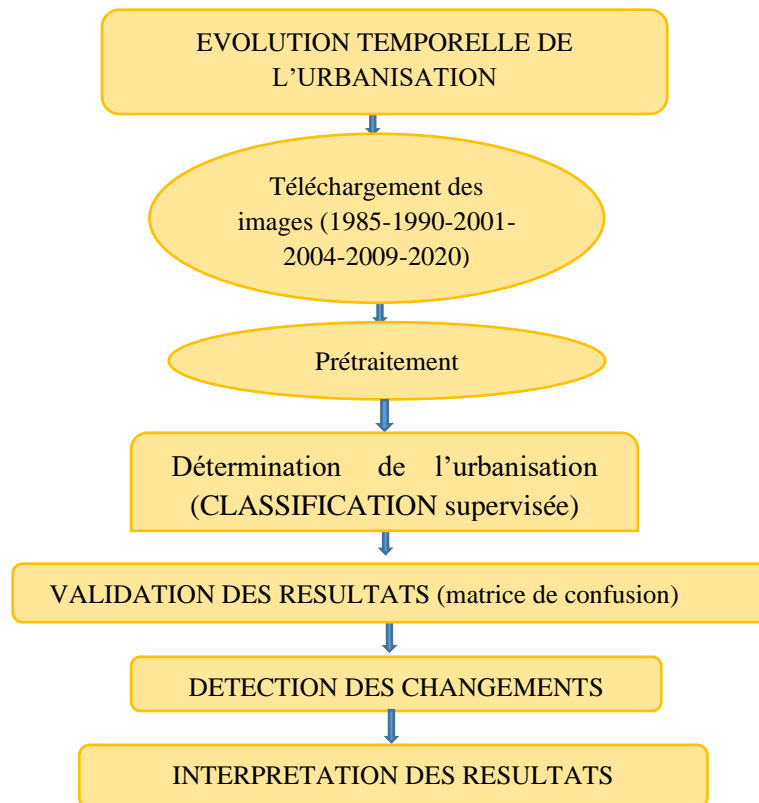
**Figure 11** : Illustration de la méthode de seuillage adoptée pour la séparation de la classe de l'urbanisation

### 3.4 Etude de l'évolution temporelle de l'urbanisation

Afin d'étudier l'évolution de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya, cette étude couvre la période s'étalant entre 1985 et 2020, avec six dates soigneusement sélectionnées en fonction de la disponibilité de la donnée et des événements remarquables susceptibles d'avoir affectés d'urbanisation de la zone d'étude. Le pas choisis est de ce fait irrégulier (de 5 à 10 ans en moyenne) :

- **Période 1 (1985-1990)** : l'année 1985 (année de référence) a été sélectionnée en fonction de la disponibilité des 1<sup>ères</sup> images du satellite LANDSAT 5.
- **Période 2 (1990-2001)** : l'Algérie a connu une période très sensible de conflits internes (politiques et armés) sous le nom de « décennie noire » ou « terrorisme ». Durant cette période qui a duré une dizaine d'années, le pays a connu un exode rural considérable qui a provoqué un changement considérable du tissu urbain sur l'ensemble du territoire algérien.
- **Période 3 (2001-2004)** : cette période a été sélectionnée en raison de la promulgation de la loi « Littoral » 02-02, le 05 février 2002 et au début de projets étatiques de constructions de logements sur tout le territoire algérien.
- **Période 4 (2004-2009)** : Cette période correspond à l'entrée en vigueur effective de la loi « Littoral ».
- **Période 5 (2009-2020)** : cette dernière période a connu une explosion urbaine considérable avec une accélération des constructions de logements.

Les étapes de réalisation de l'étude de l'évolution temporelle de l'urbanisation sont résumées dans le schéma ci-dessous :



**Figure 12:** Schéma explicatif des étapes suivies pour l'étude de l'évolution temporelle de l'urbanisation d'Ain Taya

### 3.4.1 Images satellitaires utilisées

Six images satellitaires issues de trois plateformes (Landsat 5, Landsat 7 et Sentinel 2A) ont été utilisées. Les caractéristiques de ces images sont résumées dans le Tableau 7.

Le choix des images a été conditionné par un certain nombre de critères tel que : la faible couverture nuageuse (< 5%), les mêmes conditions d'éclairage solaires (même saison) ainsi que la disponibilité du niveau de traitement requis (niveau 2 de préférence). Toutes les images sélectionnées ont été acquises en Novembre. Ce choix se base sur les résultats de Valdiviezo-N et al. (2018), qui ont constaté que les indices d'urbanisme, utilisés plus bas dans cette étude, donnaient de meilleurs résultats pour les mois où la pluie et/ou humidité sont présentes dans la zone d'étude (moins de confusion entre l'urbain et les sols nus).

Le site de Copernicus Open Access Hub<sup>10</sup> de l'ESA (European Space Agency) a été utilisé pour le téléchargement de l'image du satellite Sentinel 2A de niveau 2 (année 2020 avec 10 mètres de résolution spatiale). Le téléchargement des images des satellites Landsat 5 et 7 a été possible depuis le site de l'USGS<sup>11</sup> (United States Geological Survey). En fonction de la disponibilité des produits, parmi les cinq images téléchargées : quatre sont de niveau 1 (années 1985, 1990, 2004 et 2009) et une seule de niveau 2 (année 2001) (Tableau 7).

**Tableau 7 : Caractéristiques des images utilisées**

Image	Image 1985	Image 1990	Image 2001	Image 2004	Image 2009	Image 2020
Date	22 / 11 / 1985 à 09:53:52	20 / 11 / 1990 à 09 :44 :54	26 / 11 / 2001	26 / 11 / 2004 à 10 :10 :46	24 / 11 / 2009 à 10 :15 :52	25 / 11 / 2020
Couverture nuageuse	61% (pas de couverture nuageuse sur la zone d'étude)	5%	-	2%	2%	-
Élévation du soleil	27,697078	27,324670		28,919192	29,023195	
Nombre des bandes	6	6	7	6	6	7
Le satellite	LANDSAT 5	LANDSAT 5	LANDSAT 7	LANDSAT 5	LANDSAT 5	SENTINEL 2A
Capteur	TM	TM	ETM	TM	TM	MSI
Résolution	30 mètres	30 mètres	30 mètres	30 mètres	30 mètres	10 mètres
Niveau de traitement	Level 1TP <sup>12</sup>	Level 1TP	Level 2 <sup>13</sup>	Level 1TP	Level 1TP	Level 2A <sup>14</sup>

<sup>10</sup> Lien Copernicus : <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

<sup>11</sup> Lien USGS : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

<sup>12</sup> <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-levels-processing>

<sup>13</sup> <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-2-level-2-science-products>

<sup>14</sup> Ortho-image avec des réflectance BOA(<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-2>)

Système de coordonnées	WGS 1984 UTM Zone 31N	WGS 1984 UTM Zone 31N	WGS 1984 UTM Zone 31N	WGS 1984 UTM Zone 31N	WGS 1984 UTM Zone 31N	WGS 1984 UTM Zone 31N
------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

### 3.4.2 Prétraitements numériques des images satellitaires

#### 3.4.2.1 Ouverture des images

- Ouverture des images LANDSAT de niveau 1 : A partir de la barre de menu principale du logiciel ENVI : File>Open as>Optical sensor>Landsat>Geotiff with metadata
- Ouverture des images LANDSAT de niveau 2 : Sur le logiciel ENVI, il convient d'abord d'empiler les différentes bandes spectrales de l'image (ouvertes avec File>Open) dans une seule image multispectrale : ENVI > Toolbox > Raster Management > Layer Stacking.
- Ouverture de l'image SENTINEL 2 de niveau 2 : L'ouverture de l'image s'est faite via le logiciel SNAP : File > Import > Optical Sensors > Sentinel-2 > S2-MSI L2A.  
Afin de mettre toutes les bandes spectrales nécessaires à notre étude à une même résolution spatiale de 10m, un rééchantillonnage des différentes bandes a été réalisé et sauvegardé au format d'image multibande GeoTIFF pour exploitation ultérieure sur le logiciel ENVI : Barre des menus du logiciel SNAP > Raster > Geometric > resampling.

#### 3.4.2.2 Extraction de la zone d'étude (Spatial subset)

Cette opération consiste à délimiter notre zone d'étude par le découpage des différentes images. Ceci passe par la création d'un shapefile de la limite communale d'Ain Taya en intégrant les limites administratives de la commune (Source : INCT–Institut National de Cartographie et de Télédétection) avec le trait de côte de cette dernière, digitalisé sur une image orthoréctifiée de très haute résolution :

- Création d'un shapefile sur ArcGIS :  
*ArcCatalog > Menu contextuel du dossier de sauvegarde > New > shapefile*
- En utilisant ENVI, le découpage des images s'est fait comme suit :  
*Toolbox > Regions of interest > Subset Data from ROIs*

#### 3.4.2.3 Calibration radiométrique et correction atmosphérique

Les images de niveau 2 sont fournies corrigées et prêtes à l'utilisation. En revanche les images de niveau 1 nécessitent deux corrections avant leur utilisation : une calibration radiométrique et une correction atmosphérique. Cette étape a été appliquée, de ce fait, seulement aux images des années 1985, 1990, 2004 et 2009 en utilisant le logiciel ENVI.

Afin d'enlever les effets perturbateurs de l'atmosphère et d'obtenir des réflectance BOT, ENVI offre deux techniques de correction atmosphérique : QUAC (Quick Atmospheric Correction) et FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes). Dans ce travail, le logiciel programmé FLAASH a été utilisée. Elle est dédiée à l'imagerie multispectrale et hyperspectrale qui opère dans le visible, le NIR et le SWIR comme elle donne des bons résultats au scène de notre travail.

- ENVI > Toolbox > radiometric correction > radiometric calibration, et appliquer les paramètres exigés pour utiliser FLAASH.

- *ENVI > Toolbox > Radiometric Correction > Atmospheric Correction Module > Flaash Atmospheric Correction.*

### 3.4.3 Méthode d'estimation de l'urbanisation : La classification

Les méthodes de classification d'images les plus courantes utilisent l'information radiométrique d'une ou plusieurs bandes spectrales pour classer chaque pixel individuellement. Lorsqu'on parle de classes, il faut faire la distinction entre les classes d'information et les classes spectrales :

- Les classes d'information sont des catégories d'intérêt que l'analyste cherche à identifier dans les images, comme différents types de cultures, d'espèce d'arbres, différents types de caractéristiques géologiques, etc.
- Les classes spectrales sont des groupes de pixels qui ont les mêmes caractéristiques spectrales (ou presque) en ce qui a trait à leur valeur radiométrique dans les différents canaux.

L'objectif ultime de la classification est de faire la correspondance entre les classes spectrales et les classes d'information. La démarche de classification comporte trois étapes fondamentales :

- Etablissement de classes de signatures ou classes spectrales.
- Classification des pixels en fonction des classes de signatures.
- Vérification de la classification (fiabilité par rapport aux classes thématiques envisagées).

Pour établir les classes de signatures ou les classes spectrales en télédétection, il existe deux grandes approches en classification numériques :

- **Approche non dirigée (classification non supervisée) :** les classes sont créées automatiquement par le logiciel sans intervention de l'utilisateur.
- **Approche dirigée (classification supervisée) :** C'est à l'utilisateur de créer les classes à réaliser par la saisie d'échantillons d'apprentissage (des zones (polygone)).

Les méthodes de classification par pixels sont délicates à mener car les confusions radiométriques entre classes augmentent avec la résolution des capteurs et l'hétérogénéité spatiale des milieux. Pour la présente étude et afin d'étudier l'évolution du tissu urbain, nous avons opté pour une **classification supervisée**, étant la plus efficace et la plus adaptée à nos besoins. Trois classes ont été établies : L'urbain, les terres agricoles et les sols nus.

La procédure de classification se décline comme suit :

- moSur ENVI : *Toolbox > Classification > Classification Workflow*
- Ouverture de l'image à classer et sélection de « Use Training Data »
- Détermination des trois classes (urbain, terres agricoles et sols nus). Pour chaque classe, un grand nombre d'échantillons d'apprentissage a été utilisé afin d'améliorer le résultat de la classification.

- Sélection de l'algorithme de classification : Le logiciel ENVI comprend quatre méthodes de classification : *Maximum Likelihood*, *Minimum Distance*, *Mahalanobis Distance* et *Spectral Angle Mapper*. Dans ce mémoire, après avoir testé les différents algorithmes disponibles, nous avons opté pour la méthode du *Maximum Likelihood*. Cette dernière suppose que les statistiques de chaque classe suivent une distribution normale et calcule la probabilité qu'un pixel donné appartienne à une classe spécifique. Chaque pixel est assigné à la classe qui a la probabilité la plus élevée.
- Enregistrement du résultat sous les deux formats : Vecteur et image.

### 3.4.4 Technique de détection du changement

#### 3.4.4.1 Les séries temporelles

Pour mieux faire apparaître l'évolution urbaine de notre zone d'étude, des séries temporelles ont été réalisées sur les images de classification supervisées. Ces séries sont une collection d'images utilisées dans l'analyse spatiotemporelle. Le fichier créé est un fichier de métadonnées avec une extension « .series ».

Pour construire une série temporelle :

*Barre des menus > File > New > Build Raster Series* Où  
*Toolbox > Spatiotemporal Analysis > Build Raster Series*

#### 3.4.4.2 Les changements thématiques

La technique "Thematic Change" se base sur la comparaison entre deux images de classification réalisées pour deux dates différentes afin d'extraire le changement survenu (différence entre les deux images). La réalisation de cette application s'est basée sur le tutorial « Thematic Change Tutorial » disponible sur le site internet Harris Geospatial Solutions<sup>15</sup> :

- Sur ENVI: *Toolbox > Change Detection > Thematic Change Workflow*.
  - Sélection des deux images de classification à utiliser
  - Sélection de «*Only Include Areas That Have Changed*» afin de permettre la création de deux classes: une classe incluant les pixels qui ont changé de vocation et une autre classe pour les pixels inchangés.
  - Amélioration du résultat avec l'application de lissage et d'agrégation : «*Enable Smoothing*» et «*Enable Aggregation*»
  - Enregistrement du résultat sous les deux formats Vecteur et images de classification (*Export Files*).

### 3.5 Validation des résultats

La précision des résultats obtenus selon les différentes techniques de classification utilisées dans ce mémoire a été estimée par le calcul de matrices de confusion. Cette technique se base sur une comparaison entre les images de classification et la réalité terrain.

<sup>15</sup> <https://www.13harrisgeospatial.com/Support/Self-Help-Tools/Tutorials>

Dans ce mémoire, la digitalisation de l'urbanisation réalisée à partir de l'image de très haute résolution de 2020 a été utilisée comme réalité terrain afin de valider les classifications réalisées (pour l'année 2020). La procédure suivie est la suivante :

- Sur ENVI : Toolbox > *Classification* > *Post Classification* > *Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs*

Au final les outputs considérés dans ce mémoire sont :

- **Le pourcentage de précision globale** représente le pourcentage des pixels correctement classifiés par rapport au nombre total de pixel.
- **Le coefficient "kappa"** mesure l'accord entre les pixels de la classification et de la réalité terrain. Un coefficient de 1 correspond à un accord parfait, une valeur de 0 à accord nul.
- **La matrice de confusion** (en pourcentage) : donne le pourcentage des pixels correctement classifiés pour chaque classe.

# Chapitre IV : Résultats et discussion

## **4 Chapitre IV : Résultats et discussion**

Ce chapitre expose les résultats de l'étude de l'urbanisation au niveau de la commune d'Ain Taya, de même que leur interprétation.

### **4.1 Etude de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya**

#### **4.1.1 Carte d'état de fait**

La majeure partie de la croissance démographique de la commune d'Ain Taya se concentre dans le littoral qui est géré par des instruments règlementaires particuliers. Dans ce cadre, une contribution à l'élaboration du POS de cette commune a été effectuée par la réalisation d'une étape très importante de ce dernier : La carte d'état de fait.

La Figure 13 illustre l'état de fait du POS 14 de la commune d'Ain Taya conçu à partir d'une image satellitaire ortho-rectifiée, fournie par le CNERU. Cette dernière a été traitée sous ArcGis (digitalisation à partir d'une image de très haute résolution) afin de déterminer les différentes occupations du sol pour l'année 2020 :

L'habitat individuel se manifeste avec une valeur avoisinant les 50 % (138,591 ha), puis on trouve les réserves foncières qui représentent 21,37 % (60,9093 ha) de l'occupation du sol.

Par ailleurs, 11,38 % (32,4261 ha) des terres sont occupées par les terres agricoles, 8,03 % (22,896 ha) sont dédiées à l'habitat collectif et 6,61% (18,8484 ha) aux équipements de différentes natures.

En revanche, les terrains vides, les terrains alloués aux activités économiques, les Haouaches, les espaces verts et les habitats précaires présentent de faibles pourcentages.

Le travail réalisé pour le POS 14 a été étendu par la suite à toute la commune, en digitalisant tous ses espaces urbanisés. Ceci servira comme réalité terrain, à confronter aux résultats des autres méthodes « automatiques » utilisées dans la suite de ce mémoire. La réalité terrain permettra l'estimation de la précision des méthodes utilisées et donc leur validation.

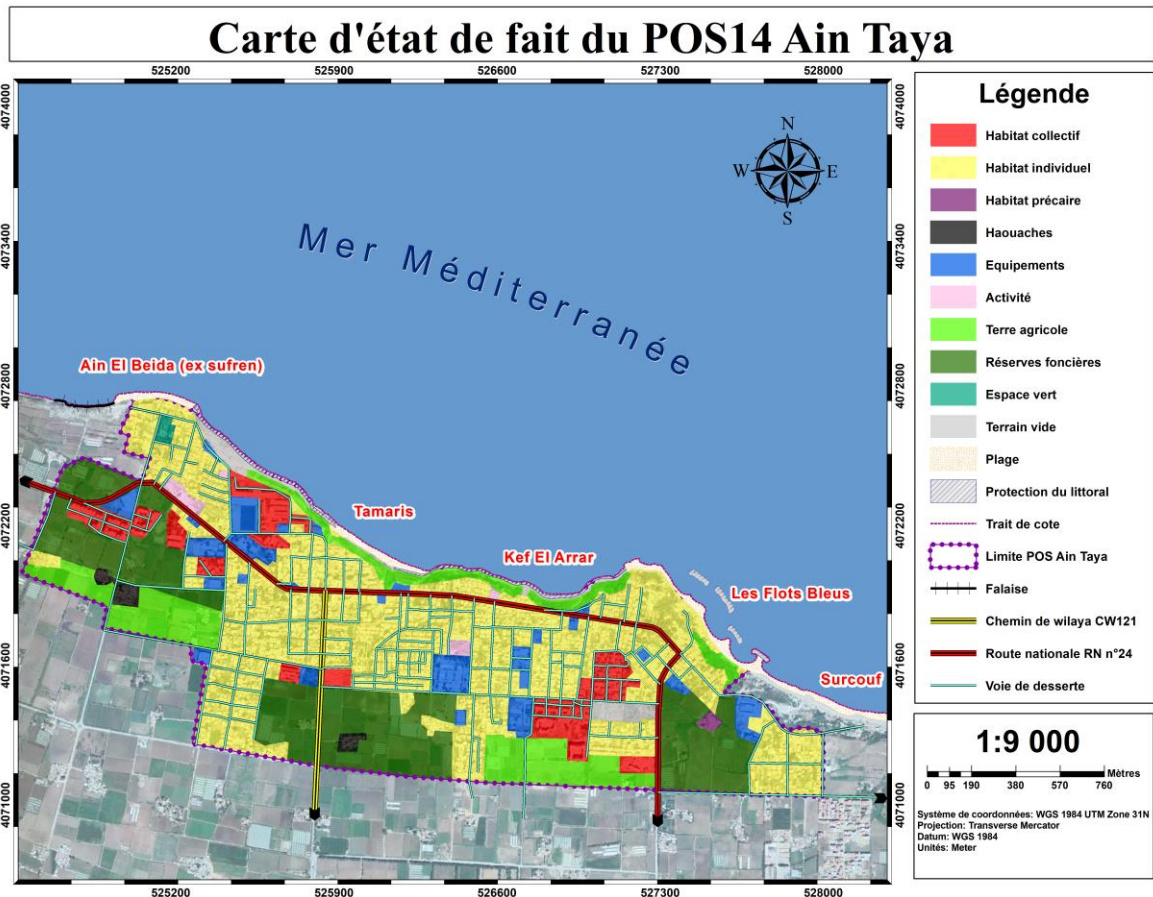


Figure 13: Carte d'état de fait du POS 14

#### 4.1.2 Extraction automatique de l'urbanisation

Cette partie présente deux approches permettant d'obtenir des estimations cohérentes du tissu urbain d'Ain Taya de façon automatique : Feature extraction et les indices spectraux.

##### 4.1.2.1 Feature extraction (Année 2010)

Feature Extraction fournit une méthode rapide et automatique pour identifier le bâti (par l'identification des toits), ce qui évite la digitalisation manuelle. L'utilisation de cette méthode nous a permis d'obtenir les résultats présentés sur la Figure 14.

Les statistiques obtenues à partir de cette technique indiquent qu'en 2010, l'urbanisation représentait 19% (189 Ha) du territoire de la commune, contre 81% (786 Ha) classifié comme non urbain.

D'après les résultats obtenus, on constate que l'urbanisation se concentre en premier lieu au centre de la commune près de la côte, en formant une agglomération qui représente à elle seule 11% (107 Ha) de l'occupation du sol.

En deuxième lieu, les deux agglomérations secondaires, Diar El Gharb 1 qui occupe 1,37% (13 Ha) et Diar El Gharb 2 qui occupe 1,43% (14 Ha), sont centrées à l'Ouest de la commune d'Ain Taya. Cette répartition est expliquée en partie par les projets de logements initiés par l'état à partir des années 2000 (AADL, social, etc...), et qui se sont renforcés à partir de l'année 2013.

Concernant l'état d'urbanisation par zonation :

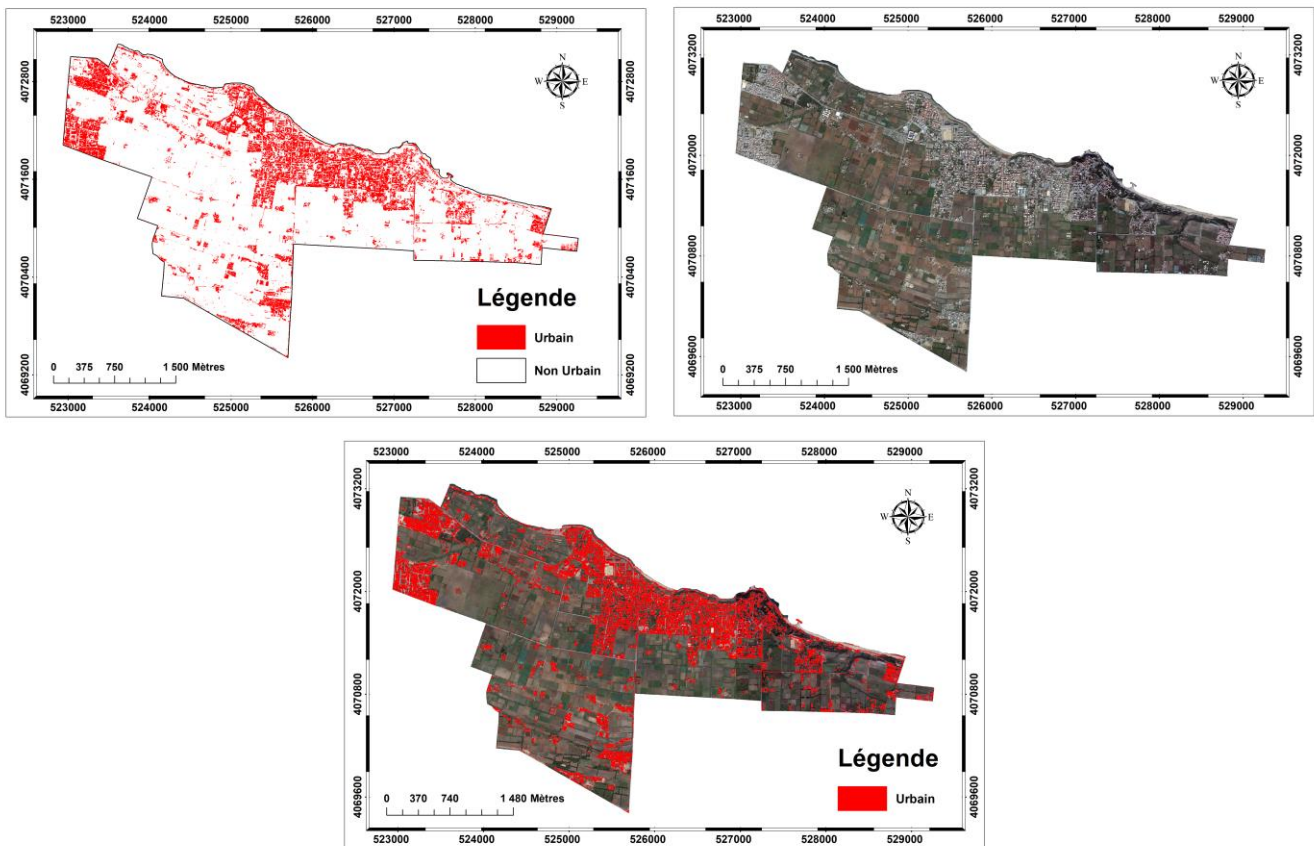
**La zone des 100 m :** malgré la superficie très réduite de cette zone, elle subit une pression anthropique énorme en représentant à elle seule près de 2% de l'urbanisation de la commune.

**La zone des 300m :** cette zone inclue 6% de l'urbanisation de la commune, centrée principalement au niveau de l'agglomération du chef-lieu et une agglomération considérable à l'Est de d'Ain Taya.

**La zone des 800m :** Touchant notamment l'agglomération de Diar El Gharb1, cette zone est concernée par une forte concentration du tissu urbain : 14% de l'urbanisation de la commune.

Une validation quantitative de la technique « Feature Extraction » n'a pas été réalisée, néanmoins, une validation visuelle de cette approche montre qu'elle souffre de certains problèmes de confusion, en particulier au niveau des zones urbaines en raison de leur complexité spectrale. Des problèmes d'ombres notamment se produisent dans les zones urbaines très denses, parmi ces problèmes :

- Certains objets ont une réflectance spectrale similaire à celle des bâtiments ;
- Les réflectances spectrales des bâtiments et de l'ombre des arbres sont presque identiques, ce qui pose un problème pour extraire l'information requise.



**Figure 14:** Cartographie de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya en utilisant la méthode d'extraction automatique du bâti

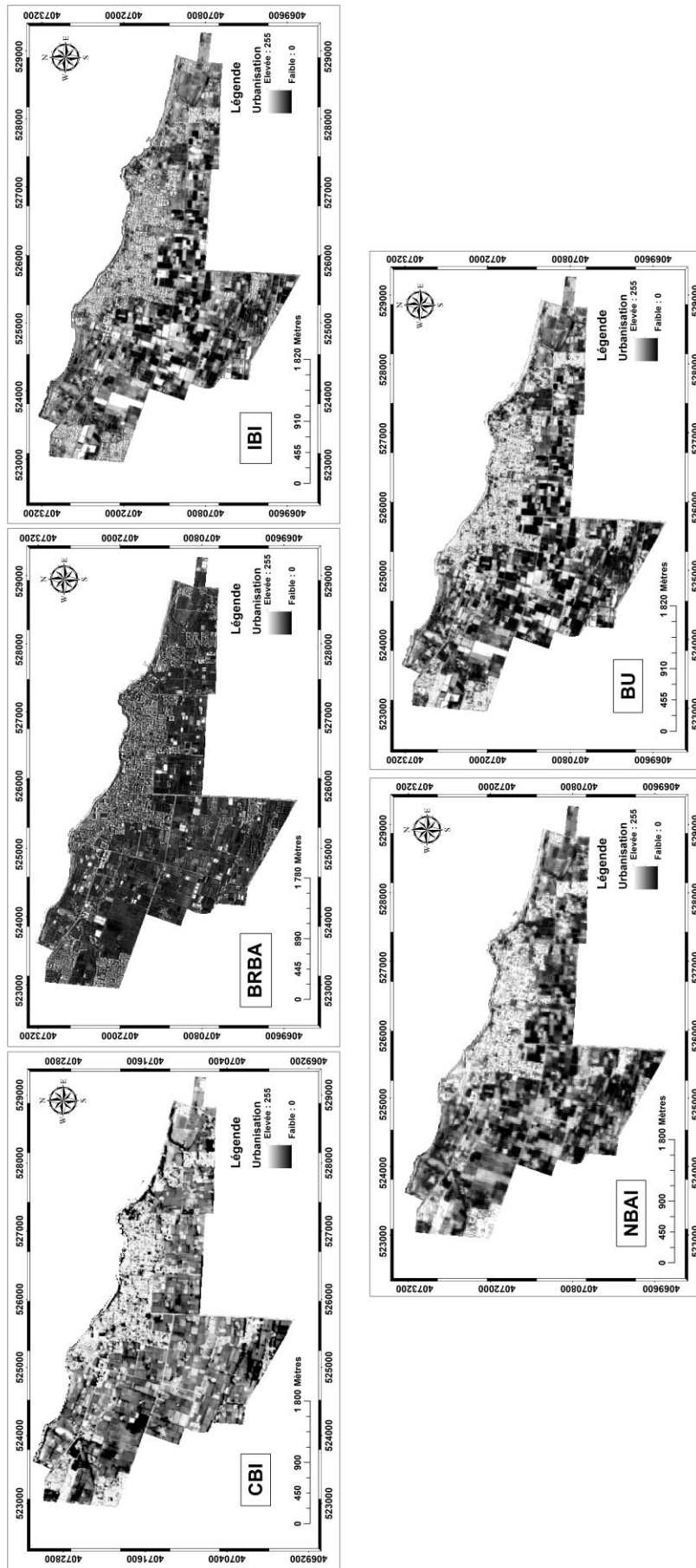
#### 4.1.2.2 Méthode des indices spectraux (Année 2020)

##### 4.1.2.2.1 Comparaison des différents indices utilisés

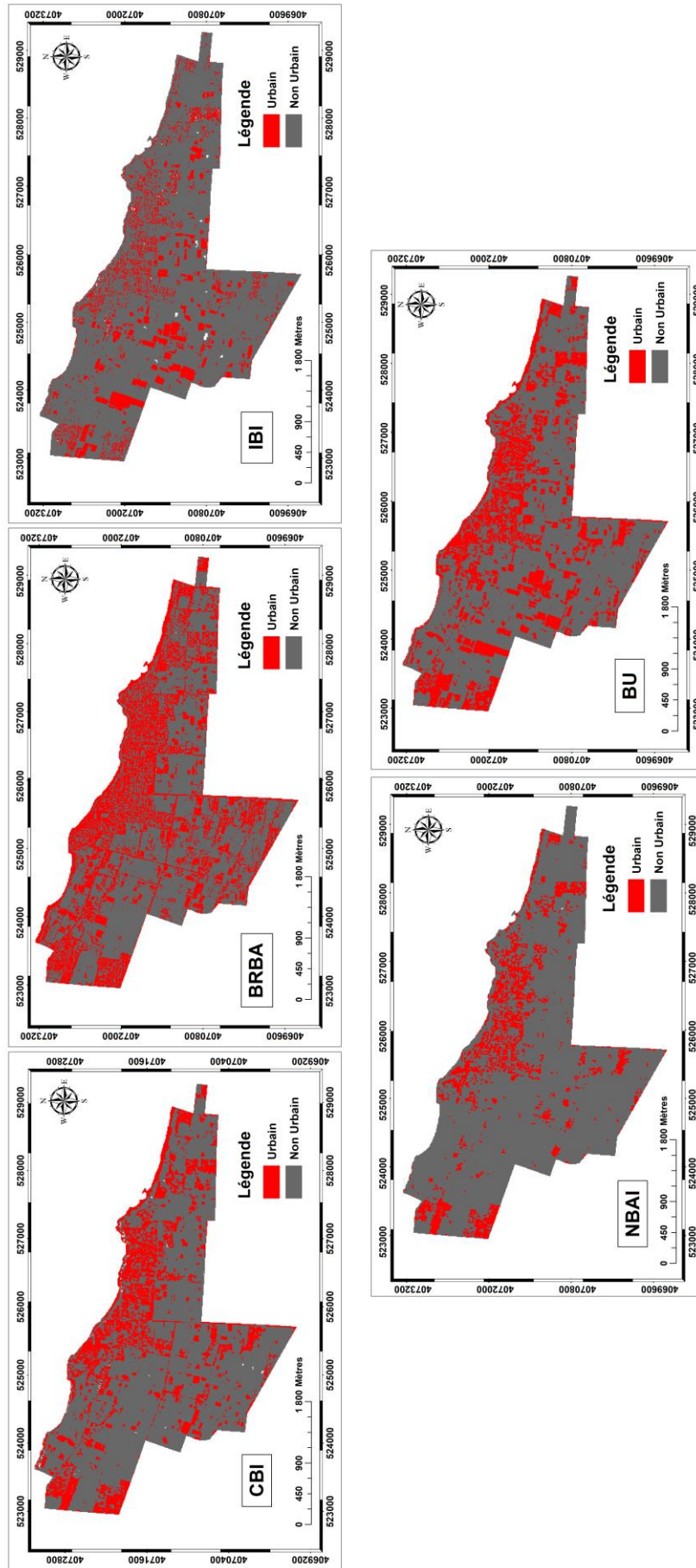
Les images brutes des indices d'urbanisation calculés (BU, IBI, NBAI, BRBA et CBI) sont illustrées sur la Figure 15. Les images binaires sont présentées dans la Figure 16. En étudiant ces deux figures, plusieurs constats peuvent être faits :

- **BU** : Le NDBI met en évidence l'urbanisation de façon distincte, mais il confond les serres, certaines terres arables et les plages avec le bâti à cause des réflectances similaires de ces trois dernières dans les longueurs d'onde considérées dans cet indice. Le calcul du NDBI n'est pas suffisant, il est nécessaire d'éliminer les terres agricoles ainsi que la végétation par la soustraction de l'indice NDVI. L'indice obtenu (BU) à partir de cette dernière équation nous a conduit à une valeur d'urbanisation égale à 30% (292 Ha).
- **IBI** : L'indice IBI affiche l'urbanisation avec plus de détails, cependant, le bâti et le non bâti sont un peu proches en termes d'indice (difficulté de réalisation de l'image binaire). Certaines confusions sont observées avec les terres arables, les serres et les terres agricoles. Néanmoins, moins de confusion subsiste entre les terres agricoles et les zones rurales par rapport à l'indice BU.
- **NBAI** : Lorsque l'indice nouvellement développé pour la zone bâtie (NBAI) a été appliqué, il a extrait la zone urbanisée de manière très lisible et remarquable. Néanmoins, les serres sont considérées parfois comme bâti et d'autres fois comme terres agricoles. Les plages ont également un signal similaire à celui du bâti.
- **BRBA** : Cet indice améliore nettement les confusions avec les sols nus et permet de classer les terres arables comme du non-bâti. L'application de l'indice BRBA donne un résultat très approprié pour l'analyse visuelle, les différentes classes (bâti et non bâti) apparaissent très clairement avec plus de précision. Pour les plages et les serres en particulier, une brillance très élevée a été remarquée.
- **CBI** : Ce nouvel indice combine la première composante d'une analyse en composantes principales (PC1), l'indice de différence d'eau normalisé (NDWI) et l'indice de végétation ajusté au sol (SAVI), représentant respectivement l'albédo élevé, l'albédo faible et la végétation, pour réduire les bandes originales en trois caractéristiques thématiques. Le résultat du CBI prouve une assez bonne séparabilité du bâti. Néanmoins, des confusions subsistent entre le bâti et les sols nus, une partie des terres arables, des plages et des serres.

D'une manière qualitative, les deux indices CBI et BRBA nous ont permis de bien distinguer l'artificialisation de la commune avec une bonne cartographie du bâti et des routes se situant en dehors des agglomérations. En outre, il faut noter que presque la totalité des indices ne donnent pas de résultats satisfaisants dans la zone des 300 m, en raison des confusions entre l'urbanisation et les plages.



**Figure 15:** Illustration des images des différents indices spectraux d'urbanisation calculés pour l'année 2020 (CBI, BRBA, IBI, NBAI et BU)



**Figure 16:** Illustration des images binaires des différents indices spectraux d'urbanisation calculés pour l'année 2020 (CBI, BRBA, IBI, NBAI et BU)

#### 4.1.2.2.2 Validation des résultats

Afin de vérifier la qualité et la justesse de l'identification des zones urbanisées par les indices spectraux utilisés, les images binaires obtenues pour les différents indices ont été confrontées à la vérité terrain. Cette dernière correspond à une vectorisation manuelle de deux vecteurs (bâti et non-bâti) à partir d'une image de très haute résolution spatiale (50 cm). Les résultats des matrices de confusion calculées sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 8:** Pourcentages de justesse des différents indices d'urbanisation utilisés

Indices	Justesse (%)
<b>NBAI</b>	79.42
<b>CBI</b>	78.99
<b>NDBI</b>	74.09
<b>BRBA</b>	72.58
<b>IBI</b>	66.12

D'après le Tableau 8, l'indice NBAI offre une précision de 79,4 %, c'est l'indice le plus adéquat et le plus juste en termes de similarité avec la vérité terrain. Le CBI montre également des résultats très proches avec une précision de 79 %, puis viennent les indices BU (NDBI) et BRBA avec des pourcentages de précision de 74 % et 72,6 %, respectivement. En revanche, l'indice IBI donne la valeur la plus faible avec environ 66% de précision.

## 4.2 Evolution spatio-temporelle de l'urbanisation (de 1985 à 2020)

L'urbanisation est en train de subir une augmentation remarquable au niveau de la commune d'Ain Taya. Afin de déterminer le taux de cette extension urbaine et de voir les changements survenus au fil du temps, la technique de la classification supervisée a été appliquée.

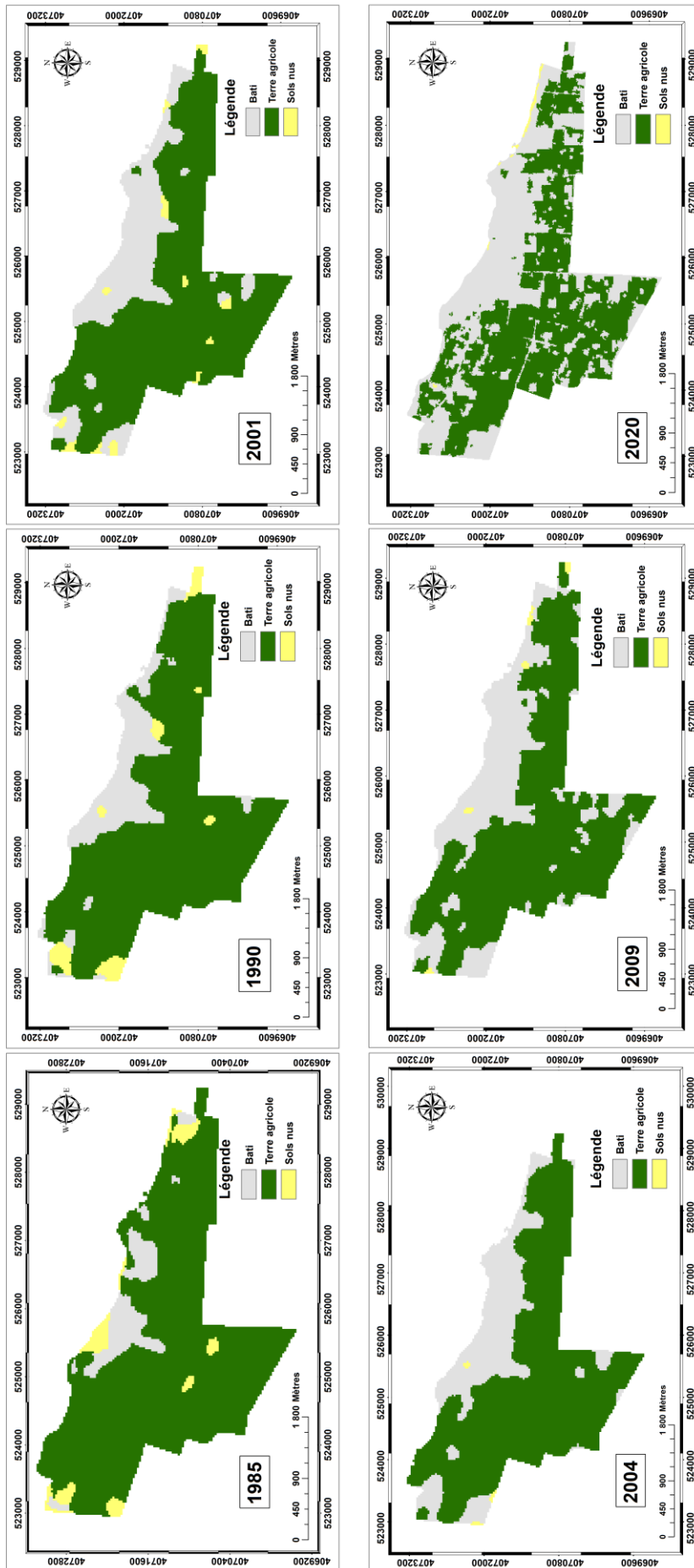
### 4.2.1 Evolution spatiale de l'urbanisation

La Figure 17 représente les résultats de la classification réalisée pour les six dates considérées.

D'une manière générale, l'urbanisation en 1985 se concentre dans deux grandes zones centrales, le chef-lieu de la commune et la zone d'Ain Chorb, et une troisième petite agglomération qui a pour appellation Ain El Gharb.

En 1990, l'agglomération du chef-lieu a connu une conurbation telle que deux anciennes agglomérations secondaires (Ain Bayda et Ain Chorb) sont devenues partie intégrante du chef-lieu, qui a vu sa superficie s'élargir considérablement. Le pourcentage des terres urbanisées de la commune en 1990 est estimé à 16%.

En 2001, l'urbanisation était de 26% de la surface totale. Une extension longitudinale apparaît très clairement vers l'EST ainsi que le développement d'une urbanisation à l'extrémité OUEST de la commune, accompagnée de taches éparses vers le sud. En 2004, le prolongement longitudinal du chef-lieu vers l'EST continu avec un début d'extension vers le sud. L'urbanisation en 2004 occupe 27% de la surface totale.



**Figure 17:** Evolution de l'occupation du sol de la commune d'Ain Taya de 1985 à 2020 en utilisant la technique de la classification supervisée

En 2009, les petites agglomérations au sud continuent à s'étendre vers le nord, accompagnées d'une augmentation de l'urbanisation globale de la commune, avec une occupation urbaine de 32% de la surface totale de la commune.

En utilisant une image d'une résolution spatiale de 10m pour l'année 2020, l'urbanisation ainsi que les routes apparaissent de façon distincte et détaillée. D'une manière générale, l'artificialisation occupe une bonne partie de la commune avec une valeur de 44%, qui présente presque la moitié de la superficie de la commune.

Il est à noter que cette extension du tissu urbain est intimement liée à la croissance démographique importante que connaît le pays. En effet selon les recensements de l'ONS (Office National de statistiques) :

- **En 1987**, la population de la commune d'Ain Taya était de 21.067 habitants. Par la suite, la population a connu une augmentation rapide pour atteindre 29.515 habitants **en 1998**. Ceci est probablement dû à l'installation d'infrastructures industrielles et d'une ligne de chemin de fer (pôles industriels d'El Hamiz, Harrach, Rouiba, Reghaia et Semmar). Cette augmentation de la population est probablement due aussi à des raisons d'insécurité (la décennie noire), où beaucoup d'algériens se sont réfugiés dans les villes côtières.
- **En 2008** : après les années 2000, la zone a connu un autre mouvement démographique pour atteindre 34.501 habitants, en raison de la crise foncière. Les habitants s'orientent vers les nouveaux pôles d'urbanisation (Sidi Abd Ellah, Douira, Bab zouar et Reghaia).
- **En 2018** : la population continue à augmenter son allure pour arriver à 37.450 habitants. Cette légère évolution de la population laisse supposer un début de contrôle de l'urbanisation au niveau de la commune d'Ain Taya (Otmani et al., 2019).

#### 4.2.2 Présentation des statistiques par zonation

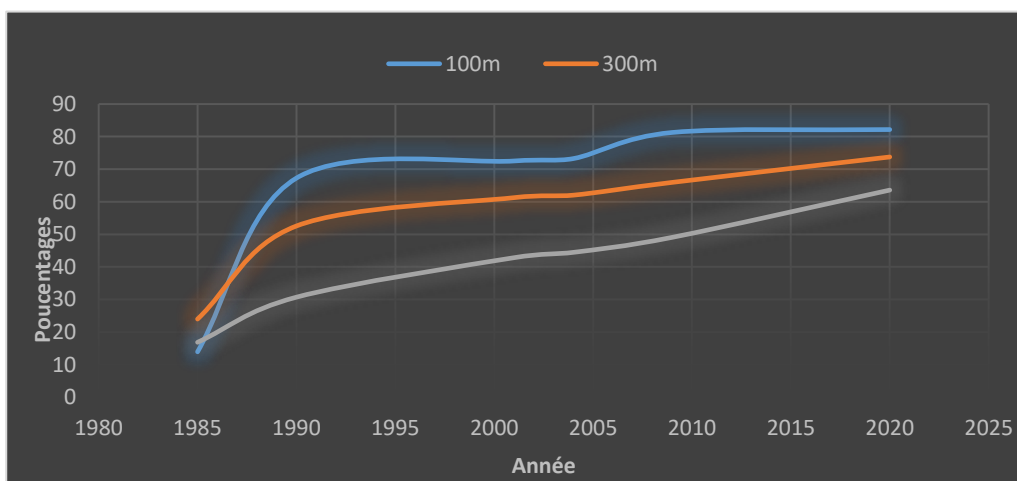
La Figure 18 représente une courbe illustrant l'évolution temporelle de l'occupation du sol en pourcentage pour les trois zones littorales (100 m, 300 m et 800 m) au niveau de la commune d'Ain Taya. Cette zonation, délimitée par rapport à une Baseline, est effectuée en se basant sur les prescriptions de la loi 02-02, décrite dans la section 1.4.2. Les statistiques de cette évolution sont reprises sur le Tableau 9.

D'après les résultats obtenus :

- **Zone des 100 m** : La courbe des 100 mètres est divisée en quatre phases : la première est une évolution très rapide de l'urbanisation, de 13% jusqu'à 67% entre 1985 et 1990, avec un taux d'urbanisation de 10,4% par an. Cette augmentation importante revient probablement à l'exode rural qu'a connu le pays à cause du développement économique plus important des zones côtières par rapport aux zones de l'intérieur du pays. Cet exode s'est accéléré durant la décennie noire, les algériens cherchant de meilleures conditions de sureté. Il convient également de noter que la population cherche la proximité de la mer en l'absence d'un cadre réglementaire. A partir de 1990, la courbe commence à se stabiliser à la valeur de 73% jusqu'à 2004, avec un taux d'accroissement faible estimé à 0,4% par an, expliquée par la saturation de cette petite zone ainsi qu'à la mise en place des lois **90-29** et **02-02**. Une légère élévation du taux d'urbanisation (2% par an) est

marquée par la suite, entre 2004 et 2009, en raison des projets de construction de logements qui ont touché notre zone d'étude jusqu'à 2020.

- Zone des 300 m :** L'urbanisation de la zone des 300 mètres a connu une évolution un peu rapide, de 23 % jusqu'à 52%, de 1985 à 1990, en enregistrant un taux d'urbanisation égale à 5,6% par an. Cela est expliqué par l'exode rural d'une part et les nouvelles serres installées, d'autre part. A partir de 1990, l'urbanisation subit une évolution douce et uniforme pour arriver à une valeur de 73% en 2020 avec un taux d'accroissement de 0,7% par an.
- Zone des 800 m :** Pour la courbe des 800 mètres, on a remarqué une augmentation de l'urbanisation de 16% à 30% de 1985 à 1990, pour un taux d'accroissement de 2,7% par an, pour les mêmes raisons citées précédemment. L'urbanisation entame par la suite une élévation moins rapide que la première, de 30% jusqu'à 49% en 2009 (augmentation de 1% par an). Cette lente évolution est due à la prédominance des terres agricoles dans cette zone. Au-delà de l'année 2009, l'extension urbaine continue à s'élargir vers le bas (l'intérieur des terres) pour atteindre une valeur de 63% en 2020, avec un taux d'accroissement de 1,3% par an.



**Figure 18:** Courbe représentant l'évolution du pourcentage d'urbanisation d'Ain taya de 1985 à 2020 selon les trois zones du littoral (100 m, 300 m et 800 m)

**Tableau 9:** Pourcentages de l'évolution temporelle de l'urbanisation d'Ain Taya pour les trois zones du littoral

Zonation Années	100 m	300 m	800 m
1985	13,9 %	24 %	16,9 %
1990	67,3 %	52,6 %	30,7 %
2001	72,5 %	61,3 %	42,8 %
2004	73,3 %	62 %	44,5 %
2009	81,3 %	66 %	49,1 %
2020	82,2 %	73,8 %	63,6 %

### 4.2.3 Validation des résultats

Selon un ancien PDAU d'Ain Taya, réalisé pour l'année 1992, les pourcentages d'urbanisation et des terres agricoles étaient de 24% et de 74% de la surface totale de la commune, respectivement. Selon nos résultats, en 1990, ces pourcentages étaient de 30% et de 70%, respectivement. Cette comparaison indique des résultats très proches. Les écarts notés sont dus probablement aux techniques différentes utilisées dans chacune des études (digitalisation, mission sur terrain, classification d'images). A titre indicatif, des problèmes de confusion par la classification subsistent pour les objets ayant des signatures spectrales proches. De ce fait, cette technique de validation s'avère délicate.

Dans un deuxième temps, nous avons comparé les résultats de la classification de 2020 avec la vérité terrain obtenue par vectorisation de l'urbanisation de la commune en utilisant une image de très haute résolution spatiale. La matrice de confusion résultante estime la précision globale de la classification à 84% avec un coefficient Kappa égale à 0,66.

Il est important de noter ici que la meilleure résolution spatiale de l'image satellitaire de 2020 permet une meilleure estimation de l'urbanisation réelle de la commune, qui est estimée à 44% de la surface totale. Les images satellitaires antérieures présentent une moindre résolution spatiale et radiométrique, ce qui rend l'exercice de classification plus ardu, avec une confusion notable entre le bâti et les serres agricoles. Néanmoins, l'artificialisation est relativement bien discernable.

### 4.2.4 Etude du changement de l'urbanisation

Dans le but d'analyser le changement ou bien l'évolution de l'artificialisation au niveau de la commune Ain Taya, deux cartes sont réalisées pour deux périodes successives, délimitées par l'année correspondant à la mise en application de la loi 02-02 (Figure 19). La première période commence de 1985 à 2004, la deuxième de 2004 jusqu'à 2020.

La carte du premier changement (Figure 19.A) illustre une progression notable d'occupation du sol, principalement autour des anciennes agglomérations, déjà implantées. Une apparition de nouvelles agglomérations est également visible à l'ouest et au sud avec des pourcentages d'occupation du sol allant de 9% en 1985 à 25% en 2004. La deuxième carte (Figure 19.B) explique un nouvel avancement de l'artificialisation, pour toucher cette fois-ci l'ensemble de la commune avec des pourcentages de 26% en 2004 à 46% en 2020.

Une dernière carte (Figure 19.C) comprend l'évolution de l'occupation du sol de 1985 jusqu'à 2020. L'analyse de cette carte indique une véritable explosion de l'urbanisation de la commune en 35 ans, ce qui fait d'Ain Taya une commune très menacée par l'anthropisation littorale, principalement en raison de son caractère agricole.

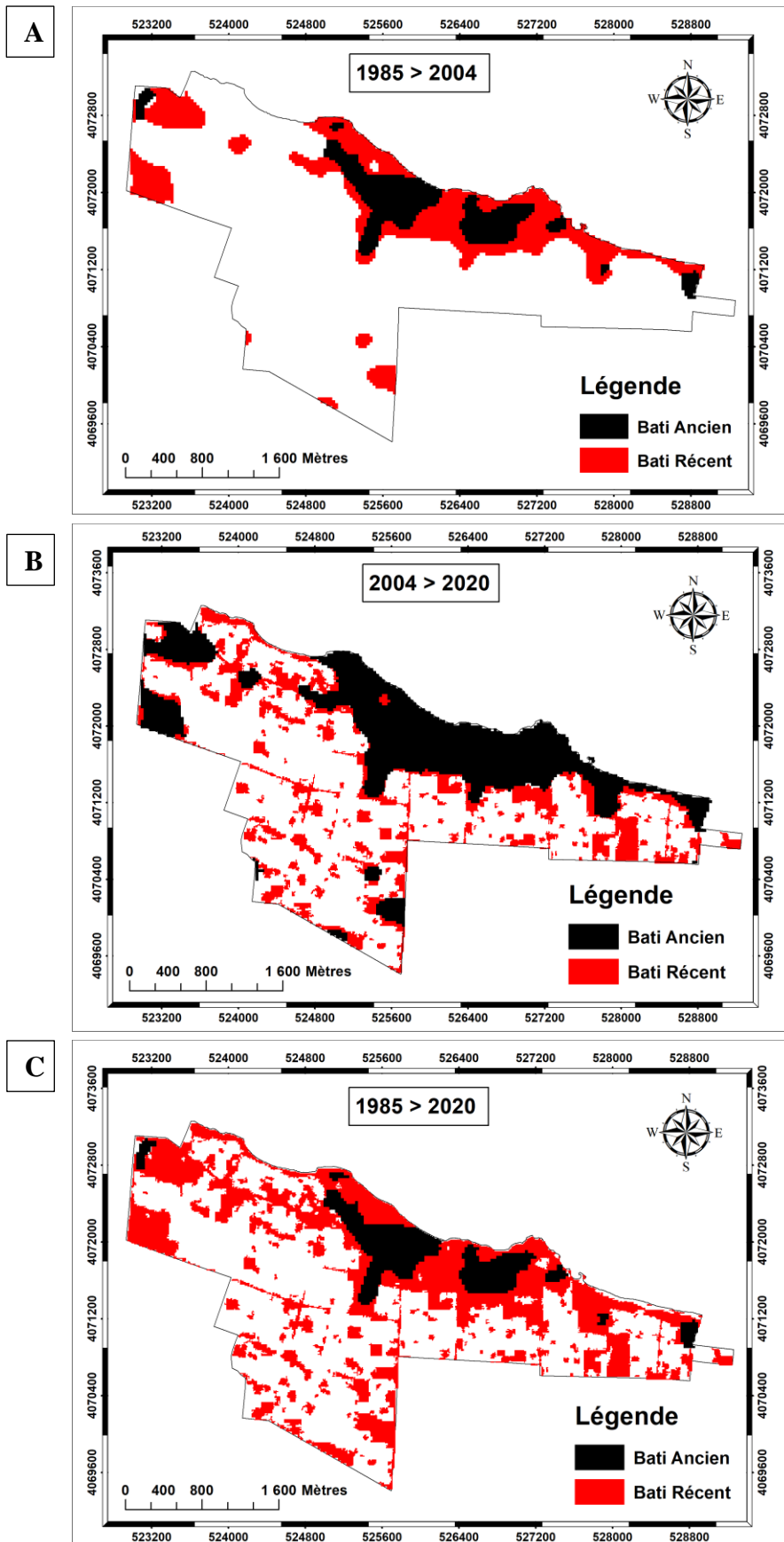


Figure 19 : Cartes du changement de l'urbanisation en utilisant la méthode de la classification pour les périodes : (1985 -2004) - (2004 - 2020) - (1985-202)

#### **4.2.5 Impacts de l'urbanisation importante de la commune**

Les résultats de ce mémoire montrent que la commune littorale d'Ain Taya est en train de faire face à une urbanisation intensive. Cette dernière engendre plusieurs impacts sur l'être humain, l'écosystème, ainsi que sur la géomorphologie de la région :

##### **A- Du point de vue géomorphologique :**

1- L'urbanisation de la zone de non-aedificandi (100 à 300m) au niveau d'Ain Taya est construite dans certaines zones sur des dunes consolidées, ce qui va provoquer une disparition de ces structures géomorphologiques qui ont un rôle primordial dans le maintien des équilibres sédimentaires de la côte.

2- La concentration massive de l'urbanisation près de la côte nécessite, à plus ou moins long terme, d'installer des ouvrages de protection contre les phénomènes d'érosion et de recul du trait de côte. Ces installations sont, d'une part, très coûteuses et d'autre part, nécessitent un dimensionnement adéquat pour ne pas déplacer le problème vers d'autres zones en aval.

3- L'élévation du niveau de la mer exerce plusieurs phénomènes hydrodynamiques tels que la submersion marine, le franchissement et le recul du trait de côte, qui vont influencer d'une manière directe et imprévue les occupations du sol de la zone côtière.

4- Le béton cimenter la chaussée, en fermant les vides entre granulats, ceci cause le phénomène d'exfiltration où l'eau de pluie serait évacuée de façon surfacique ce qui pourrait provoquer, notamment, des inondations.

##### **B- Du point de vue environnemental :**

La zone Est d'Alger, qui inclue la commune d'Ain Taya, connaît une activité industrielle et économique très active :

1-Cette dernière va provoquer, dans un premier temps, des problèmes de pollution marine par les métaux lourds, l'eutrophisation, etc.

2- Les usines industrielles contribuent également à l'augmentation de la température atmosphérique à cause de leur dégagement de gaz à effets de serre, intimement liés au phénomène de changements climatiques.

3- L'urbanisation et l'occupation humaine déséquilibrent l'écosystème naturel, à savoir les biotopes et leur diversité faunistique et floristique.

4- L'urbanisation et l'artificialisation réduisent gravement les surfaces agricoles fertiles de la commune d'Ain Taya.

5- Le littoral de la commune d'Ain Taya se caractérise par la richesse de ses paysages côtiers et un potentiel touristique remarquable. Ces potentialités sont menacées par l'urbanisation hiérarchique et incontrôlée qui caractérise la zone.

#### 4.2.6 Application de la loi 02-02

La bande de non-aedificandi est une bande qui s'étend sur un linéaire de cent à trois cent mètres de largeur, mesurée à compter de la limite haute du rivage, sur laquelle sont interdites toutes les constructions ou installations en dehors de celles nécessitant la proximité de la mer. Or, nous constatons que la commune d'Ain Taya a subi une pression intense au niveau de cette bande.

En effet, le pourcentage d'urbanisation dans la bande des 300m a connu une évolution rapide de 52% à 62% entre 1990 et 2002 (12 ans avant la promulgation de la loi du littoral). A partir de 2002 jusqu'à 2020 (les 18 ans suivant l'instauration de la loi), l'urbanisation continue à progresser mais juste avec un taux de 0,5% par an. Pour cette bande, nous pouvons dire que l'application de la loi littorale commence contrôler la situation.

Concernant la bande des 800 mètres, l'extension du tissu urbain continue à évoluer à un rythme assez important vers l'est et l'ouest (1,3% par an). Cette explosion urbaine est probablement due à :

- La non exploitation des grandes surfaces de terres agricoles au sud d'Ain Taya pour empêcher une urbanisation de ces terres à caractère agricole.
- La nécessité de construire de nouveaux logements dans la commune d'Ain Taya du fait de sa proximité de la capitale (Alger centre).

Dans la bande des trois kilomètres, sont interdites toute extension longitudinale du périmètre urbanisé ainsi que l'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral à moins que la distance les séparant soit de cinq (5) kilomètres au moins. Cette restriction n'est également pas respectée. A titre indicatif, Diar El Gharb 1 et Diar El Gharb 2 sont deux agglomérations adjacentes, la distance les séparant en 2020 ne dépasse pas 800 mètres.

La problématique de la protection des espaces naturels par l'application de la loi Littorale doit être sérieusement dressée par une politique claire et rapide pour empêcher l'aggravation de la situation actuelle.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

En termes d'occupation du sol, le phénomène étudié dans ce mémoire est l'urbanisation. Depuis plusieurs années, une activité anthropique importante commence à exercer une pression sur le littoral algérois et plus précisément sur la commune d'Ain Taya qui est considérée comme une commune littorale à caractère agricole. Cette pression constitue une menace pour le sol qui est considéré comme une ressource non renouvelable.

Dans ce mémoire, l'étude de l'évolution de l'urbanisation d'Ain Taya de 1985 à 2020 a été réalisée par une classification supervisée. Deux autres techniques d'extraction automatique du bâti ont été testées afin d'estimer leur performance à quantifier l'urbanisation : l'extraction automatique d'objets et les indices spectraux.

Ce mémoire inclut également une contribution à la réalisation d'un plan d'occupation du sol qui est considéré actuellement comme un document de référence pour les études d'aménagement urbain. Néanmoins, la réalisation d'un POS valable à l'utilisation nécessite un travail considérable, strict et précis avec un temps de réalisation qui dépasse les huit mois. Ceci passe par l'établissement d'un diagnostic global sur la zone (collection des données sur terrain, etc.) ainsi que la réalisation de plusieurs fichiers techniques, tels que le rapport de présentation, le bilan des enquêtes, le dossier d'exécution VRD et appel d'offre. C'est pour toutes ces raisons que le présent travail n'inclue que la réalisation d'une carte d'état de fait.

En utilisant une image satellitaire de très haute résolution (50 cm), la technique d'extraction automatique de l'urbanisation « Feature Extraction » a montré des résultats satisfaisants d'un point de vue visuel. Cette technique est très rapide et pratique en comparaison avec la digitalisation manuelle. Il faut souligner également que deux indices spectraux en particulier (NBAI et CBI) ont montré un très bon potentiel de distinction des zones urbanisées, ainsi qu'une bonne indication des routes se situant en dehors des agglomérations en utilisant les images SENTINEL 2 (10 m de résolution spatiale). L'utilisation des indices semble être un très bon moyen pour une estimation rapide de l'urbanisation avec une précision acceptable (80%).

Concernant l'évolution spatio-temporelle de l'urbanisation, l'approche utilisée (la classification supervisée) a fourni une bonne estimation de l'expansion du tissu urbain. Une confrontation de ces résultats avec la vérité terrain montre que la classification supervisée présente une très bonne précision égale à 84%. La classification supervisée est une méthode de fusion de données automatique qui permet la combinaison des résultats avec des données variées sous l'assistance de l'opérateur, ce qui lui procure plus de robustesse et de performance. La perte de justesse de cette méthode pourrait être expliquée par une résolution radiométrique non suffisante des images utilisées.

D'une manière générale, L'urbanisation au niveau d'Ain Taya a connu une augmentation considérable de 0,6% par an, durant les 35 années étudiées (de 1985 jusqu'à 2020). Les résultats obtenus pour l'année 2020 montrent une urbanisation importante de la commune (44%), étalée sur presque toute sa superficie, bien que l'agglomération principale se concentre dans la zone côtière centrale. L'évolution des agglomérations secondaires, tel que Diar El Gharb 1 et Diar El Gharb 2 et ceux qui se trouvent à l'extrémité Est et sud, est très appréciable.

La présente étude a également une étendue réglementaire ; La commune littorale d'Ain Taya est en train de subir une pression anthropique considérable malgré la présence d'un cadre réglementaire (loi 02-02) limitant et spécifiant les activités pouvant avoir lieu dans cette zone fragile. A travers le cas d'étude présenté, il s'avère que la loi littorale en Algérie rencontre de sérieuses difficultés d'application dues pour l'essentiel aux réticences qu'elle suscite chez les administrations locales (urbanisme, tourisme, etc.). De plus, il n'existe pas de contrôle hiérarchique, les administrations centrales qui créent la législation, n'assurent pas de suivi au niveau local. Il ne suffit pas de promulguer des textes juridiques, il faut que ça se traduise par une politique stricte et claire. Par ailleurs, il faut mettre à la disposition de chaque intervenant les moyens humains et financiers nécessaires.

Ce projet de fin d'étude est un travail multidisciplinaire qui a tenté de combiner à la fois des aspects de télédétection, de SIG, de cartographie et d'aménagement. Dans ce sens, on peut s'orienter vers un travail plus approfondi en suivant les recommandations suivantes :

- L'utilisation d'une imagerie à très haute résolution spatiale servira à améliorer les approches abordés dans ce mémoire ;
- La recherche de nouvelles techniques pour relever les nouveaux défis d'aménagement d'une part et pour une exploitation optimale du domaine de la télédétection qui évolue très rapidement.

# Bibliographie

## Bibliographie

- ANIREF, 2018.** Monographie d'Alger. [En ligne] [consulté le 4/2/21]. Disponible sur le web : [www.aniref.dz/index.php/extensions/jevents/24-observatoire-du-foncier-industriel/monographie/64-monographie-8](http://www.aniref.dz/index.php/extensions/jevents/24-observatoire-du-foncier-industriel/monographie/64-monographie-8).
- BOUCHENAF, M.A., 2016.** Apport de la télédétection et des SIG pour surveiller la trajection urbaine des communes côtières de la baie d'Alger.
- CHERUBINI, B., DAVID, G., 2005.** Le territoire littoral: Tourisme, pêche et environnement dans l'océan Indien. Editions Le Harmattan. France : L'Harmattan, p.150.
- CNERU, 2004.** PAC ALGER. AIN TAYA. Alger : CNERU
- CNTPP, 2009.** Le Plan d'Aménagement Côtier (PAC). Tipaza : CNTPP
- DAHAOUI, A.A.O., BERKISSA, H.M., 2020.** La télédétection du changement pour la quantification des sols artificialisés dans le littoral Algérien. Mémoire PFE. Alger : ENSSMAL, p.60
- DAT, DUAC, 2011.** PDAU d'Alger rapport d'orientation. Alger : DAT
- DRONOVA, I., GONG, P., WANG, L., 2011.** Object-based analysis and change detection of major wetland cover types and their classification uncertainty during the low water period at Poyang Lake, China. Remote Sens, p.p.3220.3236
- FOURNIER, A., 2008.** Détection et classification de changements sur des scènes urbaines en télédétection (phdthesis), France : Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace.
- González, F.E., Ruiz, J.M., Acosta, F.M., 2013.** Manuel de Télédétection spatiale, TELECAN, p.337.
- He, C., Shi, P., Xie, D., Zhao, Y., 2010.** Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. Remote Sens. Lett, p.p. 213.221.
- Huete, A.R., 1988.** A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote, p.p.295.309.
- KACEMI, M., 2013.** Protection et valorisation du littoral en Algérie : législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran. Études Caribéennes, p.20
- MASSE, A., 2013.** Développement et automatisation de méthodes de classification à partir de séries temporelles d'images de télédétection -Application aux changements d'occupation des sols et à l'estimation du bilan carbone. Thèse de doctorat. France, p.203
- McFEETERS, S.K., 1996.** The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. Int. J. Remote Sens. p.p.1425.1432
- MERLIN, P., 2002.** L'aménagement du territoire. Thèse de doctorat. Presses universitaires de France, p.55
- MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE, 2020.** Artificialisation des sols [En ligne]. [Consulté le 7/9/21]. Disponible sur le Web : [www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols](http://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols).
- ONS, 2008.** Population résidente des ménages ordinaires et collectifs. Alger : ONS
- OTMANI, H., BELKESSA, R., RABEHI, W., GUERFI, M., BOUKHDICHE, W., 2019.** Dégradation des Dunes côtières algéroises entre pression de l'urbanisation et conséquences sur l'évolution de la ligne de rivage. Geo-Eco-Mar. p.p.131.145.

- PERNETTA, J., ELDER, D., 1993.** Cross-sectoral, integrated coastal area planning (CICAP) : guidelines and principles for coastal area development. France, p.p.112.120
- RABEHI, W., 2018.** Détramination spatio-temporelle de l'expansion urbaine sur la baie d'Alger et impact environnemental sur la bande côtière. Thèse de doctorat. Alger : ENSSMAL, p.154
- RABEHI, W., GUERFI, M., MAHI, H., ROJAS-GARCIA, E., 2019.** Spatiotemporal Monitoring of Coastal Urbanization Dynamics : Case Study of Algiers' Bay, Algeria. *J. Indian Soc. Remote Sens*, p.47.
- ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W., 1974.** Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.
- SALLAYE, M., 2012.** Plate de télédétection dans un system d'observation de littoral. Mémoire PFE.ENSSMAL, p.p.90.95
- SOLTANI, EHAB, BOUMEZBER, M., 2019.** Utilisation de la télédétection du changement pour la quantification de l'artificialisation des sols dans la wilaya d'Annaba. ENSSMAL, p.p.70.85
- SOUDANI, K., 2005.** Introduction générale à la télédétection, Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Université Paris-Sud XI, p.p.100.110
- SUN, G., CHEN, X., JIA, X., YAO, Y., WANG, Z., 2016.** Combinational Build-Up Index (CBI) for Effective Impervious Surface Mapping in Urban Areas. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens*, p.p. 2081.2092.
- VALDIVIEZO-N, J.C., TELLEZ-QUIÑONES, A., SALAZAR-GARIBAY, A., LOPEZ-CALOCA, A.A., 2018.** Built-up index methods and their applications for urban extraction from Sentinel 2A satellite data : discussion. *J. Opt. Soc. Am. A Opt. Image Sci. Vis*, p.p.35.44.
- VINCENTE-SERRANO, S.M., PEREZ-CABELLO, F., LASANTA, T., 2008.** Assessment of radiometric correction techniques in analyzing vegetation variability and change using time series of Landsat images. *MDPI*, p.p.260.265.
- WAQAR, M.M., MIRZA, J.F., MUMTAZ, R., HUSSAIN, E., 2012.** Development of New Indices for Extraction of Built-Up Area & Bare Soil from Landsat Data 1, 4. Open access, p.130
- XU, H., 2008.** A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *Int. J. Remote Sens*, p.p.4269.4276.
- ZHA, Y., GAO, J., 2003.** Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens. - INT J REMOTE SENS*, p.p. 583.594.

### Ressources internet :

- <https://youmatter.world/fr/definition/urbanisation-definition-causes-consequences>
- <http://www.cartographie.ird.fr/refugies/methodes-Teledec.html>
- <https://cms.geobretagne.fr/content/comprendre-une-image-satellitaire>
- [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)
- [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)
- <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>
- [http://gc.univ-batna2.dz/sites/default/files/dept-gc/files/systemes\\_dinformations\\_geographiques.pdf](http://gc.univ-batna2.dz/sites/default/files/dept-gc/files/systemes_dinformations_geographiques.pdf)
- <https://www.l3harrisgeospatial.com/Support/Self-Help-Tools/Tutorials>
- <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-levels-processing>
- <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-2-level-2-science-products>
- <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-2>
- <https://www.l3harrisgeospatial.com/Support/Self-Help-Tools/Tutorials>
- <https://fr.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>
- <https://www.esrifrance.fr/sig11.aspx>

## Résumé

Dans ce travail, nous avons intégré les techniques de SIG et de télédétection du changement pour la cartographie de l'évolution de l'urbanisation de la commune d'Ain Taya de 1985 à 2020 afin de vérifier la valorisation de la loi littorale 02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral. Pour cela, nous avons utilisés trois techniques : une classification supervisée (84% de précision), des indices spectraux (80% de précision) et la méthode d'extraction automatique d'objets. Dans les quatre dernières décennies, la commune côtière d'Ain Taya a subi une importante anthropisation (artificialisation de 44% de sa superficie) qui perturbe ses équilibres environnementaux et morphodynamiques. Ceci prouve la nécessité d'aller très vite vers une gestion intégrée de cette zone côtière pour éviter les conflits d'usage entre les différents secteurs (économiques, industriels, touristique, etc.) afin de garantir un développement durable de cette zone.

**Mots clés :** Urbanisation, artificialisation, Classification supervisée, Indices spectraux, SIG.

## Abstract

In this work, we integrated the GIS and remote sensing techniques for the mapping and the quantification of the urbanization of the municipality of Ain Taya, from 1985 to 2020, in order to verify the valorization of the coastal law 02-02 on the protection and the development of the coastline. we used three different techniques: a supervised classification (precision of 84%), spectral indices (precision of 84%) and an automatic Feature Extraction. In the last four decades, the coastal municipality of Ain Taya has undergone a significant anthropization (artificialization of 44% of its area) that is disturbing its environmental and morpho-dynamic balances. To preserve this area, it is necessary to establish an integrated management of this coastal zone to avoid conflicts of use between the different sectors (economy, industry, tourism, etc.) in order ensure a sustainable development of Ain Taya.

**Key words:** Urbanization, Artificialization, Supervised classification, Spectral indices, GIS.

## الملخص

في هذا العمل، أدمجنا تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد من أجل رسم الخرائط والقياس الكمي للتحضر في بلدية عين طاية من عام 1985 حتى عام 2020 للتحقق من تطبيق قانون الساحل 02-02 المتعلق بحماية وتطوير الخط الساحلي. لهذا، استخدمنا ثلاث تقنيات: الإشراف على التصنيف، المؤشرات الطيفية والاستخراج التلقائي للأجسام. في العقود الأربعة الماضية، خضعت البلدية الساحلية عين طاية لإرتفاع في التحضر إلى نسبة 44% زرع توازنها البيئية والمورفوديناميكية. هذا يدفعنا إلى التحرك بسرعة كبيرة نحو إدارة متكاملة لهذه المنطقة الساحلية لتجنب تضارب الاستخدام بين مختلف القطاعات (الاقتصادية والصناعية والسياحية) وذلك بتطبيق تنمية مستدامة.

**الكلمات الرئيسية:** التحضر، التصنيف المشرف، المؤشرات الطيفية، نظم المعلومات الجغرافية.