

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 en Sciences de la Mer

Option: Ingénierie de l'Environnement Marin et Côtier

Thème :

Empreinte écologique de l'urbanisation au  
niveau des villes côtières algériennes : Cas de la  
wilaya d'Alger, Tipaza et Tlemcen

Présenté par :

**Djegham Abderrazak**

**Grinia Abdelrahman**

Soutenu le 24/09/2022 devant le jury suivant :

M <sup>me</sup> SOUKANE Dahbia	Maître de Conférence B – ENSSMAL	Présidente
M. GRIMES Samir	Professeur	Promoteur
M <sup>me</sup> AKROUR Sonia	Doctorante – ENSSMAL	Co-promotrice
M <sup>me</sup> GHAZI Malika	Maître de Conférence A – ENSSMAL	Examinatrice
M <sup>me</sup> Kaidi-Boudjallel Nawel	Maître Assistante A – ENSSMAL	Examinatrice

**Promotion : 2021-2022**

## Remercîment

Tout d'abord, nous commençons par remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la force et la patience d'accomplir cette modes de contribution l'empreinte écologique en Algérie.

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

Nous tenons également à remercier notre Co-promotrice M<sup>me</sup> Sonia Akrou, pour avoir accepté de codiriger ce travail. Nous vous sommes profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour nous, de votre patience et votre soutien surtout votre gentillesse au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons également nos remerciements à M<sup>me</sup> SOUKAN Dahbia, pour avoir accepté et présider le jury

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre gratitude à M<sup>me</sup>. GHAZI Malika, et M<sup>me</sup> Kaidi-Boudjallel Nawel pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Un grand merci à nos collègues et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, même avec un mot gentil ou une prière.

## RÉSUMÉ

L’empreinte écologique est un outil de comptabilité environnementale qui évalue la pression des activités humaines exercée sur les ressources naturelles. Le présent travail consiste à appliquer cet indicateur environnemental à une échelle réduite à savoir l’échelle de l’urbanisation tenant compte de la consommation de la matière, de l’usage de l’énergie et de l’occupation du sol.

Ce travail présente une analyse de l’empreinte écologique de l’urbanisation au niveau de trois wilayas côtières Algériens (Alger, Tipaza et Tlemcen), afin d’avoir une appréciation de l’impact associé à l’activité de construction et de quantifier l’étendue de la surface nécessaire (surface de la forêt nécessaire pour la séquestration de dioxyde de carbone) à amortir cet impact.

L’objectif se décline sur plusieurs sections : une analyse du métabolisme urbain associé à une analyse de cycle de vie de certains produits, et un calcul de l’empreinte écologique équivalente. Cette mesure est également avec la biocapacité de chaque wilaya.

Cette étude a démontré que l’empreinte écologique est tout d’abord un outil informatif, permettant d’avoir un premier diagnostic qui pourrait orienter l’élaboration de politique de gestion des activités tel que l’urbanisation. Cependant, il doit être construit sur des données précises et étayées par des analyses plus poussées.

### **Mots clés**

Empreinte écologique - Biocapacité – Analyse du Métabolisme Urbain – Analyse de Cycle de Vie – Gaz à Effet de Serre - Alger - Tipaza - Tlemcen.

## **ABSTRACT**

The ecological footprint is an environmental accounting tool that assesses the strain of human activities on natural resources. The present work applies this indicator on a small scale, namely the scale of urbanization, considering material consumption, energy, and land use.

This work considers three Algerian coastal wilayas (Algiers, Tipaza, and Tlemcen), aiming to estimate the impact associated with the construction activity and quantify the extent of the required surface to mitigate this impact.

the objective is reflected in several sections: an urban metabolism analysis, a life cycle analysis of specific products, and a calculation of the equivalent ecological footprint. This measure is also compared to the biocapacity of each wilaya.

This study has shown that the ecological footprint is primarily an informative tool, providing an overview that could guide the policy development of activities such as urbanization. However, it should be based on accurate data and supported by further analysis.

### **Keywords**

Ecological Footprint - Biocapacity - Urban metabolism – Life Cycle Assessment - Greenhouse gases - Algiers - Tipaza - Tlemcen

## ملخص

البصمة البيئية هي أداة محاسبة بيئية تقيم ضغط الأنشطة البشرية على الموارد الطبيعية. يطبق العمل الحالي هذا المؤشر على نطاق صغير ، أي مقياس التحضر ، مع الأخذ في الاعتبار استهلاك المواد والطاقة واستخدام الأراضي.

يتناول هذا العمل ثلاث ولايات ساحلية جزائرية (الجزائر وتيبازة وتلمسان) ، بهدف تقدير التأثير المرتبط بنشاط البناء وتحديد مدى المساحة المطلوبة للتخفيف من هذا التأثير.

ينعكس الهدف في عدة أقسام: تحليل التمثيل الحضري، وتحليل دورة حياة منتجات معينة، وحساب البصمة البيئية المكافئة. يقارن هذا المقياس أيضًا بالقدرة البيولوجية لكل ولاية. أظهرت هذه الدراسة أن البصمة البيئية هي في الأساس أداة إعلامية توفر نظرة عامة يمكن أن توجه تطوير سياسة الأنشطة مثل التحضر. ومع ذلك ، يجب أن تستند إلى بيانات دقيقة ومدعومة بمزيد من التحليل.

البصمة البيئية - القدرة الحيوية - التمثيل الغذائي الحضري - تقييم دورة الحياة - غازات الاحتباس الحراري - الجزائر العاصمة - تيبازة - تلمسان

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS</b> .....	3
1. Indicateur du développement durable.....	4
2. L'Empreinte écologique .....	5
2.1 Définition .....	5
2.2 Modèle de calcul .....	6
2.3 Principes du calcul de l'EF .....	9
2.4 Méthode du calcul de l'EF basé sur l'approche par composantes .....	11
<b>CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....	13
1. Description de la zone d'étude .....	14
1.1 Choix de la zone d'étude .....	14
1.2 La wilaya d'Alger .....	14
1.3 La wilaya de Tipaza .....	15
1.2 La wilaya de Tlemcen .....	20
<b>CHAPITRE III.MÉTHODOLOGIE</b> .....	23
1. Analyse de métabolisme urbain.....	24
2. Acquisition de données.....	24
2.1 Matière .....	24
2.2 Energie .....	25
2.3 Surface bâti .....	25
2.4 Les facteurs de conversion.....	26
3. Calcul.....	27
<b>CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION</b> .....	30
A. Métabolisme urbain .....	31
A.1 Matière .....	31
A.2 Energie .....	34
A.3 Surfaces bâties.....	37
B. Empreinte écologique .....	47
B.1 Les terres énergétiques .....	47
B.2 Le terrain bâti .....	48

D. Comparaison entre wilayas .....	49
<b>Conclusion</b> .....	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	54
Annexe 01. Calcule le poids des matériaux .....	59
Annexe 02. Travaux sur GEMIS .....	60
Annexe 03. Calcule la surface urbanisée .....	63
Annexe 04. Travaux sur plateforme ArcGIS .....	64

## Liste des figures

Figure 1. Les types de terres associées au calcul de l’empreinte écologique.....	6
Figure 2. Schéma du calcul de l’empreinte écologique et de la biocapacité.....	10
Figure 3. Carte de la localisation géographique de la wilaya d'Alger.....	14
Figure 4. Carte de la localisation géographique de la wilaya Tipaza.....	17
Figure 5. Carte de la localisation géographique de la wilaya de Tlemcen.....	20
Figure 6. Estimation de la Surface urbanisée des wilayas entre 2000 et 2019 (deuxième méthode).....	39
Figure 7. Carte d'occupation du sol de la wilaya d'Alger en 2019.....	40
Figure 8. Carte d'occupation du sol de la wilaya d'Alger en 2000.....	41
Figure 9. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tipaza en 2019.....	42
Figure 10. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tipaza en 2000.....	43
Figure 11. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tlemcen en 2019.....	44
Figure 12. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tlemcen en 2000.....	45
Figure 13. Proportion de l'empreinte écologique par wilaya.....	49
Figure 14. Illustration du téléchargement des images satellitaires.....	64
Figure 15. La méthodologie de la production de la carte d'occupation du sol.....	66
Figure 16. La combinaison des bandes.....	67
Figure 17. Regroupement des bandes étape 1.....	67
Figure 18. Regroupement des bandes étape 2.....	68
Figure 19. Regroupement des bandes étape 3.....	68
Figure 20. Regroupement des bandes étape 4.....	69
Figure 21. Découpage de la zone d'étude.....	69
Figure 22. Image découpée de la zone d'étude.....	70
Figure 23. Création des catégories d'intérêt.....	71
Figure 24. Production de la carte d'occupation du sol par la méthode de la classification supervisée.....	72
Figure 25. Repérage des classes spectrales de l'image automatiquement.....	73
Figure 26. Production de la carte d'occupation du sol par la méthode de la classification non supervisée.....	73
Figure 27. La conversion des classes du mode raster en mode vecteur.....	74
Figure 28. Habillage de carte d'occupation à partir de l'image Landsat.....	75

Figure 29. Illustration de la Création d'une nouvelle colonne dans la table des attributs .....	75
Figure 30. Calcule de la surface par classe .....	76

## Liste des Tableaux

Tableau 1. Avantages et inconvénients des deux approches de l'EF (RPA, DEFRA., 2005) ...	7
Tableau 2. Nombre total de logements par programme d'habitations par wilaya .....	31
Tableau 3. Estimation des matériaux de construction pour un logement par type d'habitations .....	32
Tableau 4. Estimation des matériaux de construction des wilayas par type d'habitation .....	33
Tableau 5. Émissions de CO <sub>2</sub> résultant de l'énergie intrinsèque par wilaya .....	35
Tableau 6. Émissions de CO <sub>2</sub> résultant de l'énergie opérationnelle par wilaya .....	36
Tableau 7. Consommation de gaz naturel issu des ressources fossiles et les émissions de CO <sub>2</sub> par wilaya. ....	37
Tableau 8. Estimation de la Surface urbanisée des wilayas par type d'habitation entre 2000 et 2019 (première méthode) .....	38
Tableau 9. Estimation de la Surface urbanisée des wilayas entre 2000 et 2019 (deuxième méthode).....	47
Tableau 10. Empreinte écologique de l'énergie par wilaya .....	48
Tableau 11. Empreinte écologique du bâti par wilaya .....	48
Tableau 12. Estimations de l'EF et l'EF par personne par wilaya .....	49
Tableau 13. Calcul du poids des matériaux (Brique) pour AADL.. <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Tableau 14. Calcul du poids des matériaux (Acier et Béton) pour AADL .....	59
Tableau 15. Calcul du poids des matériaux (Brique) pour auto-construction.....	59
Tableau 16. Calcul du poids des matériaux (Acier et Béton) pour auto-construction .....	59
Tableau 17. Calcul du poids des matériaux (Brique) pour LPP-LPA-OPGI .....	60
Tableau 18. Calcul du poids des matériaux (Acier et Béton) pour LPP-LPA-OPGI.....	60
Tableau 19. Facteurs d'émission pour une tonne de logement par type d'habitation.....	62
Tableau 20. Facteur d'émission d'électricité et gaz naturel .....	62
Tableau 21. Calcul de la surface urbaine de la wilaya d'Alger.....	63
Tableau 22. Calcul de la surface urbaine de la wilaya de Tipaza .....	63
Tableau 23. Calcul de la surface urbaine de la wilaya de Tlemcen .....	63

## Liste des équations

Equation I. Equation de calcul de l'empreinte carbone .....	27
Equation II. Equation de calcul de l'empreinte carbone.....	28
Equation III. Equation de calcul de l'EF des terrains bâtis.....	28
Equation IV.. Equation de calcul de la BC .....	29

## Liste des abréviations

**EF** : Ecological Footprint (Empreinte Ecologique)

**PNUE** : Programme des Nation unies pour L'environnement

**PAM** : Programme Alimentaire Mondial

**ACV** : Analyse de Cycle de Vie

**ENSL** : École Normale Supérieure de Lyon

**BFF**: Best Food Forward

**GFN**: Global Footprint Network

**gha** : Global hectares (Hectares globaux)

**ISO** : Organisation Internationale de Normalisation

**YF** : Yield facteur (Facteurs de Rendement)

**EQF** : Equivalence Facteur (Facteurs d'Equivalence)

**BC** : Biocapacité

**DGF** : Direction Générale des Forets

**ONS** : Office National des Statistiques

**SAU** : Superficie Agricole Utile

**ZET** : Zones d'Expansion Touristique

**DPRH** : Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques

**GES** : Gaz à Effet de Serre

**GEMIS**: Global Emission Model for Integrated Systems

## INTRODUCTION

L'urbanisation est un mouvement historique de transformation des formes de société qui peut se définir comme une augmentation de la population d'une ville par rapport à l'ensemble de la population. C'est donc le processus de développement des villes et la concentration de la population dans celles-ci (ENSL, 2017). Le processus d'urbanisation spatio-temporel se déroule différemment selon les pays et les villes autour du monde.

L'urbanisation peut se faire autour de villes déjà existantes, généralement dans des territoires jugés attrayants ou pour des raisons culturelles et historiques (capitales) ou religieuses (ex: La Mecque, Lourdes), ou sur des zones commercialement, industriellement ou militairement stratégiques (ex: bases militaires). Certaines villes champignons sont nées autour de ports et d'industries positionnés autour de ressources minérales, énergétiques ou humaines (main-d'œuvre bien formée et/ou bon marché) (Paulet, 2009).

L'urbanisation présente un caractère exponentiel (nettement avéré depuis les années 1800) qui semble être vécu comme une fatalité par la plupart des gouvernements et aménageurs.

En 2007, le taux d'urbanisation mondial dépasse les 50 % (Colin, 2009).

La zone côtière méditerranéenne est parmi les plus urbanisées au monde, avec un taux d'urbanisation d'environ 66 % (PNUE / PAM, 2012).

Aujourd'hui, plus de la moitié de la population algérienne vit le long de la côte algérienne sur 12% de la superficie totale du pays et environ la moitié de la population est urbaine, l'urbanisation continue de s'étendre malgré les efforts du gouvernement pour essayer de réduire la saturation dans les villes côtières. Alger est, spécifiquement, l'une des plus peuplées (PNUE, 2005), et subit une pression humaine particulièrement élevée (Haffad, 2004), avec une population de plus de trois millions d'habitants selon l'Office algérien des statistiques (Berrah, 2015). C'est le cœur de l'économie et des affaires en Algérie.

De même, la wilaya de Tipaza a connu une forte urbanisation ces dernières décennies, car c'est un pôle démographique du littoral. L'expansion des centres urbains de la wilaya de Tipaza a entraîné une importante consommation d'espace (occupation du sol) (Touat, 2016). Finalement, la wilaya de Tlemcen présente le même cas que les autres wilayas côtières algériennes. En effet, la wilaya de Tlemcen a connu un grand développement spatial et une urbanisation dans les périphéries au cours des trois dernières décennies. L'étalement urbain a également acquis des centres ruraux et certains sites vierges autour de la métropole. L'agglomération de Tlemcen connaît une croissance spatiale importante. Il s'agit du

développement des noyaux anciens et de la création de nouveaux sites d'urbanisation, qui se greffent aux habitants des centres-villes et des centres ruraux (Nihel, 2016).

Les trois wilayas d'étude (Alger, Tipaza, Tlemcen) choisis dans ce mémoire, en fonction de la pression démographique exercé, car la wilaya d'Alger est spécifiquement, l'une des plus peuplées (PNUE, 2005), les wilayas de Tipaza et de Tlemcen sont des wilayas de référence qui ont des échelles de recherche différentes et divers pourcentages d'urbanisation.

Depuis 1987, la durabilité est devenue la stratégie de développement des pays du monde entier (Zijp et al., 2015), quantifier la durabilité et la transformer en un modèle opérationnel est vital pour la gestion.

Le concept d'empreinte écologique (EF) quantifie la durabilité pour déterminer la survie humaine dans le cadre de la capacité de l'écosystème. L'EF s'est avérée être une bonne approche pour mesurer l'impact et la capacité écologique.

Dans ce contexte, notre objectif principal est essai d'analyse de la durabilité de l'urbanisation au niveau des wilayas côtières. Cet objectif se décline sur plusieurs sections ;

- Analyse de métabolisme urbain.
- Calcul de l'Empreinte Écologique des trois wilayas étudiées.
- Comparaison entre les wilayas étudiées.

En conclusion ce travail communique la contribution de l'outil de l'EF dans l'évaluation de la pression exercée par l'activité humaine sur l'environnement.

---

# CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

---

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

### 1. Indicateur du développement durable

Les indicateurs du développement durable sont des outils qui permettent de réaliser un état des lieux régulier, de même l'empreinte écologique (EF) est utilisée comme indicateur d'analyse de la durabilité d'une communauté, d'un mode de consommation ou d'une activité (ARE, 2003).

Dans la définition d'indicateurs centraux à l'échelle des villes, les caractéristiques de ces indicateurs sont basées sur :

- La représentativité et de la pertinence.
- Et sur la nécessité d'être quantifiables.
- Compréhensibles et facilement communicables (ARE, 2003).

Par ailleurs, d'après la Banque Mondiale, les caractéristiques d'un indicateur sont les suivants (Theys, 1996) :

- Développer dans un cadre conceptuel faisant l'objet d'un consensus.
- Être clairement définis et faciles à comprendre.
- Possible d'agréger.
- Être objectifs (indépendants de celui qui collecte les données).
- Privilégier les données existantes ou mobilisables à un faible coût.
- Pouvoir être approprié par les utilisateurs.
- Limités en nombre.
- Porter à la fois sur les intrants (inputs), les processus, les résultats (outputs) et les impacts.

L'Empreinte écologique EF mesure la durabilité, car ce paramètre quantifie l'extraction et l'appropriation des ressources naturelles selon une période donnée (Barrett et Scott, 2001). En effet, le ratio de l'EF et la surface biologique disponible a été utilisé dans de nombreuses études pour refléter la durabilité, ce rapport a également été utilisé pour mesurer la vulnérabilité ( $\text{Vulnérabilité} = 1 - \frac{\text{l'Empreinte Écologique}}{\text{Biocapacité}}$ ) (Priceputu, 2006). L'EF contribue également à la prise de décision (Wackernagel et Rees, 1999).

L'EF n'a pas atteint une popularité substantielle dans les villes du sud de la Méditerranée telles qu'Alger et Tipaza. De plus, son utilisation est fréquemment liée à la notion d'empreinte carbone liée aux émissions de GES et. L'Algérie n'a été considérée qu'aux côtés d'un groupe de pays (villes méditerranéennes) pour l'analyse de l'EE régionale.

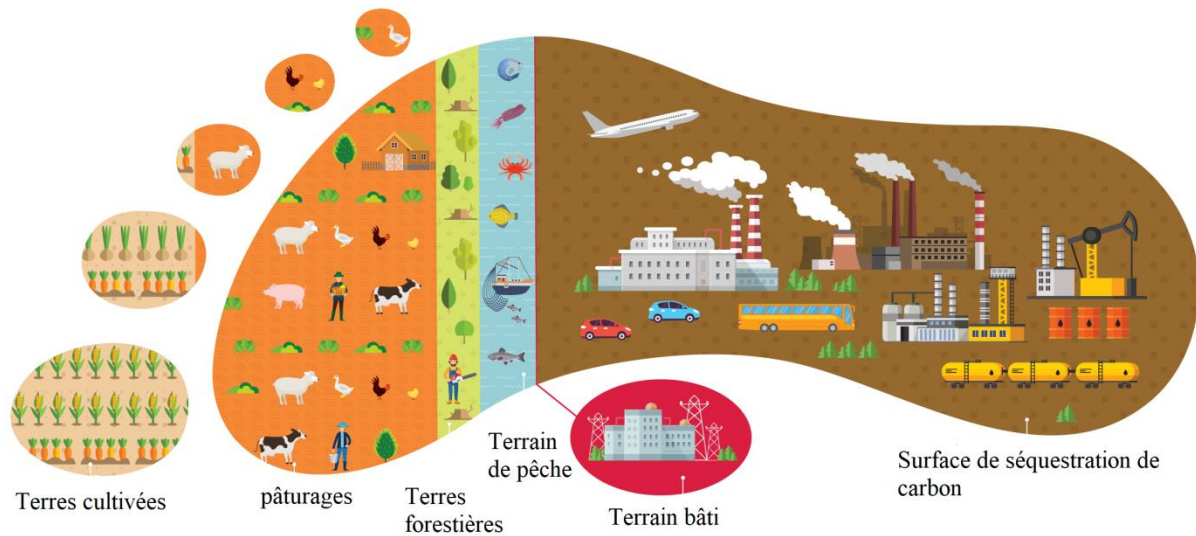
### 2. L'Empreinte écologique

#### 2.1 Définition

L'empreinte écologique (EF) est définie comme un outil quantifiant l'usage de la ressource naturelle et des services écologiques par l'Homme. Cette mesure considère l'ensemble des surfaces terrestres et aquatiques nécessaires pour produire les ressources dont une population donnée a besoin et absorber les déchets que son activité génère (Wackernagel et Rees, 2001). Cet indicateur a été développé par William Rees (1992), et perfectionné par Wackernagel (1996) dans l'objectif de répondre à la question « *De combien de ressources nous avons besoin pour notre développement* ». Étant donné que le calcul se base sur des étendues (surface), la mesure finale est donnée en hectares globaux (gha). Le calcul de l'EF peut être appliqué à l'échelle d'un produit, d'une ville, d'une région, d'un pays ou à l'échelle mondiale (GFN, 2015).

L'EF considère six types de terres dites « Bioproductives ». Ce sont les surfaces communes utilisées pour produire les ressources et éliminer les déchets. Ces surfaces sont les suivantes;

- Terres cultivées: aliments et autres produits à base de plantes.
- Terrains de pâturage: aliments à base d'animaux et autres produits animaux.
- Surface de pêche: les produits alimentaires à base de produits halieutiques.
- Terres forestières: bois de construction et les produits forestiers.
- Surface d'absorption de carbone: l'absorption des émissions de dioxyde de carbone (forêts).
- Terrain bâti, surfaces artificialisées (NFA, 2016).



**Figure 1.** Les types de terres associées au calcul de l'empreinte écologique (Grunewald et al., 2015)

### 2.2 Modèle de calcul

Le principe de calcul de l'EF se résume à une conversion des flux de matériaux consommés par une population en unité de surface équivalente donnée en hectare global. Il existe deux approches d'analyse de l'EF, à savoir, l'approche «Top-down» dite descendante, développée par le réseau mondial de l'EF (Global Footprint Network) et l'approche « Bottom-up » dite ascendante développée par Simon et al. (2000).

L'approche « top-down » ou approche de composés utilise les données générales à grande échelle c'est-à-dire les échelles régionale et nationale concernant la consommation totale d'un produit donné sans détails sur la consommation à l'échelle locale ou individuelle. Les données utilisées sont des statistiques nationales, ces données sont supposées conduire à des résultats plus fiables, mais générales (Wackernagel et Rees, 1996).

L'approche « Bottom-up » ou approche par composantes identifie d'abord les flux de matière et d'énergie consommés par une population donnée (ou une communauté). Cette approche se base sur les données obtenues à partir des analyses de cycle de vie de chaque produit consommé et chaque procédé lié à la consommation (Simon, 2000; Wackernagel et al., 2005). Les différentes EF des composants sont agrégées et converties en un indice final.

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

**Tableau 1.** Avantages et inconvénients des deux approches de l'EF (RPA, DEFRA., 2005)

	<b>Approche agrégée</b>	<b>Approche par composants</b>
<b>Avantages</b>	Données plus complètes, généralement fournies par sources internationales reconnues (FAO, Banque Mondiale)	Peut être utilisée pour l'analyse au niveau subnational et autre organisations
	Facilement reproductible annuellement	
	EF comparables entre pays	
<b>Inconvénients</b>	L'exactitude des sources de données affecte la fiabilité des calculs	La comparaison est complexe
	Les résultats ne sont pas directement utilisables au-delà des limites de l'analyse comparative (ex. à travers le temps ou entre pays)	Les données provenant de plusieurs sources, des données de consommation risquent de ne pas être prises en compte ou risque de double comptage
	Le point d'impact de l'utilisation de la ressource n'est pas mis en évidence	Difficulté dans la reproduction des résultats à cause des variations de la méthodologie et de la disponibilité des données dans chaque région ou pays

La méthode de calcul de l'EF a connu de nombreuses modifications dans le but de raffiner les calculs et de fiabiliser les résultats, la version de 2005 issue en partie des apports de l'édition 2004 du rapport du fond mondial pour la nature WWF (Loh et Wackernagel, 2004), propose des calculs plus consistants et détaillés (Wackernagel et al., 2005). Néanmoins, des standards

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

ont été établis pour pouvoir comparer entre elles les différentes études réalisées au cours des années. Ces standards correspondent aux comptes nationaux de l'EF données par pays (WWF, 2006).

### 2.2.1 Choix de la méthode (approche par composante)

Si les comptes nationaux fournis par le GFN décrivent de manière globale le mode de consommation des pays, les analyses basées sur des échelles plus réduites permettent d'affiner l'évaluation de ces modes de consommation.

Pour un pays donné, en plus d'une évaluation de son EF nationale, il est possible par la méthode ascendante d'estimer les empreintes des différentes régions du pays, ou des activités industrielles et économiques de chaque région. Ceci apporte une évaluation additionnelle des sources d'impact sur l'environnement. En effet, cet indicateur pourrait permettre à une organisation, un pays, ou une population de ;

- Suivre l'évolution durant années de la pression exercée par un site donné sur le capital naturel et de mesurer ainsi l'efficacité des investissements qui y sont effectués au titre de la protection de l'environnement (Wiedmnn, 2007).
- Identifier, pour un produit ou une activité donnée, la répartition des différentes pressions exercées sur le capital naturel.
- Identifier des pistes de diminution des consommations d'énergie, d'eau, et d'autres.
- Comparer la pression induite par son activité à celle de ses principaux concurrents dans la mesure où ceux-ci estiment également leur empreinte écologique sur la base de la même méthode.
- Cibler les pressions environnementales exercées sur les ressources naturelles par une activité ou un produit.

Pour calculer l'empreinte à un niveau réduit (ville), la méthode descendante ne permet pas de mesurer les empreintes des activités, car la consommation des entités étudiées est très différente de la moyenne nationale. Ainsi, la méthode « par composants » peut être appliquée dans ce cas, car elle est généralement proche de l'approche d'analyse de cycle de vie, donc plus adaptée aux calculs d'empreinte au niveau d'une organisation ou entreprise ou d'une activité individuelle. En effet cette méthode peut s'appliquer dans le cas de cette étude dont l'objectif est d'estimer l'EF de l'urbanisation, donc les matériaux de construction et l'énergie associée à cette activité. Cependant, ce niveau d'action prend en compte seulement l'aspect l'EF local.

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

Des analyses comme l'ACV et d'autres approches de production de données sont intégrées à l'estimation de l'EF, dont le calcul nécessite un nombre important de données, notamment à faible échelle.

### 2.2.1.1 Analyse de cycle de vie (ACV)

Selon l'ISO 14040 et ISO 14044, le cycle de vie d'un système de produits est l'ensemble des phases consécutives comprenant l'acquisition des matières premières ou la génération des ressources naturelles jusqu'à l'élimination (ISO, 2006).

L'analyse du cycle de vie consiste en une analyse complète des impacts environnementaux d'un système qui comprend toutes les activités associées à un produit ou un service, de l'extraction des matières premières au traitement final des déchets. (Rousseaux, 1993; Grisel, 2004). Cette approche quantifie les flux entrants et sortants de matières et d'énergie à chaque étape du cycle de vie.

L'usage des ACV est donc fréquent, notamment dans l'industrie pour prendre en considération la composante environnementale (Lenzen, 2001).

L'ACV est constitué de quatre étapes principales ;

- Définition des objectifs et champs de l'étude (limites de l'étude).
- Analyse d'inventaire.
- Evaluation des impacts.
- Interprétation des résultats.

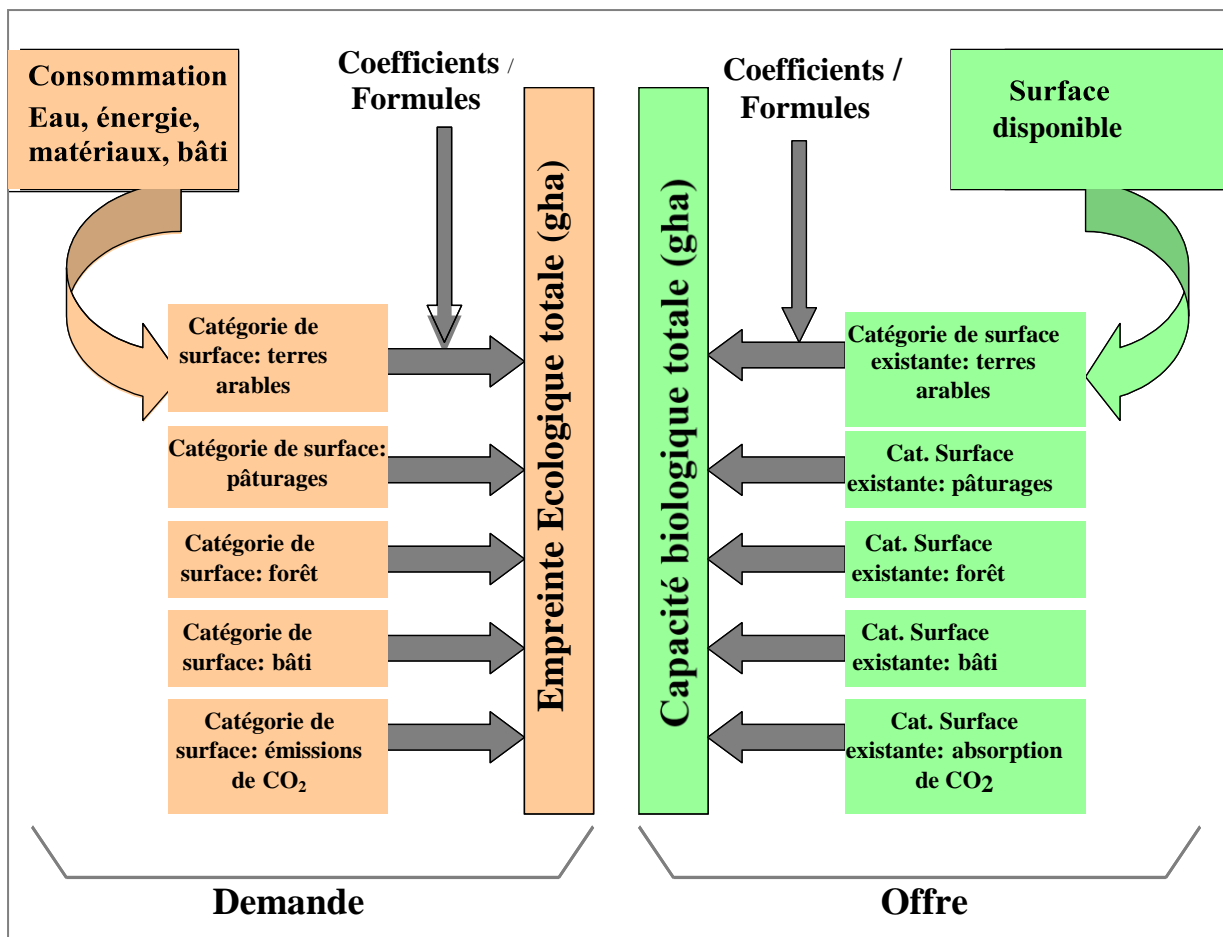
Dans le cas du présent travail, l'utilisation de l'ACV est indispensable pour estimer l'énergie intrinsèque consommée lors de la fabrication des matériaux de construction (béton, acier, briques), car les chiffres décrivant cette énergie ne sont pas disponibles.

## 2.3 Principes du calcul de l'EF

De façon générale, l'analyse de l'EF comprend à la fois les surfaces bioproductives (approvisionnement écologique) et la demande en nature par l'homme.

**Biocapacité (BC) :** C'est la capacité des milieux naturels à créer des conditions globales favorables au développement de l'activité humaine (GFN, 2009). Le principe de calcul de l'EF et de la BC est schématisé sur la figure 2 suivante.

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS



**Figure 2.** Schéma de calcul de l'empreinte écologique et de la biocapacité

Une zone donnée est associée à une surface disponible et une population qui consomme une certaine quantité de ressources. Ces ressources proviennent de différents types de sol. La consommation étudiée peut donc être exprimée en quantités de chaque type de sol à l'aide des facteurs de conversion (Wackernagel et al., 2005).

Les facteurs de conversion sont de deux types, facteurs de rendement YF et facteurs d'équivalence EQF. Ces facteurs permettent de convertir l'étendue d'une surface locale (hectares physiques) à une surface de production mondiale (hectares globaux). Dans le cas de cette étude c'est l'estimation d'hectares globaux équivalant à un hectare local au niveau des wilayas d'études.

L'addition des surfaces de consommation donnera la valeur d'EF totale. Si la surface de consommation (EF) est supérieure à la surface biologique disponible (BC totale) la résultante est un déficit écologique, c'est-à-dire que d'EF (demande) dépasse la BC (Offre). Ce déficit écologique est exprimé par l'équation suivant (Wackernagel et al., 2005).

$$\text{Déficit écologique (gha)} = \text{Empreinte Ecologique (gha)} - \text{Biocapacité (gha)}$$

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

**Hectare global (gha)** : unité de mesure de l'EF, c'est un hectare physique ajusté en fonction de la productivité biologique moyenne mondiale (GFN, 2009).

### 2.4 Méthode du calcul de l'EF basé sur l'approche par composantes

L'estimation de l'EF par la méthode par composantes se base sur des données quantitatives annuelles issues de l'inventaire direct des consommations effectuées dans la zone étudiés en terme de masse [kg ou t/an] ou volume [m<sup>3</sup>/an] pour la matière, de [kWh ou GJ /an] pour l'énergie, et [ha ou km<sup>2</sup>] pour les sols urbanisés.

Ces valeurs sont converties en surface de sols productifs, exprimée en hectares par an, au moyen d'un facteur de conversion (Rendement moyen national), qui s'exprime quant à lui en m<sup>2</sup> ou en ha par unité de masse, de volume ou d'énergie, et qui est spécifique à chaque catégorie de consommation et de sol (Wackernagel et al., 2005). Cette grandeur est ensuite ajustée à l'aide de facteurs de rendement (YF) et de facteurs d'équivalence (EQF), pour fournir une moyenne globale pour la zone à l'échelle mondiale.

#### 2.4.1 Spécificité de calcul liée au modèle par composante

L'approche par composantes repose sur de simples calculs matriciels mais nécessite de nombreuses données d'entrées pour définir les facteurs de conversion. Dans le cas de cette étude la quantité de matériaux consommés dans l'urbanisme sont multipliées par des facteurs de conversion, dit facteurs d'émissions obtenus à partir des ACV.

## 3. Les facteurs de conversion

Facteur permettant de convertir les données de consommation ou de rejet en surface simple de sols productifs, appropriée par un système pour créer les ressources consommées ou assimiler les déchets générés (GFN, 2009). Ils sont définis comme suite ;

### 3.1 Facteur de rendement YF

Ces facteurs traduisent l'écart pour chaque catégorie surfaces bioproductives, entre la productivité locale et la productivité moyenne mondiale. Ils sont spécifiques à chaque pays et représentent un ratio entre la superficie exploitée par un pays pour produire les biens du type de sol considéré (par exemple le bois à partir des forêts) et la superficie qui serait requise pour

## CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS

produire les mêmes biens à partir de terres présentant un rendement moyen mondial (Wackernagel et al., 2005).

### 3.2 Facteur d'équivalence EQF

Pour des buts de comparaison entre les différentes surfaces bioproductives, notamment à l'échelle mondiale (comparaison entre les pays). Les catégories de l'EF et la BC doivent être exprimées dans la même unité (hectares globaux) pour pouvoir être sommées entre elles, pour ce faire, elles sont pondérées selon leur productivité (Wackernagel et al., 2005).

Le facteur d'équivalence exprime le rapport entre la productivité nationale moyenne d'une catégorie de sols bioproductifs donnée, et la productivité mondiale moyenne. Il s'exprime en hectare global par hectare mondiale ou national (ham, han) hag/ha. Les facteurs d'équivalence sont constants pour tous les pays pour une année (Bouazzaoui, 2008).

---

## **CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

---

### 1. Description de la zone d'étude

#### 1.1 Choix de la zone d'étude

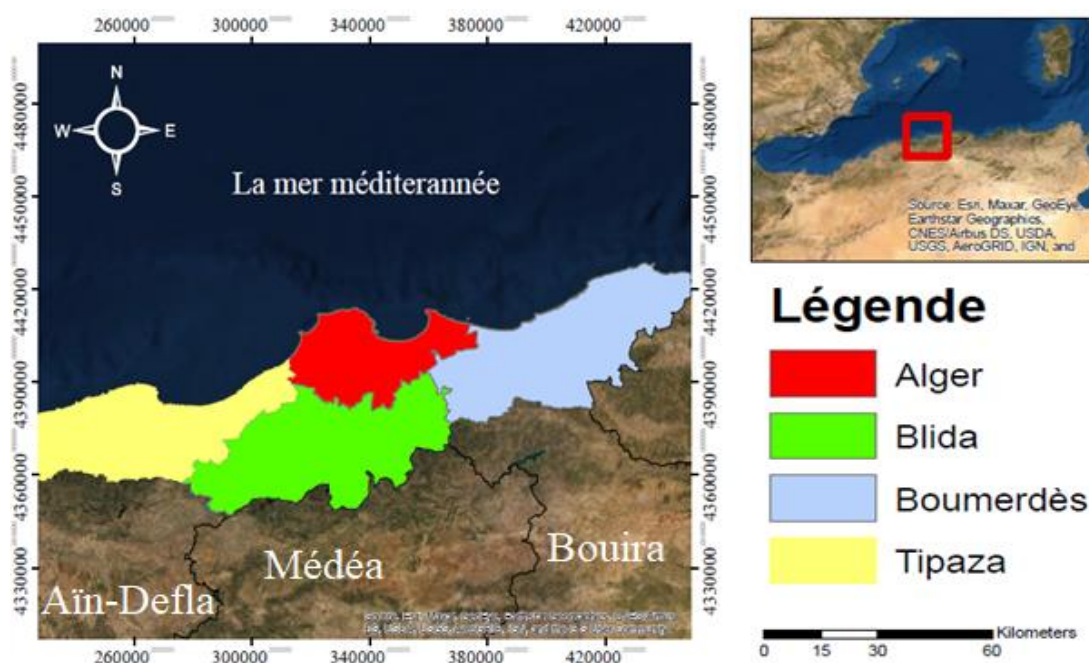
Notre étude a été menée au niveau des wilayas côtières algériennes, à savoir Alger, Tipaza et Tlemcen. Cette zone a été choisie pour comparer l'activité de chaque wilaya et pour faire ressortir l'impact de cette activité sur le capital naturel. La wilaya d'Alger, est l'une des villes qui a un plus grand nombre d'habitants (PNUE, 2005). Tipaza est une wilaya de référence en matière de capital naturel et Tlemcen est une wilaya en transition.

#### Les wilayas considérées par l'étude

#### 1.2 La wilaya d'Alger

##### 1.2.1 Localisation géographique

La wilaya est située sur le littoral Nord-centre du pays et dispose d'une façade maritime de 80 km. La wilaya s'étale sur une superficie de 809.22 km<sup>2</sup>. Latitude : 36° 45'0" N et Longitude: 3° 10' 0" E, Elle est limitée par: La mer Méditerranée au Nord ; La wilaya de Blida au Sud; La wilaya de Tipaza à l'Ouest et La wilaya de Boumerdès à l'Est.



**Figure 3.** Carte de la localisation géographique de la wilaya d'Alger

## **CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

### **1.2.2 Activité Socioéconomique**

#### **1.2.2.1 Agriculture**

La wilaya d'Alger couvre une superficie agricole de 32 526 ha, les principales productions végétales sont le blé dur, le blé tendre, l'orge, la tomate industrielle, le maraîchage, les agrumes, les fruits et les oliviers. La superficie totale des céréales est de 1 129.75 ha, alors que la superficie totale de l'arboriculture est de 11 541 ha (Monographie/Alger, 2019).

#### **1.2.2.2 Foresterie**

La superficie de forêts couvre une superficie faible du territoire de la wilaya estimé à 6%. La surface forestière à Alger s'étend sur 5000 ha ayant bénéficiée de plusieurs programmes de reboisement, tel que la plantation de 80 000 arbres depuis février 2012. De plus, en mars 2013, la direction générale des forêts(DGF) a organisé une opération de plantation de 1 200 arbres à Bouchaoui (Alger-Ouest), tandis que le groupe SONATRAC a organisé une opération de plantation de 1 000 arbres à MaktaaKheira à Mahelma (Alger Sud) (DGF, 2019).

#### **1.2.2.3 Pêche**

Le secteur de la pêche maritime offre de grandes possibilités d'investissement privé dans le domaine de la pêche et de la fabrication d'outils et d'équipements de pêche et de pisciculture, on trouve dans la wilaya d'Alger trois ports chaque port il y a la flottille par type de métier, Alger Port (149 unité), El Djamila(141), Tamentfoust(31) (Monographie/Alger, 2019).

#### **1.2.2.4 Tourisme**

La wilaya d'Alger compte 126 hôtels d'une capacité de 17.740 lits, 2.777 restaurants, une station thermale et une dizaine de monuments classés. La wilaya d'Alger avait 36 plages ouvertes à la baignade. En 2019, elle en avait ouvert 64 autres (Monographie/Alger, 2019).

#### **1.2.2.5 Industries**

Alger est le pôle économique et administratif le plus attractif du territoire. Elle concentre quatre zones industrielles et 26 zones d'activités et le quart des investissements étrangers déclarés dans le pays dispersés sur une Superficie en hectare (1478 ha) (Monographie/Alger, 2019).

- Oued Smar +Extension : dispersés sur une Superficie en hectare 400 ha.
- Rouïba – Reghaïa : dispersés sur une Superficie en hectare 1000 ha.
- Sidi Moussa : dispersés sur une Superficie en hectare 100 ha.

## CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

- El Harrach : dispersés sur une Superficie en hectare 78 ha.

### 1.2.2.6 L'urbanisation

La wilaya d'Alger totalisait de 3.2 millions d'habitants, en 2019 (ONS ,2019). Soit une augmentation de plus 15% en 10 ans la densité de la population s'élève à 3950 habitants par km<sup>2</sup>. La wilaya s'étale sur une superficie de 809.22 km<sup>2</sup>, la superficie urbanisée estime par ArcGIS (2019) 36 539.8 ha.

### 1.2.3 Description du tissus urbain

#### 1.2.3.1 Logement et auto-construction

La wilaya d'Alger compte 646.560 logements soit un taux d'occupation de 5.08 personnes par unité pour une population de 3.1 millions d'habitants selon les statistiques de la wilaya pour 2015 (Monographie, 2019).La wilaya d'Alger est construite par immeuble et maison individuelle par un total 403091unité, maison traditionnelle 31034unité, dont 46097unité consiste précaire (8437). (ONS, 2019).

#### 1.2.3.2 Route

La wilaya d'Alger est accessible par un réseau routier très dense de 1544 km (Monographie/Alger, 2019).Qui se compose de :

- \_ Autoroute un route express par une longueur de 113 km.
- \_ Routes nationales par une longueur de 307 km.
- \_ Chemins de wilaya 308 km, Chemins communaux 816 km.

#### 1.2.3.3 Les ouvrages portuaires et aéroportuaires

La wilaya d'Alger dispose d'un aéroport international (Aéroport international Houari Boumediene). Créé en 1924 dans la commune de Dar El Beïda, il s'agit du plus grand de tous les aéroports algériens. Son flux réel est de plus ou moins 10 millions de passagers par an, les surfaces techniques et commerciales réparties sur 214 588m<sup>2</sup> et parking de 4500 places réparties sur 110 000m<sup>2</sup> en 2019 (AIA ,2019).

Alger dispose également de quatre ports (DPRH, 2022) :

- **Port d'Alger** : premier port commercial du pays, constitué de 37 quais, un Terminal à conteneur d'une capacité de 1 million de boîtes.
- **Port de pêche d'El Djamila** : d'une capacité de 132 unités.

## CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

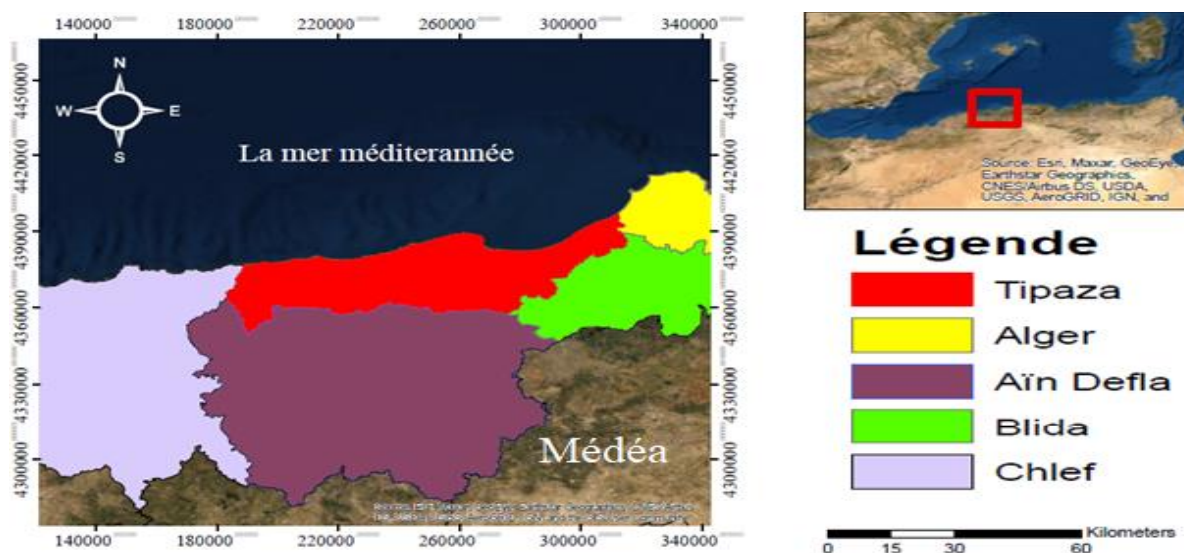
- **Port de Rais Hamidou** : d'une capacité de 07 unités (petites embarcations de pêches).

### 1.3 La wilaya de Tipaza

#### 1.3.1 Localisation géographique

La wilaya de Tipaza fait partie de la région Nord-centre du pays. Son urbanisation évolue rapidement en raison de son attractivité, présentant des atouts touristiques et naturels important la mettant dans une position privilégiée compte tenu de sa proximité à la capitale. La wilaya de Tipaza est limitée géographiquement par la mer Méditerranéenne au Nord, la wilaya de Blida au Sud, la wilaya d'Alger à l'Est, la wilaya de Chlef à l'Ouest, et la wilaya d'Ain Defla au Sud-Ouest.

Elle se trouve à 80 km l'Ouest d'Alger. Elle regroupe une population de 679660 habitants, le territoire de la wilaya de Tipaza couvre une superficie de 1707km<sup>2</sup>. Latitude : 36° 35' 23" N, Longitude : 2° 26' 51" E.



**Figure 4.** Carte de la localisation géographique de la wilaya Tipaza

#### 1.3.2 Activité Socioéconomique

##### 1.3.2.1 Agriculture

Le potentiel pédologique de Tipaza est de 69 957 ha. La superficie irriguée de la wilaya a atteint plus de 16 miles ha en 2019 contre 12 215 ha à la fin 2014, ce qui représente un taux d'irrigation de 40% par rapport à la superficie agricole utile (SAU) (Monographie/Tipaza, 2019). Le territoire est divisé en trois grandes zones agro climatiques :

## CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

- La première étant le sahel qui englobe toute la superficie agricole utilisée (SAU) du littoral dont la vocation est essentiellement Maraîchère.
- La seconde dénommée la plaine de la Mitidja constitue le futur berceau d'une agriculture intensive avec la mise en eau du périmètre irrigué. Ce périmètre couvre une superficie de 14 000 ha. Les cultures principales de cette zone sont les agrumes, l'arboriculture fruitière, la pomme de terre, les fourrages et les céréales. Ce sera aussi le futur bassin laitier de la Mitidja ouest.
- La troisième zone est formée par une zone montagneuse. Elle est constituée par les monts. Elle est particulièrement favorable à l'arboriculture rustique ainsi qu'à l'élevage local bovin et caprin (Monographie/Tipaza, 2019).

### 1.3.2.2 Foresterie

Les forêts et les maquis occupent 23,6 % du territoire de la wilaya de Tipaza. Les forêts sont réparties inégalement à travers la wilaya, environ 27 415 ha sont concentrés dans la région Ouest (Damous, Cherchell, Gouraya, Sidi Amar). L'occupation du sol par essence donne une répartition où le pin d'Alep est le plus répandu avec 56 %, suivi du chêne-vert à 17 %. Quant au chêne liège dont l'aire se situe beaucoup plus du côté Ouest de la wilaya, il occupe 7 % de la superficie forestière totale de la wilaya (Monographie/Tipaza, 2019).

### 1.3.2.3 Pêche

La wilaya de Tipaza possède toute une infrastructure lui permettant de développer les activités liées à la pêche. Au niveau de la côte de Tipaza, la production annuelle en poisson blanc dans les 5 ports de pêche de la wilaya est estimée à 24.0 tonne tandis que la production de poisson bleu est de 691.8 tonnes. La pêche annuelle de squales et d'espadons est de 1.2 tonne. Quant à la pêche de crevettes et de crustacés, la production est de 46.8 tonnes (Monographie/Tipaza, 2019).

### 1.3.2.4 Tourisme

La wilaya de Tipaza se distingue par sa vocation touristique. Elle a un potentiel touristique et un important patrimoine historique. La côte s'étend sur près de 123 Km avec 59 plages dont 43 ouvertes à la baignade, des criques et autres falaises offrant des possibilités touristiques indéniables.

## **CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

Ce secteur est un atout important pour le développement social et économique de l'Etat car une forte affluence y est enregistrée chaque année alors qu'elle a dépassé 240561 de visiteurs en 2019.

En raison d'objectifs de développement, plusieurs programmes ont été lancés à l'étude et portant sur 07 Zones d'Expansion Touristique (ZET) d'une superficie de 630.50 hectares

De plus, la wilaya de Tipaza dispose des infrastructures suivantes (Direction du Tourisme et de l'Artisanat, 2018) :

- 3 complexes touristiques d'une capacité totale de 2 420 lits.
- 4 hôtels privés d'une capacité de 130 lits.
- 3 hôtels classés d'une capacité de 2 420 lits.
- 4 hôtels non classés d'une capacité de 130 lits.

### **1.3.2.5 Industries**

Le parc industriel de la wilaya de Tipaza est constitué de douze zones d'activités, les seize communes restantes ne disposent pas d'une zone d'activités.

La superficie totale des zones d'activités est de 135 hectares répartis sur 686 lots. Néanmoins, la superficie exploitée à ce jour est de 93.73 hectares seulement, le reste du foncier n'a pas été utilisé en raison d'absence d'aménagement au niveau des zones non encore opérationnelles (Monographie/Tipaza, 2019).

### **1.3.2.6 L'urbanisation**

La population totale de wilaya de Tipaza comprend 167 493 logements en 2019, la densité de la population de la Wilaya de Tipaza est 1 233.7 habitants par km<sup>2</sup> (ONS, 2019).

## **1.3.3 Description du tissus urbain**

### **1.3.3.1 Logement et auto-construction**

Le parc immobilier de la wilaya de Tipaza comprenait 167 493 logements à fin 2019, soit une moyenne de 4.2 personnes par logement, et le taux d'occupation le plus important se situe dans la commune de Fouka.

En termes d'auto-construction la wilaya Tipaza dispose de 68040 unités, dont des maisons traditionnelles (15034 unité), construction précaire (8437 unité) (ONS, 2019).

## CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### 1.3.3.2 Route

Le réseau routier de la wilaya de Tipaza compte 1 274 km (Monographie/Tipaza, 2019).dont: 14.4 % de route nationale, 15.5 % chemins de wilaya, 66 % chemins communaux, et de 4.1 % d'autoroute.

### 1.3.3.3 Les ouvrages portuaires et aéroportuaires

La wilaya de Tipaza compte cinq ports (Gouraya, Cherchell, Bou Haroun, Khemisti et Tipaza). Le port de Gouraya, par son aménagement et son extension, est appelé à jouer un rôle moteur dans le développement de la zone Ouest de la wilaya (Monographie/Tipaza, 2019).

## 1.4 La wilaya de Tlemcen

### 1.4.1 Localisation géographique

La wilaya de Tlemcen se localise sur le littoral Nord-ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 120km. C'est une wilaya qui se trouve avec la frontière du Maroc, avec une superficie de 9 017.69 km<sup>2</sup>. Le chef-lieu de la wilaya est situé à 432 km à l'Ouest de la capitale, Alger. Elle est délimitée au Nord par mer méditerranéenne, à l'Ouest par le Maroc, au Sud par la Naâma, à l'Est par les wilayas de Sidi Bel Abbès et AïnTémouchent.

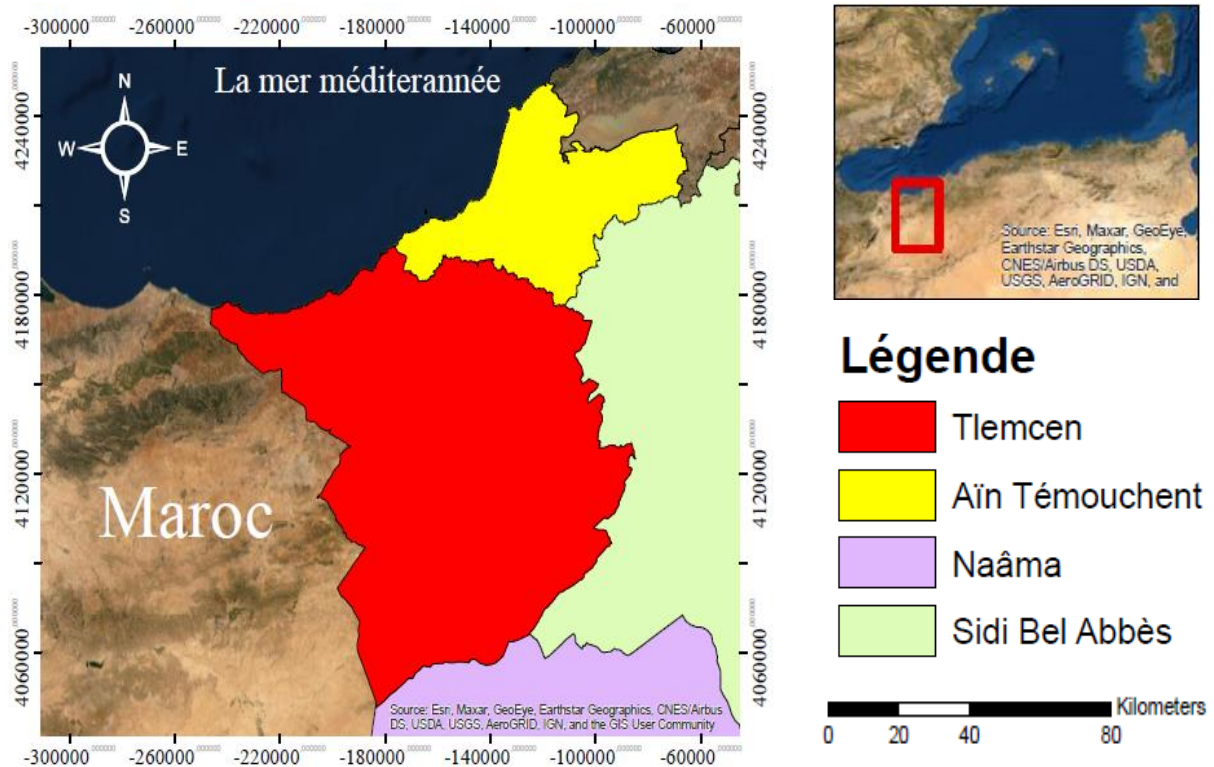


Figure 5. Carte de la localisation géographique de la wilaya de Tlemcen

## **CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

### **1.4.2 Activité Socioéconomique**

#### **1.4.2.1 Agriculture**

Grâce à ses terres fertiles et aux bonnes pluies qui irriguent ses plaines, Tlemcen est un centre important dans le domaine de l'agriculture, Les productions principales sont cette pomme de terre, et les céréales. L'occupation agricole de wilaya est confirmée par une superficie totale de 537 274 hectares utilisés à cette fin, qui comprend 350 285 hectares de superficie agricole utile totale, dans 6% de terres irriguées (monographie/Tlemcen, 2019).

#### **1.4.2.2 Foresterie**

La wilaya de Tlemcen couvre une superficie forestière de l'ordre de 225 000 ha composée de forêt, de maquis et broussaille en plus d'une nappe alfatière de 15000 ha. Avec un taux de boisement de 24 %. Celle-ci est considérée comme une ville importante dans le domaine forestier. La couverture forestière est inégalement répartie, plus de 80 % du potentiel sylvicole est concentré dans les monts de Tlemcen (DGF ,2019).

#### **1.4.2.3 Pêche**

La wilaya de Tlemcen dispose d'un port de commerce (Ghazaouet) qui sert pour la pêche il se localise à 70 km du chef-lieu de la wilaya d'une capacité de 1 300 000 tonnes/an. Et un Abri pour la pêche à Honaine situé à 65 km du chef-lieu de la wilaya d'une capacité de 50 embarcations, Un Abri de pêche et de plaisance en construction à Marsa Ben Mhidi situé à 120 Km du chef-lieu de la Wilaya d'une capacité de 196 embarcations (Monographie/Tlemcen, 2019).

#### **1.4.2.4 Tourisme**

La wilaya de Tlemcen comprend 58 hôtels et 1896 chambres, toutes catégories confondues, (30) bungalows, et quatre annexes hôtelières. Dans toutes ces infrastructures, il y a (33) hôtels hors-catégories. Il existe trois clubs de santé à Tlemcen : Hammam Bougherrar, Cheger et Sidi Abdali. Toutes sont équipées des installations nécessaires qui permettent aux visiteurs d'y passer un agréable et excellent séjour (Direction du Tourisme et de l'Artisanat, 2018).

#### **1.4.2.5 Industrie**

La zone industrielle de la wilaya est répartie sur deux communes Tlemcen et Chetouane, elle est composée de 170 lots (Monographie/Tlemcen, 2019), répartis comme suit :

## **CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

- 28 EPE (77.20%) et 145 entreprises privées (22.80%) de la surface cessible totale.
- La zone industrielle totale s'étend donc sur une surface de 218 ha

### **1.4.2.6 L'urbanisation**

L'urbanisation massive qui caractérise la région de Tlemcen est attestée par le taux d'urbanisation qui est passé de 72% en 1977 à 80% en 1987 et atteint 87% en 1998.

L'urbanisation a été largement soutenue par une volonté politique locale de décongestionnement d'un noyau urbain en pleine asphyxie. Dès lors, la ville est passée d'une vieille cité vers la structure urbaine d'une ville éclatée (Karoui, 2016).

La population totale de wilaya Tlemcen compte plus d'un million d'habitant (1.09 millions), à une densité de population de 93,2 habitants par km<sup>2</sup> (ONS, 2019).

### **1.4.3 Description du tissu urbain**

#### **1.4.3.1 Logement et auto-construction**

Le parc immobilier de la wilaya de Tlemcen est constitué de 161245 logements à fin 2019, soit une moyenne de 6.5 personnes par logement. En termes d'auto-construction la wilaya Tlemcen a disposé de 153155 unités, dont des maisons traditionnelles (8090 unité) (ONS, 2019).

#### **1.4.3.2 Route**

La wilaya de Tlemcen est accessible par un réseau très dense de voies de communications totalisant 4188 km .Structuré comme suite: autoroutes (100 km), routes nationales (764 km), chemins de wilaya (1190 km), et chemins communaux (2134 km) (Monographie/Tlemcen, 2019)..

#### **1.4.3.3 Les ouvrages portuaires et aéroportuaires**

La wilaya Tlemcen à elle l'aéroport de Zenata et de Messali El Hadj est d'un aéroport international algérien, situé sur la commune de Zenata, Superficie de la zone aéroportuaire 166 ha, Son flux réel était de plus ou moins 300000 de passagers par an (Aéroports d'Oran ,2022).

---

# **CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE**

---

## **CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE**

Ce chapitre décrit la méthode utilisée pour estimer l'EF des surfaces bâties pour les trois wilayas côtières (Alger, Tipaza, Tlemcen) à l'aide de la méthode bottom-up ou l'approches par composantes. Cette méthode nécessite l'acquisition de données concernant la matière, l'énergie et la surface bâtie pour cela ce travail est divisé en deux grandes parties, une analyse de métabolisme urbaine et une estimation de l'EF.

L'EF a été calculé sur une échelle Réduit ça veut dire une approche par composante qui intègre à la fois l'empreinte écologique a d'autre analyse a se voire l'analyse de cycle de vie et l'analyse de métabolisme urbain. L'analyse de cycle de vie nous permet d'estimer les flux de matière et d'énergie associée à cette activité,

### **1. Analyse de métabolisme urbain**

L'analyse du métabolisme urbain associé à l'urbanisme se base sur les trois composantes suivantes :

- Les matériaux de construction à savoir béton, brique et l'acier (Matière).
- L'énergie grise (manufacture des matériaux de construction) et l'énergie de fonctionnement (l'électricité et gaz naturel) (Energie).
- La superficie occupée par le bâti (logement et auto-construction) (Terrain bâti).

Pour chaque composante, une désagrégation supplémentaire existe afin de répartir la consommation d'énergie et de matériaux au niveau de chaque type d'habitation tels que les différents types de programmes de logements. De plus, l'énergie intrinsèque de l'ensemble du parc immobilier a été calculée à une échelle temporelle de 20 ans (2000-2019) afin de permettre d'analyser l'évolution du bâti des trois wilayas concernées. Pour l'analyse du métabolisme urbain, un certain nombre de données a été collectés selon différentes sources.

### **2. Acquisition de données**

#### **2.1 Matière**

La quantification des matériaux de construction dans le parc immobilier des trois wilayas s'est basée sur les statistiques des organismes de gestion de l'habitat et de l'urbanisme (Ministère de l'Habitat, De L'Urbanisme et de la Ville, Direction du Logement), fournissant le nombre et la surface des logements pour chaque type d'habitations dans les trois wilayas. Ces statistiques ont été complétés par les devis quantitatifs pour l'estimation de la quantité des

## CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE

matériaux de construction nécessaires pour construire une variété d'archétypes de bâtiments représentatifs, ainsi ces devis décrivent les matériaux (béton, brique et acier) dans un bâtiment en unités de volume ( $m^3$ ) pour le béton, de surface ( $m^2$ ) pour la brique. Toutes les données ont été converties en unités de masse (tonne) comme suite :

- \_ La conversion du béton armé se base sur sa densité donnée sur les devis quantitatifs en  $350 \text{ kg/m}^3$  ou  $150 \text{ kg/m}^3$ .
- \_ La conversion de la briques est basée sur la surface de la brique utilisée, où  $1 \text{ m}^2$  de brique correspond à 0.06 tonne.
- \_ La conversion de l'acier est basée sur sa proportion dans le béton armé qui est en moyenne de 5%.

Ceci a permis de déduire les quantités des matériaux pour tous les logements de chaque wilaya, ce travail est détaillé en annexe (Annexe 01). Par contre, quelques difficultés surviennent par rapport à l'auto-construction car il existe une grande variété d'archétypes et un manque de données. Pour estimer la quantité de matériaux pour l'auto-construction, le standard a été fixé à un type de R+1 (un seul étage) et  $100 \text{ m}^2$  de surface en moyenne pour la détermination de la surface.

### 2.2 Energie

L'estimation de l'EF de l'urbanisation considère deux types d'énergie ; intrinsèque pour la fabrication des matériaux de construction et l'énergie opérationnelle ou de fonctionnement pour le conditionnement des habitations (chauffage, électricité, gaz naturel). Les statistiques décrivant l'énergie opérationnelle ont été extraites des bilans annuels du ministère de l'énergie pour l'année 2019. Cependant les statistiques de l'énergie intrinsèque ne sont pas disponibles, ce qui a obligé à utiliser l'analyse de cycle de vie ACV des matériaux à savoir le béton, l'acier, et la brique. L'ACV s'est effectué sur un logiciel spécialisé appelé Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS). Ce travail est détaillé en annexe (Annexe 02).

### 2.3 Surface bâti

La détermination de la surface urbanisée a été faite selon deux méthodes différentes. La première méthode par des calculs simples, pour obtenir la surface des logements de la zone d'étude, où a été calculée la surface moyenne d'un bâtiment pour chaque type d'habitation (AADL, LPP, LPA, Auto-construction). Les résultats ainsi obtenus ont été multiplié par le nombre total des bâtiments pour chaque type d'habitation. Pour calculer la surface d'un

## CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE

bâtiment, chaque étage du bâtiment est supposé constitué de quatre logements. La surface des logements pour chaque type d'habitation est calculée sur la base des caractéristiques de chaque programme, comme suite ;

- OPGI (logement public locatif) : Surface en moyenne: 70m<sup>2</sup>, nombre d'étage en moyenne est de R+5, la surface d'un bâtiment est de 280 m<sup>2</sup>.
- LPP (logement public promotionnel): Constituée de logement de type F3 de 80 m<sup>2</sup>, de type F4 de 100 m<sup>2</sup>, nombre d'étage en moyenne est de R+5, la surface d'un bâtiment est de 360 m<sup>2</sup>.
- AADL: Constitué de logements de type F3 de 70 m<sup>2</sup> et de type F4 de 85 m<sup>2</sup>, nombre d'étage en moyenne est de R+9, la surface de bâtiment est de 310m<sup>2</sup>.
- LPA: Surface moyenne 70 m<sup>2</sup>, nombre d'étage moyen est de R+5, la surface de bâtiment est 280 m<sup>2</sup>.

Les valeurs de chaque type d'habitation sont multipliées par le nombre total des bâtiments.

Pour l'auto-construction les données concernant la surface sont introuvable, donc des estimation sont fait pour déterminer la surface la plus proches de la réalité, d'après les informations collectées à partir de l'enquête qui a été faite, la surface moyenne pour chaque unité d'habitation estimée à 100 m<sup>2</sup>, cette valeur a été multiplié par le nombre totale des unités d'auto construction. Ce travail est détaillé en annexe (Annexe 03).

La deuxième méthode consiste à d'obtenir la surface bâtie à partir de la plate-forme ArcGIS, par la classification des images satellitaires ou pixellisation ce qui permet de calculer les surfaces (bâti, forêt, plans d'eau, sols nu).

### 2.3.1 Acquisition de donnée par ArcGIS

L'estimation des étendues des surfaces considérées (surface de forêts) a été effectuée sur la plateforme ArcGIS. Les étapes du travail sont détaillées en annexe (Annexe 04).

### 2.4 Les facteurs de conversion

Tous les facteurs de conversion (YF et EQF) pour toutes les années peuvent être obtenus auprès du Global Footprint Network.

## CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE

### 3. Calcul

L'évaluation de l'empreinte écologique donne un aperçu de la demande de services de la nature qui est nécessaire à la fois pour fournir les matériaux et l'énergie consommés par les résidents de la ville et pour absorber ses déchets sous forme d'émissions de CO<sub>2</sub>. Seules les émissions de CO<sub>2</sub> sont comptabilisées dans l'empreinte écologique (Wackernagel et Rees, 1996). Le raisonnement est que seules les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent être absorbées par les océans et séquestrées par photosynthèse par les écosystèmes terrestres. L'évaluation de l'empreinte écologique peut être utilisée pour comparer la demande écologique totale des résidents de la zone d'étude avec la biocapacité disponible (c'est-à-dire la capacité de charge écologique) de la région dans laquelle la ville est située et la BC globale par habitant de la Terre. L'EF du bâtiment comprend trois catégories de terres : les terres énergétiques, les terres bâties, et les terres forestières, mais les terres forestières ne sont pas comptabilisées dans ce mémoire à cause du manque des données sur la consommation de bois.

Le calcul de terre énergétique pour estimer la capacité de puits de carbone nécessaire pour absorber les émissions associées à l'énergie grise des matériaux de construction, y compris pour le béton et l'acier et la brique, et l'énergie de fonctionnement, a été décrit ci-dessus.

La formule suivante, recommandée par le Global Footprint Network (Ewing et al., 2008), a été utilisée pour calculer les terres énergétiques, mesurée en hectares globaux (hag), nécessaire pour séquestrer les émissions de CO<sub>2</sub> :

Equation 1

$$EF_{\text{terre énergétique}} (\text{gha}) = [PtCO_2 (1 - S_{\text{ocean}})/Yc] * EQF$$

Où

- P en (tonne) représente la quantité totale d'émissions de dioxyde de carbone associées à la production des matériaux de construction et d'énergie de fonctionnement en unité tonne
- (1-S<sub>ocean</sub>) représente la quantité d'émissions anthropiques de dioxyde de carbone séquestrées par les océans du monde
- Yc en (tonnes/ha) représente la quantité de CO<sub>2</sub> séquestrée par les forêts du monde
- EQF en (hag/ha) représente le facteur d'équivalence pour les terres énergétiques qui est le même que celui des terres forestières (Ewing et al., 2009).

### CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE

Les valeurs suivantes a substitué pour la séquestration mondiale du CO<sub>2</sub> dans les océans :  $S_{\text{ocean}} = (1-0,26)$ , qui suppose que 26 % des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> sont séquestrées dans les océans du monde (IPCC, 2001) et pour la séquestration mondiale moyen du CO<sub>2</sub> terrestre :  $Y_c = 3,7 \text{ tCO}_2/\text{ha}$  (Kitzes et Wermer, 2006). Ainsi la formule devient;

Equation 2

$$EF_{\text{terre énergétique}} = [PtCO_2 (1-0,26)/3.7]*EQF$$

D'après le calcul des terres énergétiques, le deuxième calcul concerne les terres bâties, le terrain bâti est la superficie occupée par les bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels d'une ville. S'appuyant sur l'assertion que les établissements humains et les infrastructures occupent normalement des régions agricoles fertiles, le « National Footprint Accounts » affirme que les surfaces bâties égalent la quantité des surfaces agricoles qu'elles remplacent. Le calcul est basé sur la conversion de la surface bâtie en hectares globaux (hag) en ajustant le facteur de rendement établi pour les terrains agricoles. L'empreinte écologique des terrains bâtis a été calculée à l'aide de la formule suivante (Ewing et al. 2010);

Equation 3

$$EF_{\text{terrain bâti}} (\text{gha}) = A*YF*EQF$$

Où

- A en (ha) est la superficie des terres occupées par la ville.
- YF est le facteur de rendement global (supposé dans ce cas être une valeur constante de 1 car il n'y a pas de production agricole).
- EQF en (gha/ha) est le facteur d'équivalence pour les terres cultivées calculé par le Réseau mondial de l'empreinte.

L'hypothèse est que les villes se développent à proximité des endroits où les gens cultivent des aliments et, par conséquent, occupent le même type de terre que les terres cultivées (Ewing et al., 2009). Enfin, le calcul de l'EF des bâtiments est la somme des valeurs EF calculées pour les terres énergétiques et les terres bâties (comme décrit ci-dessus).

### CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE

D'après le calcul de l'EF des bâtiments qui est le côté de la « demande », est extrait la BC. La BC correspond à la partie de l' « offre » de ressources naturelles. La formule pour calculer la BC est la suivante ;

Equation 4

$$BC \text{ (gha)} = A * EQF * YF$$

- A en (ha) est la superficie.
- EQF en (gha/ha) Facteur d'équivalence pour un type d'utilisation des terres donné.
- YF Facteur de rendement d'un type d'utilisation des terres donné.

La biocapacité totale pour le cas d'étude est la somme des BC de chaque type de sol, soit deux types de sol pour calculer leur biocapacité : les terres bâties et les terres forestières.

---

# **CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

---

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le calcul de l'EF se base sur des données de consommation de matières, d'énergies et de surfaces d'une région donnée. Les données statistiques fournis par les institutions de gestion de l'urbanisme ont permis une estimation globale de l'EF relative à l'urbanisation dans la wilaya d'Alger, Tipaza et Tlemcen. Dans cette section, les résultats des calculs effectués sont décrits dans des tableaux, suivis d'explications du traitement des données et de l'estimation d'EF, suivie par une interprétation des résultats.

- Analyse du métabolisme urbain, pour l'estimation des ressources consommées (matière, énergie et surfaces)
- Estimation de l'EF pour chaque wilaya pour les deux paramètres  $EF_{\text{terre énergétique}}$  (émission de  $CO_2$ ) et  $EF_{\text{terrain bâti}}$  (infrastructure).
- Interprétation des cartes d'occupation du sol.

### A. Métabolisme urbain

#### A.1 Matière

Le nombre de logements est donné par type de programmes d'habitation pour chaque wilaya dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Nombre total de logements par programme d'habitations par wilaya

Wilaya	OPGI	AADL	LPA	LPP	Auto-construction	Total
Alger	109 273	100 990	27 407	11 084	13 455	262 209
Tipaza	29 846	6 027	12 414	1 372	5 530	55 189
Tlemcen	25 478	4 800	13 881	192	16 707	61 058

La wilaya d'Alger compte plus de 260 milles habitations représentés à 90% par les logements. En deuxième position, la wilaya de Tlemcen compte environ 61 milles logement et celle de Tipaza 55 mille. Au niveau de la wilaya de Tlemcen qui compte 61 milles habitations, l'auto-construction est plus importante estimée à 27% du parc de logement.

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ce résultat constitue une donnée d'entrée pour l'estimation de la quantité totale des matériaux de construction consommée pour la construction de chaque type d'habitation décrite dans le Tableau 3, ainsi que le calcul de l'énergie intrinsèque nécessaire à la manufacture de ces matériaux. Le calcul est expliqué en annexe (Annexe 01).

Le tableau ci-dessous, représente l'estimation des matériaux de construction pour différents types d'habitation.

**Tableau 3.** Estimation des matériaux de construction pour un logement par type d'habitations

Type	Poids des Matériaux en tonne			Poids de logement En tonne	Pourcentage		
	Béton	Brique	Acier	/	Béton	Brique	Acier
<b>AADL</b>	16.50	10.66	19	46.30	36%	23%	41%
<b>LPA-LPP-OPGI</b>	28.13	9.79	32.09	70.02	40.2%	14%	45.83%
<b>Auto-Construction</b>	14.96	27.60	17.55	60.11	25%	46%	29.19%

Le tableau décrit le poids des matériaux du béton, de la brique et de l'acier par unité de tonnes et par pourcentage par rapport au poids des logements, pour chaque type d'habitation (AADL, LPP, OPGI, auto-construction).

Nous observons que :

- Le poids des logements de type AADL est de 46.3 tonnes avec 36% de béton, 23% de brique et 41% d'acier.
- Le poids des logements (LPA, LPP, OPGI) est de 70.02 tonnes avec 40.2% béton, 13.98% de brique et 45.8% d'acier.
- Le poids de l'auto-construction (maison individuelle) est d'une valeur de plus de 60 tonnes où l'on retrouve 25% de béton 46% de brique et 29.19% d'acier.

LPA, LPP et OPGI, ont le plus de béton et d'acier avec un pourcentage de 40% et 45% respectivement. Le matériau le plus utilisé est la brique de type d'habitation auto-construction avec 46%.

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 4 présente l'estimation des matériaux de construction des trois wilayas pour chaque type d'habitation. Le tableau décrit le nombre total pour chaque type d'habitation et le poids des matériaux (béton, brique, acier), ainsi que le poids total par unité de tonne, des trois wilayas (Alger, Tipaza, Tlemcen).

**Tableau 4.** Estimation des matériaux de construction des wilayas par type d'habitation

Types	Matériaux	Quantité de matériaux en tonne		
		Alger	Tipaza	Tlemcen
AADL	Béton	1.7E <sup>+6</sup>	9.9 4 E <sup>+4</sup>	7.9 E <sup>+4</sup>
	Brique	1.1E <sup>6</sup>	6.43 E <sup>+4</sup>	5.1 E <sup>+4</sup>
	Acier	1.9 E <sup>+6</sup>	11.5 E <sup>+4</sup>	9.1 E <sup>+4</sup>
	Total	4.7E <sup>+6</sup>	27.88 E <sup>+4</sup>	0.22 E <sup>+6</sup>
LPA-LPP-OPGI	Béton	4.2E <sup>+6</sup>	1. 22 E <sup>+6</sup>	1 .11 E <sup>+6</sup>
	Brique	1.5E <sup>+6</sup>	0.42 E <sup>+6</sup>	0.38 E <sup>+6</sup>
	Acier	4.7E <sup>+6</sup>	1.40 E <sup>+6</sup>	1. 26 E <sup>+6</sup>
	Total	10.4E <sup>+6</sup>	3 .05 E <sup>+6</sup>	2 .76 E <sup>+6</sup>
AUTO- CONSTRUCTION	Béton	0.2E <sup>+6</sup>	8.2 7 E <sup>+4</sup>	0.24 E <sup>+6</sup>
	Brique	0.4E <sup>+6</sup>	15.2 E <sup>+4</sup>	0.46 E <sup>+6</sup>
	Acier	0.24E <sup>+6</sup>	9.7 E <sup>+4</sup>	0.29 E <sup>+6</sup>
	Total	0.8E <sup>+6</sup>	0.33 E <sup>+6</sup>	1. 00 E <sup>+6</sup>

A partir des tableaux 3 et 4, les quantités de matériaux en tonne sont :

- **Pour la wilaya D'Alger**

Le poids total des matériaux de construction des habitations AADL est d'environ de 4.67 million de tonnes pour un total de 100 mille logements. Le poids total des habitations LPA, OPGI et LPP est d'environ 10.34 million de tonnes par ans, soit plus de 147 mille logements. Poids total des matériaux de construction des logements de type auto-construction est de moins d'un million (0.8) tonnes pour 13 mille unités de logement. Donc le poids total des

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

matériaux et de 15.8 millions de tonnes pour un total de 260 mille logements et sur surface de 809 km<sup>2</sup> et une population de 3.2 millions d'habitants.

- **Pour la wilaya de Tipaza**

Le poids total des matériaux de construction des habitations AADL est de plus de 278 mille tonnes par nombre de logements qui est de 6027 logements. Le poids total des matériaux de construction des habitations (LPA, OPGI, LPP) est d'environ de 3.05 million de tonnes pour plus de 43 mille unités de logement. Le poids total des matériaux de construction des habitations de type auto-construction est plus de 332 mille pour 5530 unités de logement. Donc le poids total des matériaux et de 3.6 millions de tonnes pour un total de 54 mille logements et sur surface de 1707 km<sup>2</sup> et une population de plus de 700 mille habitants.

- **Pour la wilaya de Tlemcen**

Le poids total des matériaux de construction des habitations AADL est d'environ 222 mille tonnes pour 4 800 logements. Le poids total des matériaux de construction des habitations (LPA, OPGI, LPP) est de moins trois millions de tonnes pour plus 39 mille logements. Le poids total de matériaux de construction des habitations de type auto-construction est d'environ 1 million tonne pour plus 16 mille unités de logements. Nous remarquons que les matériaux de construction sont plus abondants dans la wilaya d'Alger, suivi de la wilaya Tlemcen, pour finir par la wilaya Tipaza. Donc le poids total des matériaux est de 4 millions de tonnes pour un total de 60 mille logements et pour une surface de 9 017 km<sup>2</sup> et une population de plus d'un million d'habitants.

La quantité de matériaux dépend du parc de logement car c'est des extrapolations. Ces quantités ne dépendent pas des programmes de logement ça correspond ainsi à une moyenne par wilaya.

### **A.2 Energie**

L'EF de l'énergie est donnée pour les deux formes intrinsèques et opérationnelles. L'énergie intrinsèque a été estimée à partir de la composante Matière donnant la quantité totale des matériaux et donc l'énergie totale nécessaire pour leur manufacture, en se basant sur leurs équivalents CO<sub>2</sub>. Cette composante a également permis l'estimation de l'énergie opérationnelle. Car celle-ci est estimée à partir de la consommation des ménages en énergie fossile (foyers raccordés aux réseaux d'électricité, et de gaz naturel).

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### A.2.1 Émissions de CO<sub>2</sub> résultants de l'utilisation d'énergie

#### A.2.1.1 Énergie intrinsèque

Tableau 5. Émissions de CO<sub>2</sub> résultant de l'énergie intrinsèque par wilaya

Wilaya	Alger	Tipaza	Tlemcen
Type d'habitation	Émission CO <sub>2</sub> eq (tonnes)	Émission CO <sub>2</sub> eq (tonnes)	Émission CO <sub>2</sub> eq (tonnes)
AADL	4.14E <sup>+06</sup>	2.47E <sup>+05</sup>	1.97E <sup>+05</sup>
(OPGI-LPP-LPA)	9.50E <sup>+06</sup>	2.80E <sup>+06</sup>	2.54E <sup>+06</sup>
Auto-construction	5.95E <sup>+05</sup>	2.44E <sup>+05</sup>	7.39E <sup>+05</sup>
Total	1.42E <sup>+07</sup>	3.30E <sup>+06</sup>	3.48E <sup>+06</sup>

A partir des matériaux de construction consommés dans chaque wilaya et grâce au logiciel GEMIS, les émissions totales en CO<sub>2</sub> ont été calculées. Celles-ci dans la wilaya d'Alger sont de 14.2 millions tCO<sub>2</sub>eq ce qui correspond à quatre fois celle de Tipaza est de Tlemcen qui ont des émissions de 3.3 et 3.48 millions tCO<sub>2</sub>eq respectivement. Il est à réitérer que ces quantités des émissions sont surtout liées à l'estimation des quantités de matériaux consommés dans le parc immobilier de chaque wilaya.

#### A.2.1.2 Energie opérationnelle

C'est l'énergie qui permet le fonctionnement du bâti (éclairage, chauffage, climatisation).

##### A.2.1.2.1 Electricité

Le tableau 6 résume la consommation d'électricité par les résidents des trois wilayas. Ces données sont tirées des bilans du Ministère de l'Energie et des Mines, l'énergie électrique est donnée en GWh, celle-ci est convertie en équivalent (TJ), ensuite en émission équivalent (CO<sub>2</sub>eq).

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

**Tableau 6.** Émissions de CO<sub>2</sub> résultant de l'énergie opérationnelle par wilaya

Wilaya	Consommation (GWh)	Consommation Résidentiel (GWh)	Consommation Résidentiel (TJ)	Émission CO <sub>2</sub> eq (tonnes)
<b>Alger</b>	3 474.9	2 362.9	8 506.56	8.93E <sup>+05</sup>
<b>Tipaza</b>	600.8	408.5	1470.76	1.54E <sup>+05</sup>
<b>Tlemcen</b>	913.6	621.2	2236,5	2.35E <sup>+05</sup>

Les émissions issues de la consommation d'électricité à Alger sont estimées à presque 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub>eq (0.89). Cette consommation atteint 0.15 million à Tipaza et 0.23 million à Tlemcen. Ainsi, la consommation à Alger est plus élevée comparée aux deux wilayas, car, la wilaya d'Alger est le pôle économique et administratif le plus attractif dans l'Algérie. Cependant ce travail considère la consommation résidentielle seulement. En effet la wilaya d'Alger compte 646.6 miles logements soit un taux d'occupation de 5.08 personnes par unité pour une population de 3.2 millions d'habitants avec une densité de 3 950 habitants par km<sup>2</sup>. Le parc immobilier de la wilaya de Tipaza comprend 167 493 logements, soit une moyenne de 4.2 personnes par logement pour une population totale de 679 660 habitants en 2019, la densité de la population de la wilaya est de 1 233.7 habitants par km<sup>2</sup>. Le parc immobilier de la wilaya de Tlemcen comprenait 161 245 logements, soit une moyenne de 6.5 personnes par logement, la population totale de wilaya Tlemcen compte 1091501 habitants, à une densité de population de 93.2 habitants par km<sup>2</sup>.

Par conséquent la consommation d'électricité augment avec la population et les dépenses énergétiques des ménages.

### **A.2.1.2.2 Gaz naturel**

Le tableau 7 résume la consommation de gaz par les résidents des trois wilayas. Ces données sont tirées des bilans du Ministère de l'Energie et des Mines, la consommation de gaz est donnée en million cm<sup>3</sup>, celle-ci est convertie en énergie équivalente donnée (TJ) ensuite en émissions (CO<sub>2</sub>eq) en utilisant les figures de conversion (**annexe 2**)

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

**Tableau 7.** Consommation de gaz naturel issu des ressources fossiles et les émissions de CO<sub>2</sub> par wilaya.

Wilaya	Consommation (10 <sup>6</sup> cm <sup>3</sup> )	Consommation Résidentiel (10 <sup>6</sup> cm <sup>3</sup> )	Consommation Résidentiel (m <sup>3</sup> )	Consommation Résidentiel (TJ)	Émission CO <sub>2</sub> eq (tonnes)
Alger	1 039.5	953.2	953.2	0.032	1.78
Tipaza	120.5	110.4	110.4	0.004	0.21
Tlemcen	339	310.8	310.8	0.011	0.58

Les émissions issues de la consommation de gaz à Alger sont estimées à presque 1.8 tonne de CO<sub>2</sub>eq. Cette consommation atteint 0.21 tonne à Tipaza et 0.58 tonne à Tlemcen. La consommation résidentielle de gaz naturel dans la wilaya d'Alger est la plus élevée, estimée à 953 million cm<sup>3</sup>, cette consommation atteint 110 million cm<sup>3</sup> à Tipaza et 310 million cm<sup>3</sup> à Tlemcen. Ainsi, la consommation à Alger reste plus élevée que dans les deux wilayas. Cela est dû à l'importante population de la wilaya d'Alger, en plus de la forte urbanisation de la capitale, par rapport à Tipaza (taux de raccordement moyen au réseau) et Tlemcen, qui ont quelques difficultés à acheminer le gaz vers les zones rurales. C'est aussi lié à la culture de la consommation dans chaque utilisateur, ainsi que les conditions météo qui imposent la consommation d'énergie de conditionnement (chauffage ou climatisation).

Selon l'Office National de la Météorologie. La température moyenne de la wilaya d'Alger est de 19.7C°, pour la wilaya de Tipaza la température moyenne est de 17.6 C° et Tlemcen la plus chaude par rapport aux autres wilayas avec une température moyenne de 23.7C°.

### A.3 Surfaces bâties

L'EF des surfaces bâties est basée sur le fait que l'installation humaine et les infrastructures occupent normalement des régions agricoles fertiles (Boruk et al., 2013). Le NFA affirme que les surfaces bâties égalent la quantité de surface agricole qu'elles remplacent (Ewing et al., 2009). Le calcul est basé sur la conversion de la surface bâtie en hectares globaux par le biais d'un facteur de rendement de la catégorie de demande « infrastructure » (YF= 0.38) et le EQF de la catégorie « terrains agricoles » (EQF=2.52).

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le calcul de l'EF de la surface bâtie a été fait selon deux différentes sources de données.

La première étant l'estimation théorique de la surface de logements résidentiels seulement qui ont été mentionnés en détail dans la partie méthodologie, le tableau 8 représente l'estimation urbanisée pour les trois wilayas par type d'habitation.

La deuxième se base sur des données obtenues par ArcGIS.

Ces deux méthodes risquent de donner deux résultats différents car les cartes ArcGIS considèrent les infrastructures (industrie, ports, parcs), alors que la première méthode d'estimation ne considère que les logements résidentiels.

Le tableau 8 représente l'estimation de la surface urbanisée (première méthode) pour les trois wilayas à savoir ; Alger, Tipaza et Tlemcen. Le tableau 8 et la figure 6 représentant l'estimation de la surface urbanisée (deuxième méthode) pour les trois wilayas.

**Tableau 8.** Estimation de la Surface urbanisée des wilayas par type d'habitation entre 2000 et 2019 (première méthode)

<b>Wilaya</b>	<b>Alger</b>	<b>Tipaza</b>	<b>Tlemcen</b>
<b>Type</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Surface (ha)</b>
<b>AADL</b>	86.96	5.18	4.13
<b>OPGI</b>	152.98	41.78	35.67
<b>LPA</b>	38.36	17.37	19.4
<b>LPP</b>	19.95	2.46	0.34
<b>Auto-construction</b>	134.55	55.3	167.07
<b>Total (ha)</b>	432.81	122.12	226.65

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

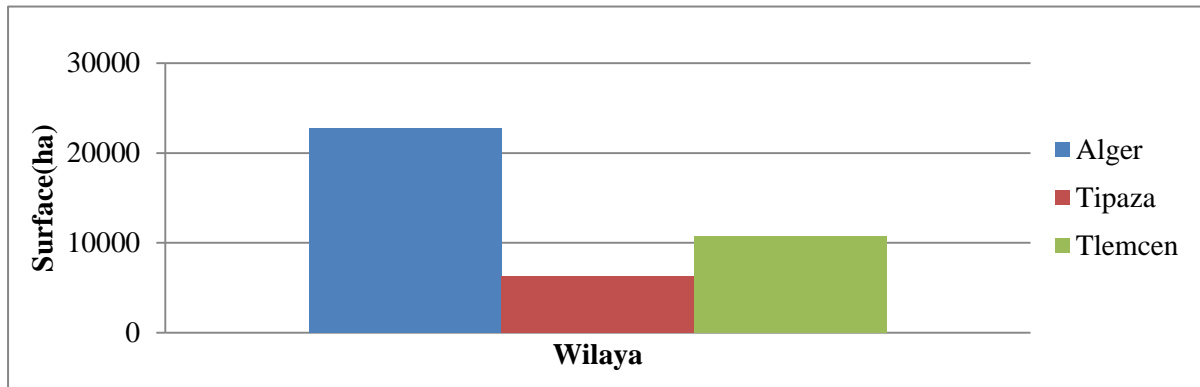


Figure 6. Estimation de la Surface urbanisée des wilayas entre 2000 et 2019 (deuxième méthode)

Dans les deux cas la surface urbanisée à Alger est plus importante suivi de celle de Tlemcen et puis de Tipaza, pour la première méthode (Tableau 8) la surface urbanisée à Alger est de 432.8 ha et de plus de 22.8 mille ha par la deuxième méthode (Figure 6), pour Tipaza la surface urbanisée est de 122 ha par la première méthode et de 6.2 mille ha par la deuxième méthode, pour Tlemcen la surface urbanisée est de 226.6 ha par la première méthode et de 10.7 mille ha par la deuxième méthode.

Les estimations de surfaces obtenues par ArcGIS fournissent une information additionnelle, indiquant que selon la première méthode basée sur le parc de logement et l'auto-construction, la superficie des habitations résidentielle représente environ 2 % de l'urbanisme dans les trois wilayas. Par conséquent, l'énergie intrinsèque n'est estimée que pour 2% de l'infrastructure totale des trois wilayas.

Alger est le premier pôle économique et commercial d'Algérie et le seul pôle financier important du pays, Alger est la wilaya la plus peuplée en Algérie, cette grande population est dû principalement à l'exode rural, notamment pendant la période décennie noire (Houssameddine, 2019), qui a conduit à l'implantation de nombreux bidonvilles, qui ont conduit à des crises étouffante du logements, obligeant le gouvernement à établir de nombreux projets de logements à Alger, ce qui a conduit à la construction de la plupart des terrains de la capitale. Les cartes des figures 7, 8, 9, 10, 11 et 12 aident à visualiser l'évolution du tissu urbain de la zone d'étude.

# CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

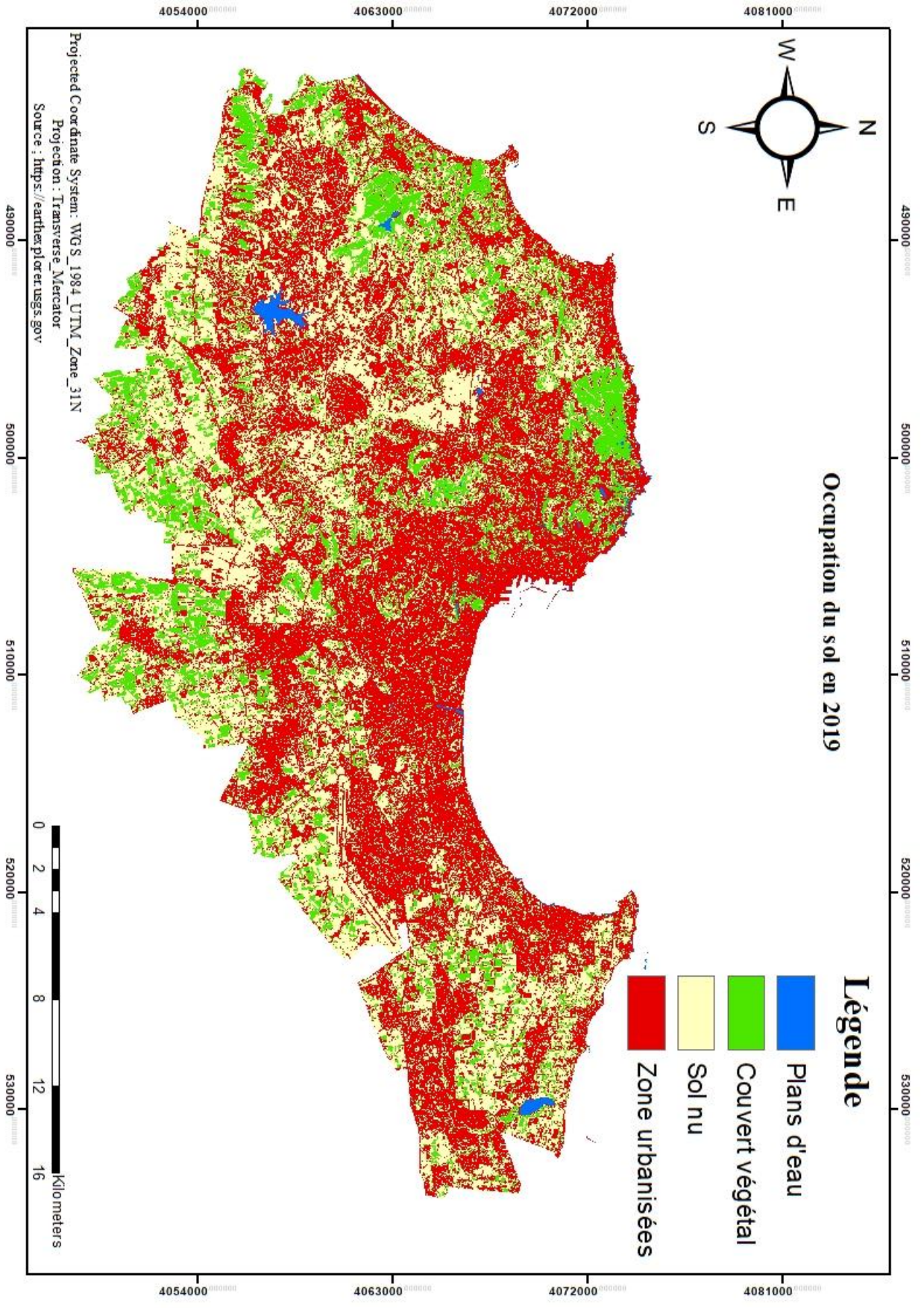


Figure 7. Carte d'occupation du sol de la wilaya d'Alger en 2019

# CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

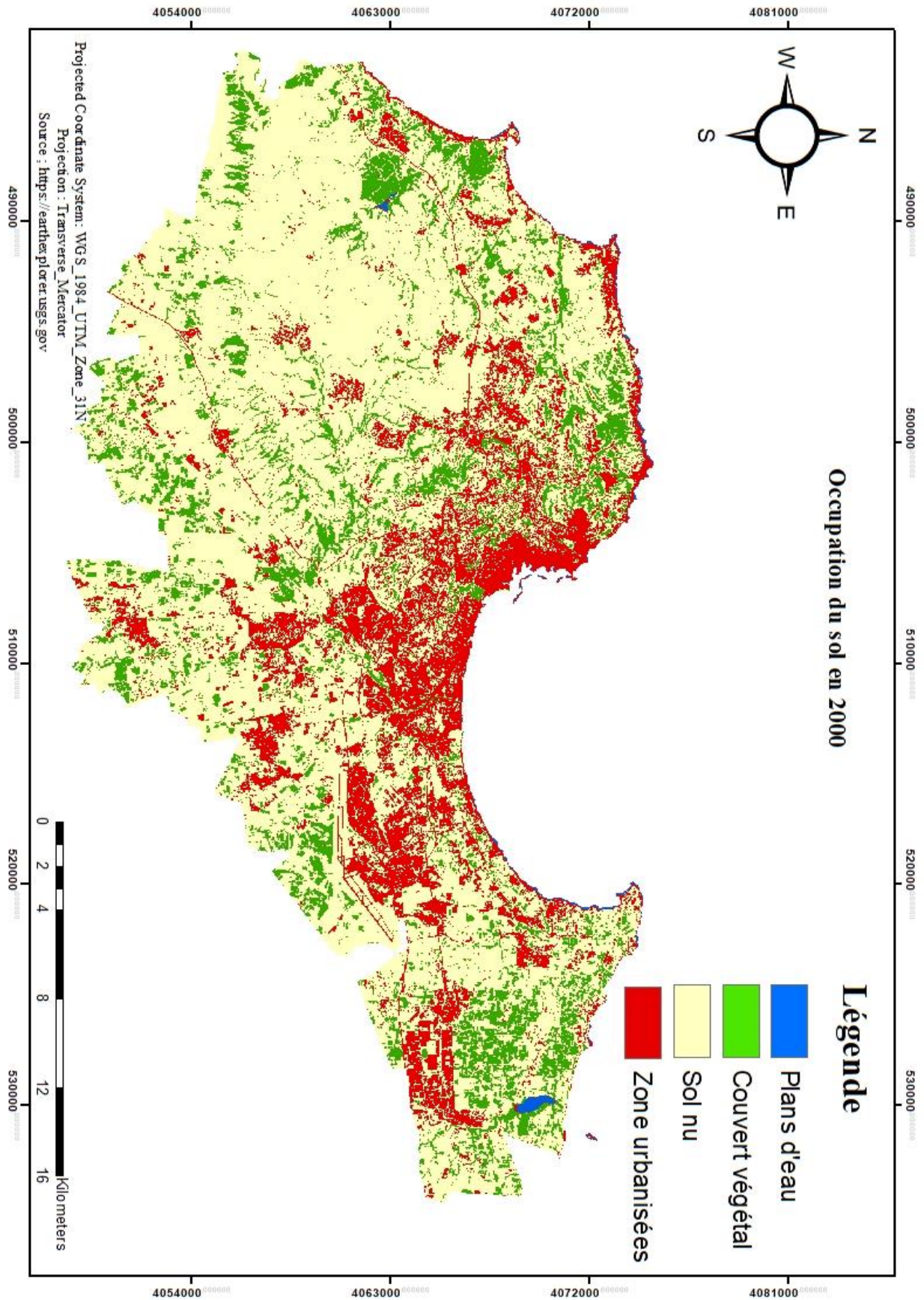
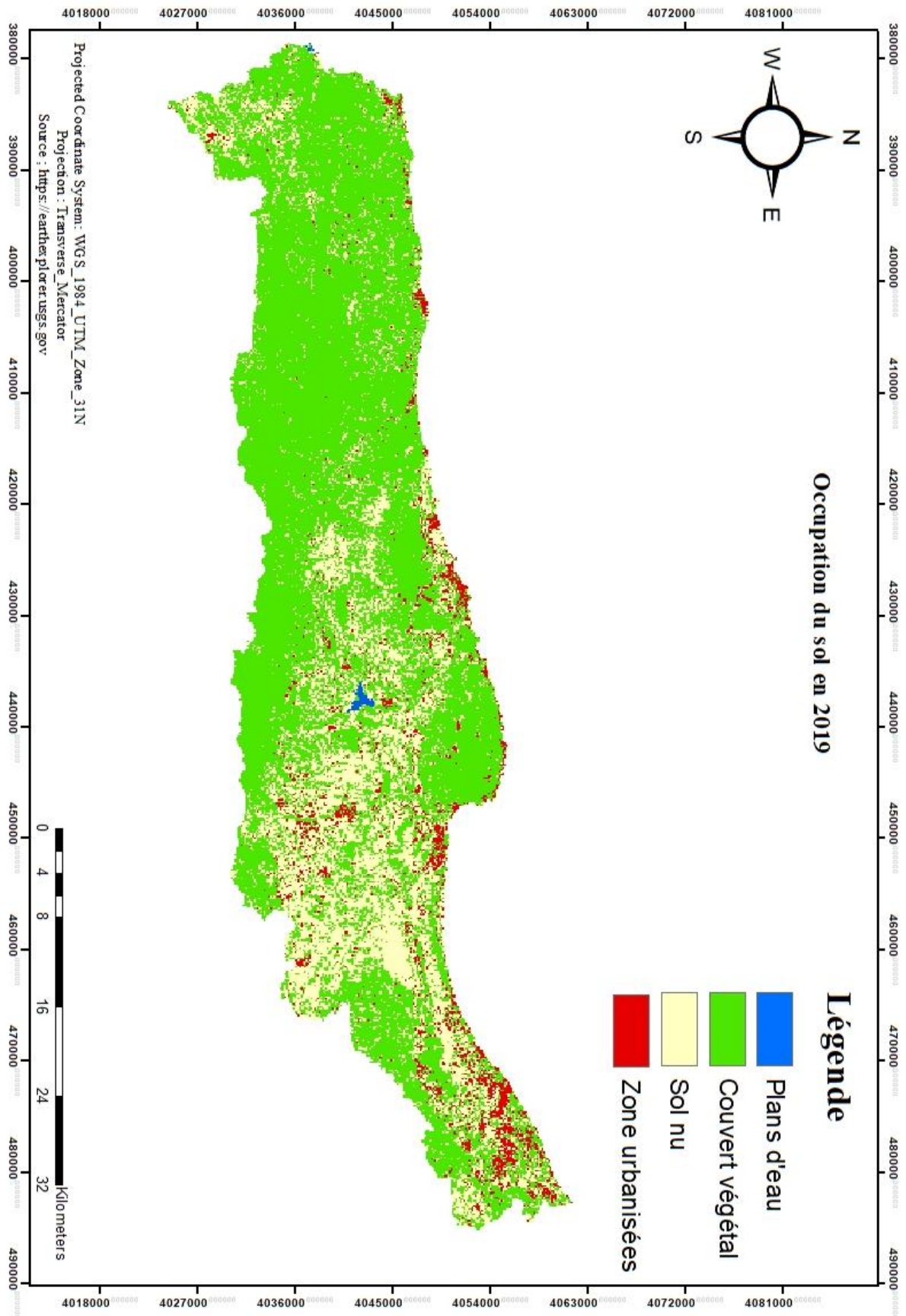


Figure 8. Carte d'occupation du sol de la wilaya d'Alger en 2000

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION



**Figure 9.** Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tipaza en 2019

# CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

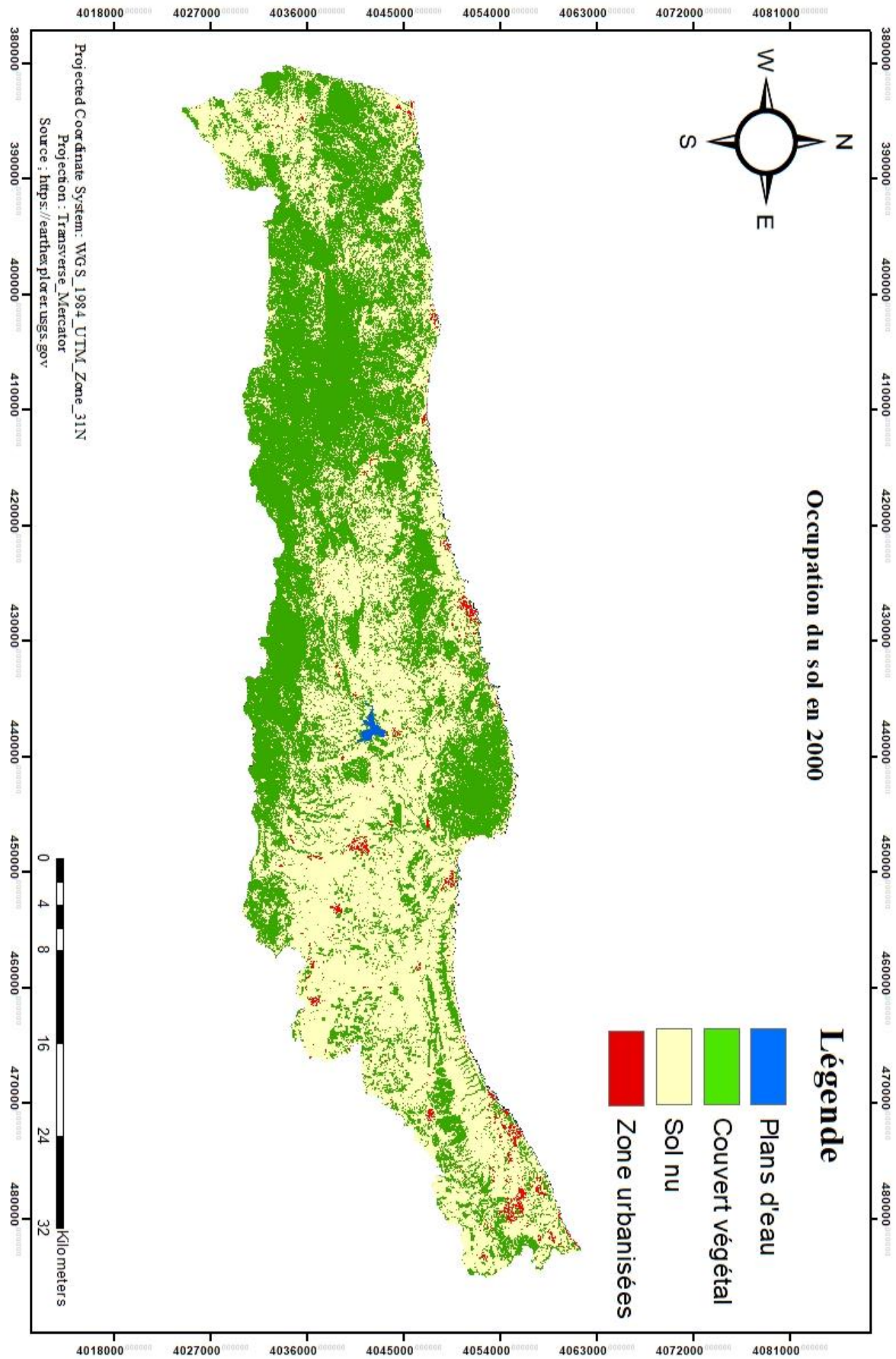


Figure 10. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tipaza en 2000

# CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

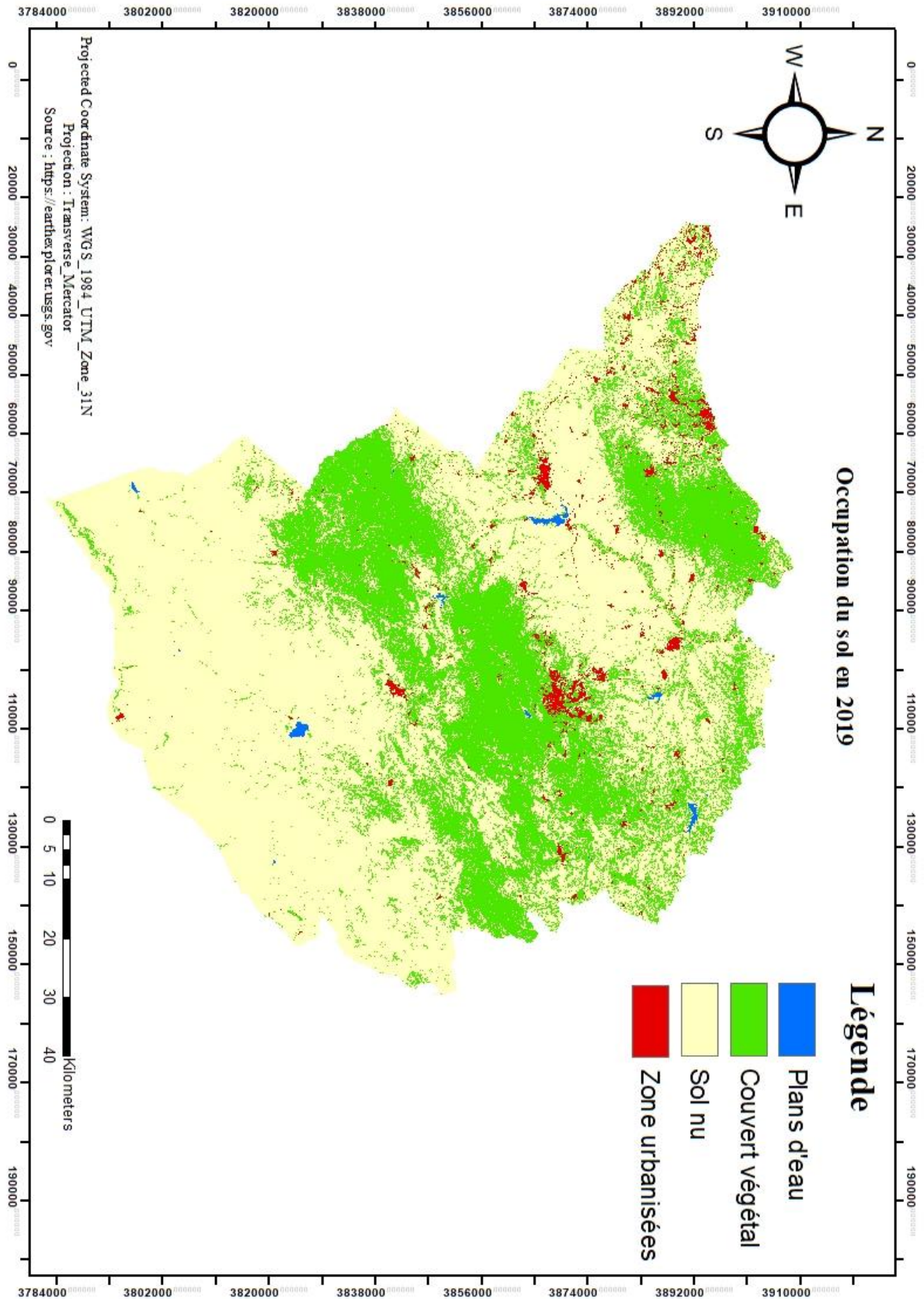


Figure 11. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tlemcen en 2019

# CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

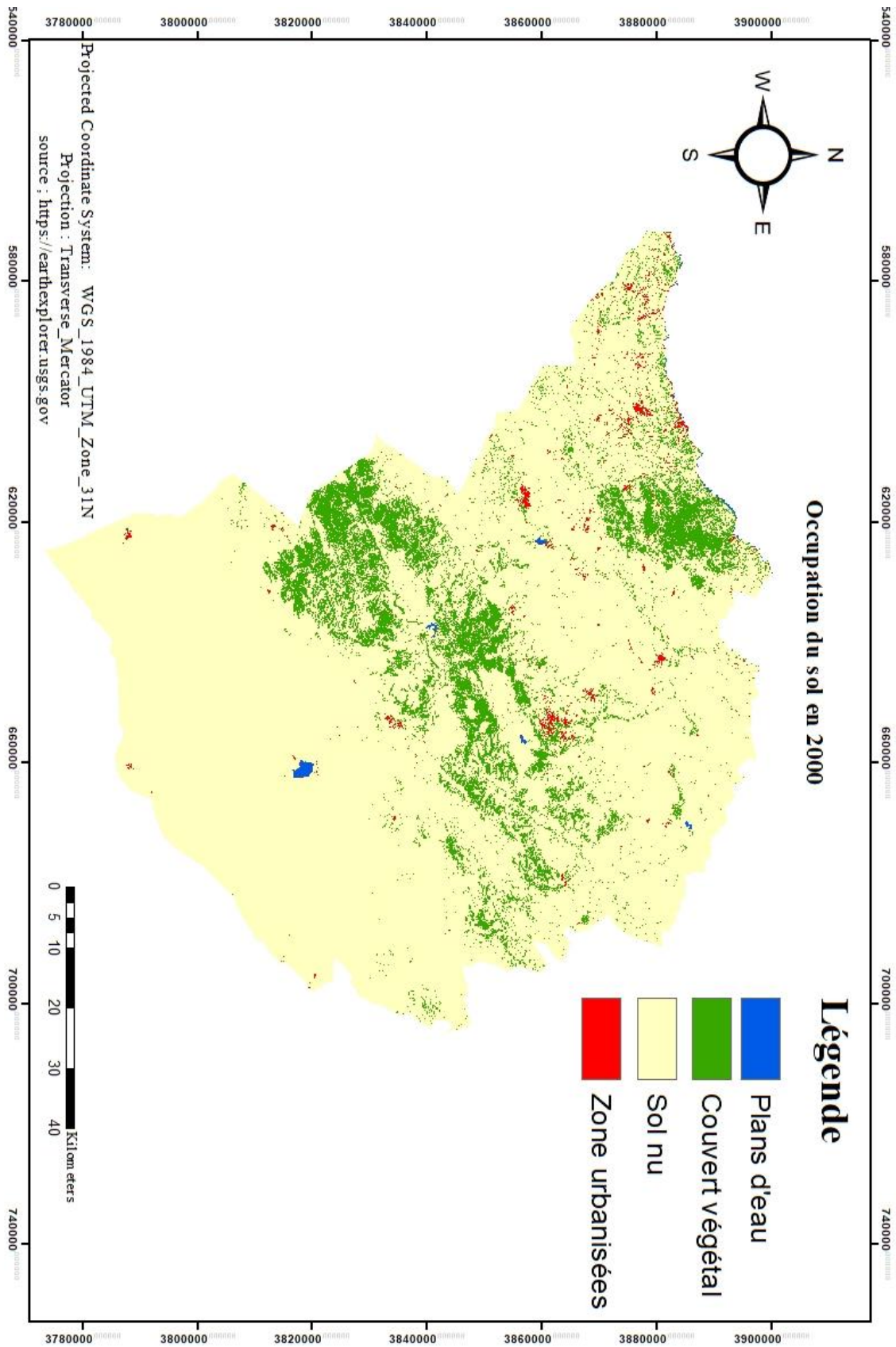


Figure 12. Carte d'occupation du sol de la wilaya de Tlemcen en 2000

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

D'après les figures 8, 9, 10, 11, 12 et 13. Les résultats des cartes d'occupations des terres dans la wilaya d'Alger depuis 2000 à 2019 sont différents de ceux des wilayas de Tipaza et Tlemcen. À Alger, la population qui était principalement concentrée dans le centre, s'est étendue vers les communes limitrophes du centre et la plupart de cette population s'est établie sur des sols nus, la frange littorale est la plus urbanisée et aucun espace n'est épargné de l'Ouest à l'Est. À Tipaza, L'évolution de la population est orientée vers l'Est de la wilaya. Ce qui affirme le postulat que Tipaza est devenue l'extension urbaine d'Alger. La population de la wilaya de Tlemcen paraît moins importante par rapport à sa superficie. Contrairement à Alger le littoral de cette wilaya est épargné par l'installation urbaine. L'urbanisation s'est faite en région de montagne.

La superficie des terres bâties dans la wilaya d'Alger a augmenté de 22.8 mille ha (160%) pendant 19 ans contre 6.2 mille ha (300%) et 10.7 mille ha (148%) dans Tipaza et Tlemcen (figure 6). Cette grande augmentation à Alger est liée à plusieurs facteurs, développement économique, taux d'urbanisation élevé, politiques d'utilisation des terres, et ainsi de suite.

Ces facteurs ont été favorisés par la forte mobilité résidentielle, la disponibilité des réserves foncières dans les communes périphériques et un échec de la planification urbaine. La promotion administrative a souvent été l'élément stimulant de cette dynamique en conférant aux différentes agglomérations à vocation rurale un statut administratif leur permettant d'inscrire des programmes de logements, d'équipements, des périmètres d'urbanisations (Baoukr et Baouni, 2015). Le tableau 9 montre plus de détail sur l'augmentation de la surface urbanisée entre 2000 et 2019 pour les trois wilayas étudiées.

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

**Tableau 9.** Estimation de la Surface urbanisée des wilayas entre 2000 et 2019 (deuxième méthode)

<b>En 2000</b>			
<b>Wilaya</b>	<b>Alger</b>	<b>Tipaza</b>	<b>Tlemcen</b>
<b>Type</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Surface (ha)</b>
<b>Plans d'eau</b>	235	368	1 485
<b>Couvert végétal</b>	10 991	82 984	101 088
<b>Sol nu</b>	51 906	86 830	796 453
<b>Zone urbanisée</b>	13 726	2 016	7 187
<b>En 2019</b>			
<b>Wilaya</b>	<b>Alger</b>	<b>Tipaza</b>	<b>Tlemcen</b>
<b>Type</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Surface (ha)</b>
<b>Plans d'eau</b>	477	263	2 189
<b>Couvert végétal</b>	11 355	118 095	284 009
<b>Sol nu</b>	28 714	46 495	602 137
<b>Zone urbanisée</b>	36 540	8 309	17 867

### B. Empreinte écologique

#### B.1 Les terres énergétiques

L'empreinte écologique ( $EF_{\text{terre énergétique}}$ ) de l'énergie comprend la somme totale d'équivalents  $CO_2$  pour les deux types d'énergie intrinsèque et fonctionnelle pour chaque wilaya, les résultats de calcul de l'EF sont donnés dans le tableau 10.

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

**Tableau 10.** Empreinte écologique de l'énergie par wilaya

Wilaya	Catégories	Tonnes d'équivalents CO <sub>2</sub>	EF (gha)	EF par personne (gha/cap)
Alger	Matériaux de construction (énergie gris) et l'énergie opérationnelle	1.51E <sup>+07</sup>	3 864 263	1.17
Tipaza		3.45E <sup>+06</sup>	884 277	1.25
Tlemcen		3.72E <sup>+06</sup>	951 188	0.87

L'EF<sub>terre énergétique</sub> d'Alger est la plus grande avec une valeur de 3.86 million gha, cette EF<sub>terre énergétique</sub> est quatre fois plus importante que celle de Tipaza et de Tlemcen qui ne dépasse pas les 0.95 million gha.

### B.2 Le terrain bâti

L'EF de la demande en surface bâtie est appelé l'EF bâti, celle-ci a été calculée par l'équation 4. Les résultats sont résumés dans le tableau 11.

**Tableau 11.** Empreinte écologique du bâti par wilaya

Wilaya	Catégorie	Surface (ha)	EF (gha)	EE par personne (gha/cap)
Alger	Surface bâti	433	422	1.28 E <sup>-4</sup>
Tipaza		122	119	1.69 E <sup>-4</sup>
Tlemcen		227	221	2.02 E <sup>-4</sup>

Alger compte 432.8 ha de surface bâtie qui correspond à une empreinte de 421.8 gha, donc  $1.28 \cdot 10^{-4}$  gha/personne pour une population de 3.2 millions habitants et Tipaza compte 122 ha de surface bâti qui correspond à une empreinte de 119 gha, donc  $1.69 \cdot 10^{-4}$  gha/per pour une population de 700 milles habitants, Tlemcen compte 226.6 ha de surface bâti qui correspond à une empreinte de 221 gha, donc  $2.02 \cdot 10^{-4}$  gha/personne pour une population de 1 millions habitants.

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

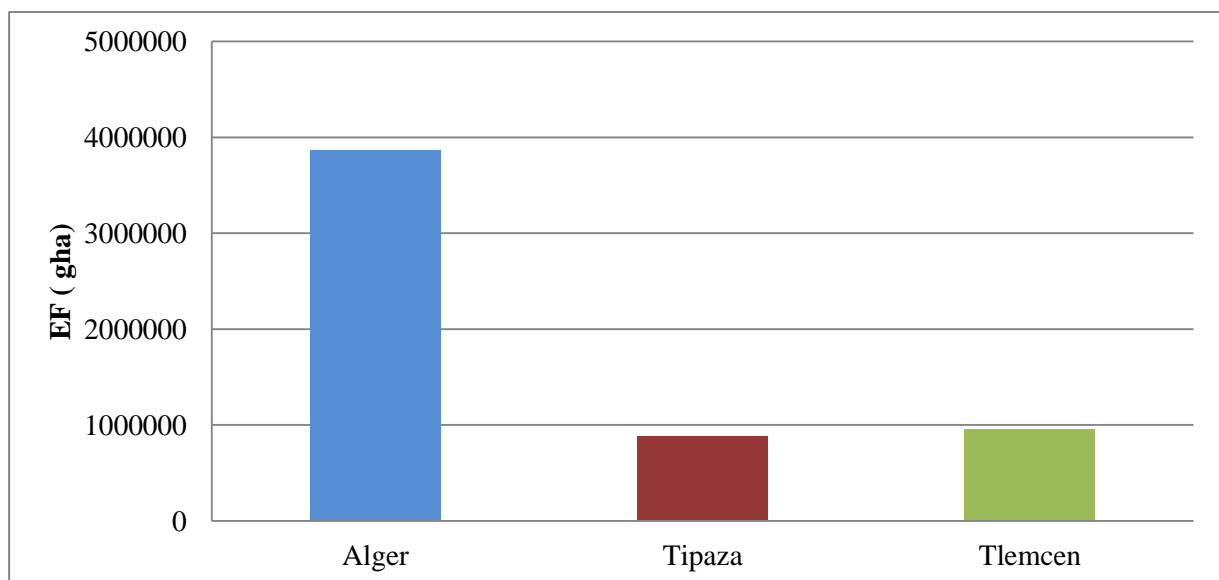
### D. Comparaison entre wilayas

Les valeurs de l’empreinte écologique et l’empreinte écologique par personne (EF/cap) par wilaya sont décrites dans le tableau 12.

**Tableau 12.** Estimations de l’EF et l’EF par personne par wilaya

Wilaya	Alger		Tipaza		Tlemcen	
Catégorie	EF (gha)	EF/cap	EF (gha)	EF/cap	EF (gha)	EF/cap
<b>Bâti</b>	422	1.28 E <sup>-4</sup>	119	1.69 E <sup>-4</sup>	221	2.02 E <sup>-4</sup>
<b>Forêt CO<sub>2</sub></b>	3 864 263	1.17	884 277	1.25	951 188	0.8714
<b>Total</b>	3 864 684.86	1.18	884 395.73	1.25	951 409.31	0.8716

L’EF d’Alger est estimé à environ quatre fois à l’EF de la wilaya de Tlemcen et de Tipaza, Comme le montre la figure 13. Il ne faut pas oublier que l’empreinte sous-estime de toute façon la pression sur l’environnement.



**Figure 13.** Proportion de l’empreinte écologique par wilaya

## CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

D'après la figure 13, L'EF de l'urbanisation d'Alger est de 3.8 millions gha. La plus grande contribution à cette empreinte est celle des émissions dues à l'exploitation d'énergies opérationnel et intrinsèque. Le même cas se présente pour Tipaza et Tlemcen, dont les émissions de CO<sub>2</sub>, qui sont théoriquement sont compensées par les surfaces forestières (Surface de séquestration), représentent plus de 90% de l'empreinte totale.

L'interprétation se base sur le résultat de calcul cependant il est important de noter que des cas de surestimation de l'EF peuvent avoir lieu, notamment de l'EF de l'énergie intrinsèque basée essentiellement sur des extrapolations (quantité de matériaux et énergie consommés) pendant une longue période de 19 ans. Une description additionnelle de l'âge des matériaux est susceptible de réduire cette quantité d'émissions car elles seront amorties en raison des procédés industrielles sont possiblement moins polluants. Cependant ni l'âge ni l'origine des matériaux de construction et des matières brute n'a été considéré dans cette étude en raison de l'absence de donnée.

D'après les résultats, la consommation de ressources dans la wilaya d'Alger paraît élevée par rapport au deux autre wilayas. Il est important de préciser que cette surexploitation peut être due à une surestimation des du poids des matériaux basé sur les statistiques des devis quantitatifs obtenus. En effet, la wilaya d'Alger nécessite une surface de capacité biologique important pour atteint l'équilibre, Tipaza et Tlemcen ont des surfaces de forêt importantes, donc la situation est meilleure comparer au la wilaya d'Alger, mais semble également être en déséquilibre entre surface d'absorption de CO<sub>2</sub> et les émissions générées.

Par conséquent, plus la population est importante, plus la consommation des terres et d'énergie est importante, induisant une EF plus élevée. Cela est apparent dans la diminution de l'empreinte écologique dans le cas des villes à faible et moyenne population (Tipaza, Tlemcen).

---

# Conclusion

---

## Conclusion

Ce travail se base sur le modèle de l'empreinte écologique pour l'évaluation de la pression de l'urbanisation sur l'environnement en termes de consommation de ressource et d'énergie dans le secteur de l'urbanisation. L'étude fait le calcul de l'EF de trois wilayas de la région côtière algériennes (Alger, Tipaza, Tlemcen), les trois wilayas ont été choisies en se basant sur l'intensité de l'activité et de l'expansion de la population, et pour faire ressortir l'impact de cette activité sur le capital naturel. Compte tenu de l'échelle de l'étude dans le cas de cette étude l'activité de l'urbanisation, l'approche utilisée est l'approche par composante ou bottom-up, qui se base sur des données collectées localement au niveau des institutions en charge de la gestion des éléments liés à l'urbanisation.

Cette approche analyse l'impact de l'urbanisation et la traduit en surface nécessaire pour soutenir cette activité. Par conséquent le modèle d'étude prend en compte l'ensemble des données décrivant l'urbanisation des trois wilayas en termes de matériaux de construction, énergie de construction et énergie de fonctionnement ainsi que l'emprise au sol par l'urbanisation. Il est important de réitérer que le modèle choisi pour l'étude nécessite un nombre conséquent de données.

L'approche a permis de comparer les wilayas sur la base de leur EF par personne des différentes catégories de consommation de ressource et d'énergie, et de montrer la relation entre la pression sur les ressources de chaque wilaya. Sachant que la biocapacité est calculée à partir des surfaces disponibles pour l'infrastructure et les surfaces de forêt disponible pour la séquestration du CO<sub>2</sub> associée à l'urbanisation et résultant essentiellement de l'usage d'énergie.

La wilaya d'Alger est la plus urbanisée avec une population de plus de trois millions d'habitants malgré que ça superficie et de 800 km<sup>2</sup>, ce qui signifie que c'est la plus petite entre les trois wilayas, associée à un EF plus large de plus de 3.8 millions gha, dépassant celle de Tlemcen et de Tipaza, dont l'EF est de 0.95 millions gha et 0.88 millions gha, respectivement. La wilaya de Tlemcen est la plus grande en termes de surface de plus de 9 000 km<sup>2</sup>, dépassant celle d'Alger et de Tipaza, dont la surface est de 809.22 km<sup>2</sup> et 1707km<sup>2</sup>, respectivement.

L'empreinte d'Alger a été comparée à celle des autres wilayas de Tipaza et Tlemcen. Pour ce faire, les informations sur la consommation ont été récoltées de façon exhaustive par les services statistiques locaux. La comparaison entre les trois wilayas en termes d'EF permet

## Conclusion

d'abord de cibler la zone nécessitant une intervention par exemple pour réduire son EF et les zones à préserver pour garder un bon équilibre écologique.

L'EF associée à la composante des terrains bâtis suppose que ces surfaces sont établies sur des terrains fertiles. Il serait ainsi intéressant de comparer dans d'éventuelles études l'EF du bâti et celle de l'agriculture afin d'analyser la présence d'impact de l'expansion de l'urbanisme sur les terres de culture. En effet, le calcul de l'empreinte écologique mérite d'être approfondi et affiné par des données plus représentatives de l'état de l'activité.

L'un des avantages de l'analyse de l'EF, notamment à petite échelle est sa facilité de description des pressions exercées sur l'environnement par une population et son activité. Ce type d'analyse fournit aux décideurs de la région un outil d'aide à la planification des espaces urbains et des matériaux à utiliser pour la réduction d'impact.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Aéroport International d'Alger (2019).** (en ligne). (Consulté le 06/07/2022). disponible sur le web : [www.aeroport-alger.com/fr/aeroport\\_international\\_d\\_alger](http://www.aeroport-alger.com/fr/aeroport_international_d_alger).
- **Aéroports d'Oran (2022).** (en ligne). (Consulté le 12/07/ 2022) .disponible sur le web : <https://lesaeroportsdoran.dz/aeroport/messali-el-hadj-zenata> . Consulté 2022.
- **ARE, DETEC, IDHEAP (2003).** Etat des lieux des démarches de développement durable dans les communes, Office fédéral du développement territorial. sur le site <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/are.html> .
- **Best Food Forward experts en analyse d'empreinte écologique.** (en ligne). (Consulté le 12/07/ 2022) .disponible sur le web : [www.bestfootforward.com](http://www.bestfootforward.com) .
- **Banque Mondiale. Cité dans Theys J. (1996).** Vers des indicateurs de développement durable: se mettre d'accord sur une architecture avant d'empiler les briques. Dans: Développement Durable, villes et territoires – Innover et décroiser pour anticiper les ruptures. Janvier 2000.
- **Baoukr, M., Baouni, T. (2015).** Étalement urbain et dynamique des agglomérations à Alger : quel rôle pour la promotion administrative ? Cahiers de géographie du Québec, 59(168), 377–406. <https://doi.org/10.7202/1037255ar>
- **Barrett J., Cherret N., Birch R. (2004).** Step Change: An Analysis of the Policy and Educational Application of the Ecological Footprint Rapport pour WWF daté de mars 2004.
- **Barrett J., Scott A. (2001).** The Ecological Footprint: A Metric for Corporate Sustainability. Corporate Environmental Strategy, Vol. 8, No. 4 (2001)
- **Berrah M.K., (2015),** Démographie Algérienne-2014, Office national des statistiques, p 690, p16.
- **Borucke, M.; Moore, D.; Cranston, G.; Gracey, K.; Iha, K.; Larson, J.; Lazarus, E.; Morales, J.C.; Wackernagel, M.; Galli, A.(2013)** .Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. Ecol. Indic. 2013, , 24,p 518–p 533.
- **Carter, R. (1989).** On defining the geographic information system. In: Ripple, W. Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium. Falls Church Virginia: ASPRS/ACSM. p,3-p,7.
- **D. Lin, L. Hanscom, et al. 2016.** Working Guidebook to the National Footprint

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Accounts: 2016 Edition. Oakland: Global Footprint Network. de vie, principes et cadre, p,12
- **Direction de la Pêche et de Direction de la Pêche et de Ressources Halieutiques DPRH (2022)** (en ligne). (Consulté le 06/07/2022). disponible sur le web : <https://rhinotenders.com/companies/company/dprh-direction-de-la-peche-et-de-ressources-halieutiques-q>.
  - **Direction local du tourisme et de l'artisanat (2018)**. (en ligne). (Consulté le 28/07/2022). disponible sur le web : <https://dtatlemcen.dz/std.php?lg=fr&id=17&r=missions> .
  - **Ewing B., A. Reed, A. Galli, J. Kitzes, and M. Wackernagel. (2010)**. Calculation methodology for the national footprint accounts, 2010 Edition. Oakland: Global Footprint Network.
  - **Ewing, B., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., Moore, D., Wackernagel, W.(2009)**. The ecological footprint atlas 2009. Oakland: Global Footprint Network.
  - **Ewing, B., 2008a**. The ecological footprint atlas 2008. Oakland, CA: Global Footprint Network. 292
  - **Ewing, B., Reed A., 2008b**. Calculation methodology for the national footprint accounts, 2008 Edition. Oakland, CA: Global Footprint Network.
  - **GFN (2009a)**. ). (en ligne). (Consulté le 28/07/2022). disponible sur le web : <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>
  - **GFN. 2015. «Glossaire». In Footprint Network.** ). (en ligne). (Consulté le 28/07/2022). disponible sur le web : <http://www.footprintnetwork.org/fr/index.php/GFN/page/glossary/>.
  - **European commission. 2020**. (en ligne). (26/05/2022).disponible sur le web : <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>
  - **Global Footprint Network (2006)** Ecological Footprint Standards 1.0. (en ligne). (Consulté le 16/06/2022). Disponible sur le web : [www.footprintstandards.org](http://www.footprintstandards.org)
  - **Grunewald, Nicole, Laurel Hanscom, Martin Halle, KatsunoriIha, Michel Gressotet Alessandro Galli. 2015**. Montenegro Ecological Footprint Study.
  - **Haffad T., (2004)**. Quelques conséquences économiques et sociales de l'évolution démographique en Algérie, Revue des sciences économiques et de gestion 3, p,95 p, 100.
  - **Houssameddine Ammi. (2019)**. Villes et développement économique en Algérie. Sociologie. Université de Toulon. Français. ffNNT : 2019TOUL2004ff.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Office National de la Météorologie. (2022).** (en ligne). (Consulté le 16/07/2022). Disponible sur le web : <https://www.meteo.dz/home>
- **Office National des Statistiques - ALGER - L'armature urbaine RGPH 2008** /Les principaux résultats de l'exploitation exhaustive / Office National des Statistiques. - Alger : O.N.S., 2011. – 220: Tabl., Graph.; (21 x 29,7 cm), - (Coll. Statist., n° 163: Série S) /urbain/ rural/ villes/ agglomérations/ Algérie 2008
- **Ibtissam El Bouazzaoui. (2008).** L'EMPREINTE ECOLOGIQUE : Proposition d'un modèle synthétique de représentation des empreintes à l'échelle « Micro » d'une organisation ou d'un projet. L'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne : p, 263.
- **ISO. (2006a)** ISO 14040-International Standard. In: Environmental Management-Life cycle Assessment - Principles and framework. Geneva,Switzerland, International Organisation for Standardization.
- **ISO. (2006b)** 14044-International Standard. IN: Environmental Managment - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. Geneva, Switzerland, International Organisation For Standardization.
- **IEA (2022)**, Energy Statistics Data Browser, IEA, (en ligne). (Consulté le 14/05/2022). Disponible sur le web : Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>
- **Jean-Pierre Paulet, (2009)**, *Géographie urbaine*, Paris, lien : Armand Colin, p, 120 .
- **Kates, R.W., Clark, W.C., et al., 2001.** Sustainability. Science p, 292,p, 641–642.
- **La direction générale des forêts DGF (2019)**, (en ligne). (Consulté le 11/05/2022). Disponible sur le web : <http://www.dgf.org.dz/fr>
- **L'aéroport International d'Alger (2019).** (en ligne). (Consulté le 14/06/2022). Disponible sur le web : [https://www.aeroport-alger.com/fr/aeroport\\_international\\_d\\_alger](https://www.aeroport-alger.com/fr/aeroport_international_d_alger) .
- **LAREVUEDURABLE (Décembre 2005-Janvier 2006).** Rencontre avec Mathis Wackernagel : le monde vit au-dessus de ses moyens écologiques. Dans : Sur la piste d'une mobilité différente, dossier n2 18.
- **Lenzen, M. 2001.** A generalized input-output multiplier calculus for Australia. Economic Systems Research 13(1), P, 65. P, 92.
- **Loh J., Wackernagel M. (éditeurs) (2004).** The Living Planet Report 2004.World Wildlife Fund for Nature, Gland, Suisse.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **MARC, S. (2002).** Les principes des systèmes d'information géographique. Thèse de doctorat. Géomatique. La Rochelle. P, 511.  
mars 2016.
- **MATE, (2006),** *Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement*, Alger : MATE. P, 490.
- **Monographie (2019).** (en ligne). (Consulté le 05/03/2022). Disponible sur le web : <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/monographie-.consulté> le 2022.
- **Karoui, N. 2016.** Lagglomération de Tlemcen : Étalement et recompositions urbaines. Université d'Oran 2 Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers: p 115
- **Nihel, M. K. (2016).** L'agglomération de Tlemcen: Étalement et recompositions urbaines .Oran :Université d'Oran.
- **Office National des Statistiques ONS (2019),** (en ligne). (Consulté le 25/05/2022). Disponible sur le web : <https://www.ons.dz/> .
- **Office National des Statistiques ONS(2008),** (en ligne). (Consulté le 25/05/2022). Disponible sur le web : <https://www.ons.dz/> .
- **Oumi, S. (2013).** Application des techniques nucléaires et de la télédétection à l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued mina. Master. Blida : l'école nationale supérieure d'hydraulique. p, 189.
- **PNUE/PAM, (2012),** État de l'environnement marin et côtier de la Méditerranée, PNUE/PAM –Barcelona Convention, Athènes, 96, p.
- **PNUE-Centre D'Activités Régionales, (2005),** Gestion intégrée de la zone côtière GIZC, Plan d'aménagement côtier (PAC) de la zone côtière algéroise, 126, p.
- **POPULATION DATA, (2015),** Atlas des populations des pays du monde, (en ligne). (Consulté le 12/08/2022). Disponible sur le web : <https://www.populationdata.net/pays/algerie/>
- **Priceputu, A.M. (2006).** Impacts des changements climatiques et vulnérabilité régionale en Suisse. Thèse No. 3719. Atelier de reproduction de la Section de Physique. Genève :Université de Genève.
- **Rees, W.E., 2001.** Ecological Footprint, Concept of, in: Encyclopedia of Biodiversity. Elsevier, New York, p ,229–p ,244.
- **Rousseaux, P., (1993).** Evaluation comparative de l'impact global du cycle de vie des produits, Master.Lyon :INSA de Lyon, p, 237.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **RPA, DEFRA (2005).** Sustainable Consumption and Production – Development of an Evidence Base. Study of Ecological Footprinting. Final Report.
- **RPA, DEFRA (2005).** Sustainable Consumption and Production – Development of an Evidence Base. Study of Ecological Footprinting. Final Report. <http://www.defra.gov.uk/environment/business/scp/pdf/footprint-final.pdf>
- **Touat, N. (2016).** Diffusion d’urbanisation et tendance à la conurbation cas de Tipasa ; Algérie. Institut de Gestion et Techniques Urbaines, Université Constantine 3, Algérie. P 61-68. <http://revue.umc.edu.dz/index.php/d/article/view/2151/2294> United Nations Department of Economic and Social Affairs. Work Programme on Indicators of Sustainable Development. Dans: United Nations Department of Economic and Social Affairs (2001). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies.
- **Wackernagel, M., Monfreda, C., (2005).** **National Footprint and Biocapacity Accounts 2005:** The underlying calculation method. Global Footprint Network, Oakland, CA.
- **Wackernagel, M., REES, W. (1996).** Notre empreinte écologique. Editions Ecosociété, Montréal, Québec.
- **Wackernagel, M., Rees, W., (1999).** Notre empreinte écologique Comment réduire les conséquences de l’activité humaine sur terre. Écosociété.
- **Wackernagel, M., Yount, J.D., (2000).** Footprints for Sustainability: The Next Steps. Environment, Development and Sustainability 2, p, 21 p, 42
- **Wackernagel, Mathis et William Rees. (1998).** Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. New Society Publishers.
- **World wide Fund WWF (2006).** WWF Response to “Sustainable Consumption and Production –Development of an Evidence Base Study of Ecological Footprint” conducted by RPA for DEFRA

## Annexe

### Annexe 01. Calcule le poids des matériaux

Tableau 13. Calcul du poids des matériaux (Brique) pour AADL

matière	quantité	unité	nombre total	nombre brique pour logement	poids pour logement (t)
Brique double	1805,7	m <sup>2</sup>	60190	1671,94444	5,85180556
Brique single	2972,7	m <sup>2</sup>	49545	1376,25	4,816875

Tableau 14. Calcule du poids des matériaux (Acier et Béton) pour AADL

Matière	type	quantité	unité	quantité pour logement	unité par tonnes
Béton	k350	1675.23	m <sup>3</sup>	46.53	16.29
Béton	k150	51.6	m <sup>3</sup>	1.43	0.22
Acier	/	88.17	m <sup>3</sup>	2.45	19

Tableau 15. Calcul du poids des matériaux (Brique) pour auto-construction

type de matériaux	quantité	unité	nombre de brique	poids de brique(t)
Brique simple	160	m <sup>2</sup>	2666.7	9.3
Brique double	156.6	m <sup>2</sup>	5218.4	18.3
totale	/	/	/	27.6

Tableau 16. Calcul du poids des matériaux (Acier et Béton) pour auto-construction

type de matériaux	Quantité	Unité	unité par tonnes
Béton	42.75	m <sup>3</sup>	14.96
Acier	2.25	m <sup>3</sup>	17.55

## Annexe

Tableau 17. Calcul du poids des matériaux (Brique) pour LPP-LPA-OPGI

Type de matière	quantité	unité	nombre total	nombre brique pour Logement	poids pour logement
Brique double	1 100	m <sup>2</sup>	36 666.7	1 833.33	6.42
brique single	1 157	m <sup>2</sup>	19 283.33	964.17	3.37
Totale	/	/	/	/	9.79

Tableau 18. Calcul du poids des matériaux (Acier et Béton) pour LPP-LPA-OPGI

Matière	type	quantité	unité	quantité pour logement	unité par tonnes
Béton	k350	1563,51	m <sup>3</sup>	78,1755	27,361425
Béton	k150	103,7	m <sup>3</sup>	5,185	0,77775
Acier	/	82,29	m <sup>3</sup>	4,1145	32,0931

## Annexe 02. Travaux sur GEMIS

### Acquisition de données par GEMIS

Pour permettre de déterminer facilement, l'utilisation des ressources ou les émissions de GES, il existe plusieurs modèles et bases de données qui calculent les cycles de vie, en particulier pour les systèmes énergétiques. Parmi ces modèles, GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems) est un outil du domaine public qui permet d'évaluer les impacts environnementaux et les coûts des systèmes énergétiques, matériels et de transport. Et des coûts des systèmes d'énergie, de matériaux et de transport, à savoir;

- \_ les émissions atmosphériques (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, particules, ...).
- \_ gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O,....).
- \_ les effluents aqueux (AOX, DBO, DCO, N et P).
- \_ les déchets solides (cendres, résidus du traitement des gaz de combustion, déchets de production).
- \_ l'utilisation des ressources (énergie primaire, matières premières et terrains).
- \_ En outre, GEMIS détermine les coûts économiques et les bilans d'emploi (European commission. 2020).

## **Annexe**

### **Structure de la base de données GEMIS**

Le fichier de données est divisé en quatre groupes;

#### **a. Produit**

Le programme GEMIS définit les produits comme les entrées et les sorties des processus. Les produits contiennent les informations nécessaires au calcul des caractéristiques énergétiques et environnementales des processus. La base de données standard GEMIS version comprend plus de 750 types de produits de base.

Les types de produits sont définis comme suit :

- \_ Transporteurs d'énergie, produits entrant ou sortant d'un processus, autres que le combustible, il peut s'agir d'électricité de la vapeur, de l'eau chaude,
- \_ Matériaux, produits entrant ou sortant d'un processus que les vecteurs d'énergie (composés chimiques composés chimiques, matériaux de construction, produits industriels et produits agricoles,...).

#### **b. Processus**

GEMIS définit un processus comme une activité spécifique, qui vise à transformer le produit d'entrée pour le produit de sortie. Toutefois, il peut être utilisé d'autres produits d'entrée auxiliaires (comme l'énergie auxiliaire), et peut se traduire par des extrants secondaires (par ex. émissions de substances nocives). Comme les processus, produits peuvent être détectés par des filtres, ce qui facilite grandement le travail puisque la version standard 4.3 comprend plus de 9 500 processus. GEMIS comprend les types de base suivants de processus;

- \_ Transformation de l'énergie (Énergie conversion), la combustion, les échangeurs de chaleur, les turbines.
- \_ La Transformation de la matière (Conversion), production d'acier, de produits chimiques.
- \_ Incinération (Combustion).
- \_ L'extraction et l'acquisition de matériaux (Extraction), comme le pétrole, les minerais, les carburants.
- \_ Le transport de marchandises, de personnes (Fret service de transport, transport de personnes).
- \_ Le traitement des déchets (Installation de traitement des déchets).

## Annexe

### c. Scénario

Modélisation d'études de cas à travers les chaînes de processus de compilation.

### d. Références

Informations sur l'origine des données.

Ces facteurs d'émission ont permis d'estimer l'énergie opérationnelle et l'énergie intrinsèque totale en utilisant la quantité de matériaux de construction de chaque type d'habitation, Un ensemble de matériaux consommés de manière répétée a été identifié par type et par poids.

Le tableau 2 et 3 ci-dessous présente l'inventaire des facteurs d'émission de GES par type de d'habitation et par électricité et gaz.

Tableau 19. Facteurs d'émission pour une tonne de logement par type d'habitation

Type	Facteurs d'émission (tco2)
(OPGI-LPA-LPP)	9,18E <sup>-01</sup>
Auto-construction	7,35E <sup>-01</sup>
AADL	8,87E <sup>-01</sup>

Tableau 20. Facteur d'émission d'électricité et gaz naturel

Type	facteur d'émission (tco2)
Électricité	1.05E <sup>-04</sup>
Gaz	5.51E <sup>-05</sup>

## Annexe

### Annexe 03. Calcule la surface urbanisée

Tableau 21. Calcul de la surface urbaine de la wilaya d'Alger

Type	Nombre de logement	Nombre de bâtiment	La surface de bâtiment (m <sup>2</sup> )	La surface totale (ha)
LPA	27 407	1370.35	280	38.3698
LPP	11 084	554.2	360	19.9512
LPL	109 273	5463.65	280	152.9822
OPGI	100 990	2 805.28	310	86.96
Auto-construction	13 455	/	100	134.55

Tableau 22. Calcul de la surface urbaine de la wilaya de Tipaza

Type	Nombre de logement	Nombre de bâtiment	La surface de bâtiment en m <sup>2</sup>	La surface totale (ha)
LPA	12 414	620.7	280	17.3796
LPP	1 372	68.6	360	2.4696
LPL	29 846	1492.3	280	41.7844
OPGI	6 027	167.4	310	5.19
Auto-construction	5 530		100	55.3

Tableau 23. Calcul de la surface urbaine de la wilaya de Tlemcen

Type	nombre de logement	nombre de bâtiment	la surface de bâtiment en m <sup>2</sup>	la surface totale
LPA	13 881	694,05	280	19,4334
LPP	192	9,6	360	0,3456
LPL	25 478	1273,9	280	35,6692
OPGI	4 800	133,333333	310	4,13333333
Auto-construction	16 707	/	100	167,07

## Annexe

### Annexe 04. Travaux sur plateforme ArcGIS

#### 2.3.1.1 Acquisition des images satellitaires

Au cours de cette étape, on a procédé au téléchargement des images satellitaires des sites web d'accès ouvert et disponible tel que **earthexplorer** (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Le processus de téléchargement des images a été effectué en délimitant d'abord, la zone de couverture satellitaire des régions d'Alger, Tipaza et Tlemcen, en déterminant ensuite le laps du temps souhaitable pour l'étude diachronique, en identifiant le satellite, sa version et le niveau de ses produits, il s'agit dans notre cas de Landsat 5 et de Landsat 8 de la collection 1 – niveau 1.

Enfin, pour la sélection des images à télécharger à partir des résultats, on a veillé à minimiser les traitements en choisissant celles qui ne contiennent pas de bruit atmosphérique couvrant la zone d'étude. Ce choix était difficile à faire du fait qu'il soit non seulement conditionné par l'absence de contamination nuageuse mais aussi par des prises de vue effectuées au cours du même mois ou de moins au cours de la même saison.

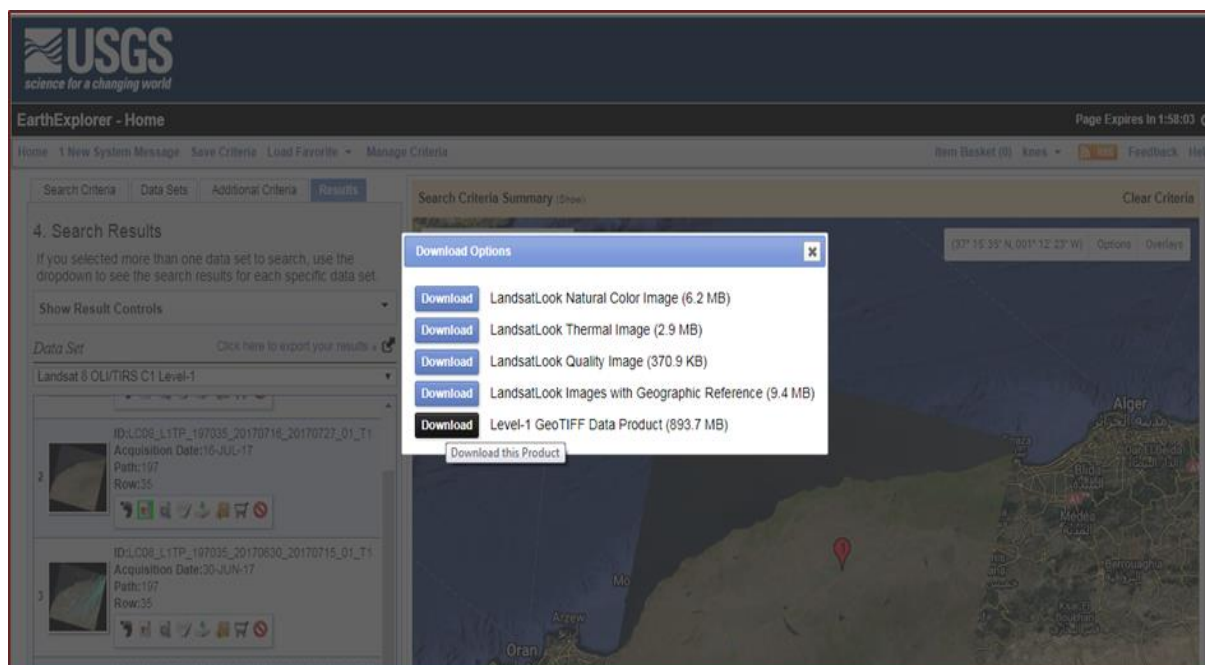


Figure 14. Illustration du téléchargement des images satellitaires

## **Annexe**

L'option choisie pour le téléchargement des données de chaque image est (Geo Tiff Data Product). Le dossier résultant est en format Zip, il regroupe les images relatives à toutes les bandes du capteur satellitaire, les fichiers des métadonnées, des GCP (Ground Control Points), de coefficient d'angle et de vérification.

### **2.3.1.2 Production des cartes d'occupation du sol**

#### **a. Présentation du matériel**

Le traitement et l'édition des cartes s'est faite à l'aide du logiciel ArcGIS qui est produit par Environmental Systems Research Institute (ESRI). ArcGIS est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées et analysées, le seul lien entre ces dernières est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées (Soudani, 2007).

#### **a) Méthodologie**

## Annexe

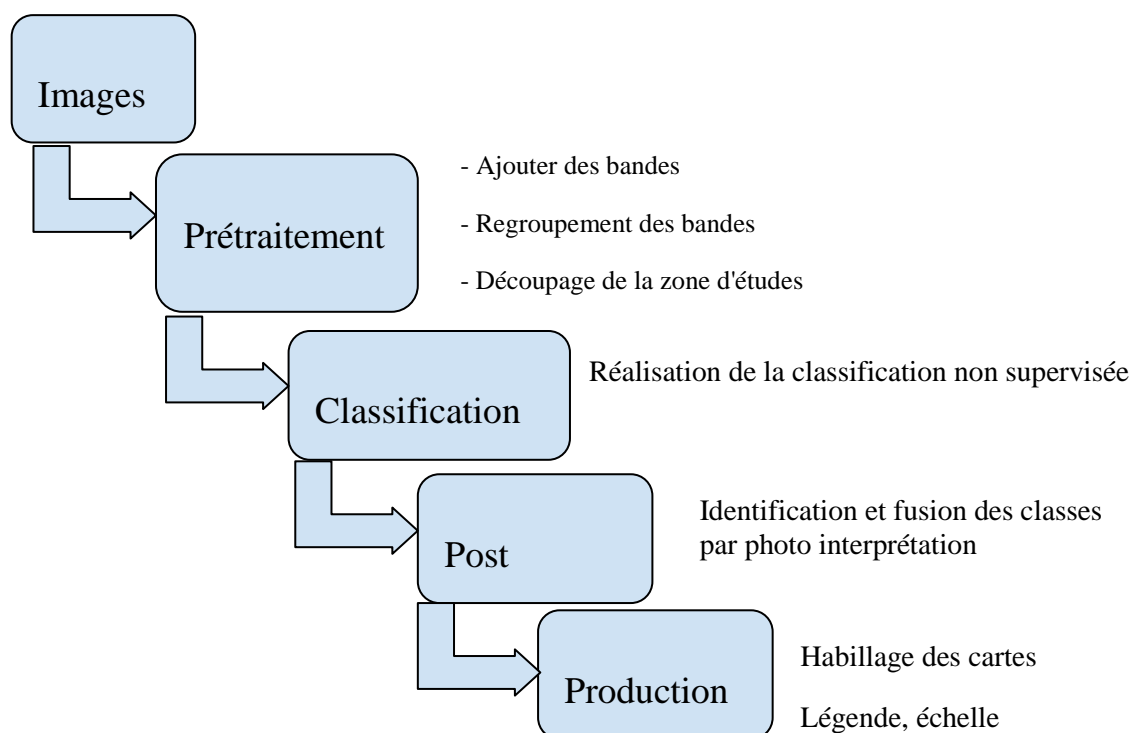


Figure 15. La méthodologie de la production de la carte d'occupation du sol

### b) Les classes d'informations choisies

Afin de réaliser nos cartes d'occupation des sols, nous avons déterminé quatre classes d'information dont on va travailler sur, qui sont : couvert végétal, plans d'eau, sol nu et terrain urbanisme. Le choix des classes d'information était en fonction de la résolution spatiale des images satellitaires utilisée et nous besoin.

### c) Ajouter des bandes

Dans le menu du catalogue, sélectionner les quatre bandes pour avoir la combinaison : Visible + Proche infrarouge (rouge, vert, bleu, PIR) c'est-à-dire les bandes 5, 4, 3, 2 pour LANDSAT 8 et 4,3, 2, 1 pour LANDSAT 5.

# Annexe

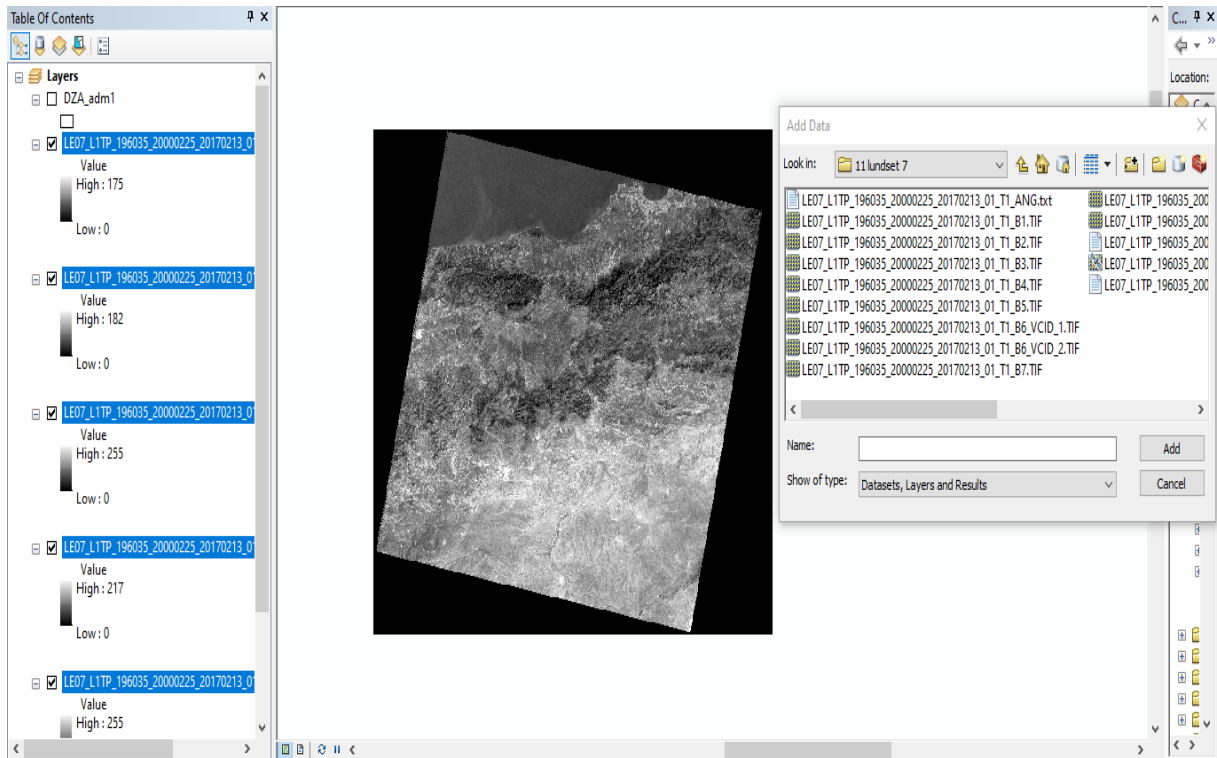


Figure 16. La combinaison des bandes

## d) Regroupement des bandes

La classification consiste à traiter simultanément la combinaison des quatre bandes. Cette étape construit un fichier qui regroupe toutes les bandes ajoutées et qui sera utilisé dans le reste du traitement.

1) Afficher la fenêtre de l'analyse d'image (figure).

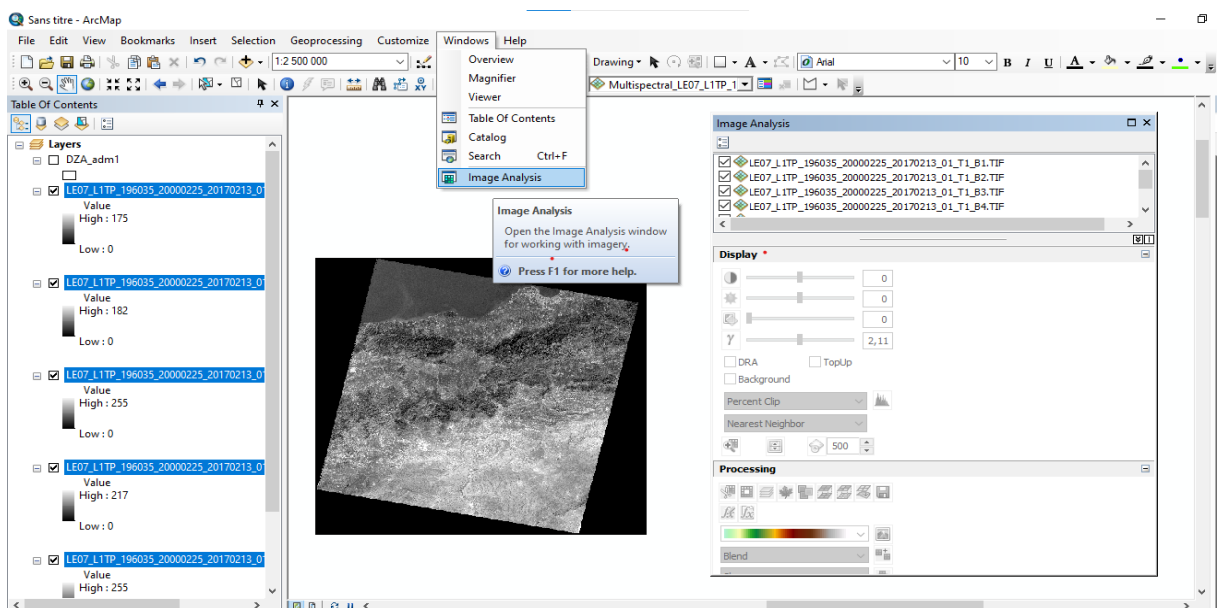


Figure 17. Regroupement des bandes étape 1



## Annexe

4) Une nouvelle couche s'affichant dans la table des matières qui contient les bandes regroupées (figure);

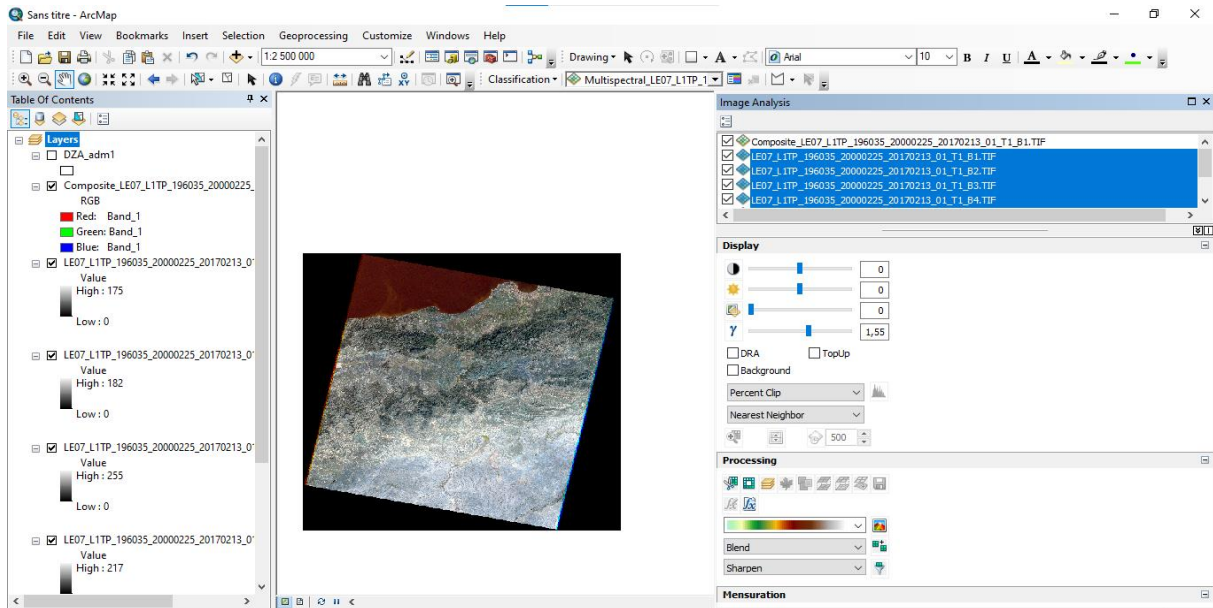


Figure 20. Regroupement des bandes étape 4

### e) Découpage de la zone d'étude

Après avoir ajouté le fichier qui délimite notre zone d'étude. Utiliser l'outil de découpage dans Arc Toolbox (Clip en anglais), puis remplir la fenêtre clip, afin d'avoir l'image découpée (figure).

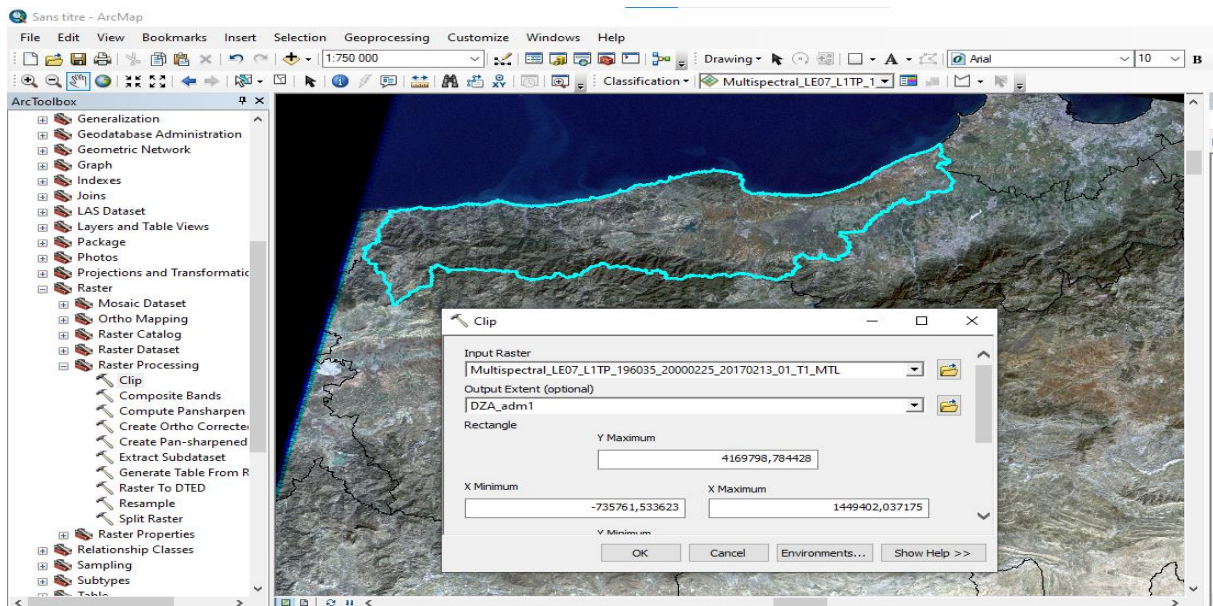


Figure 21. Découpage de la zone d'étude

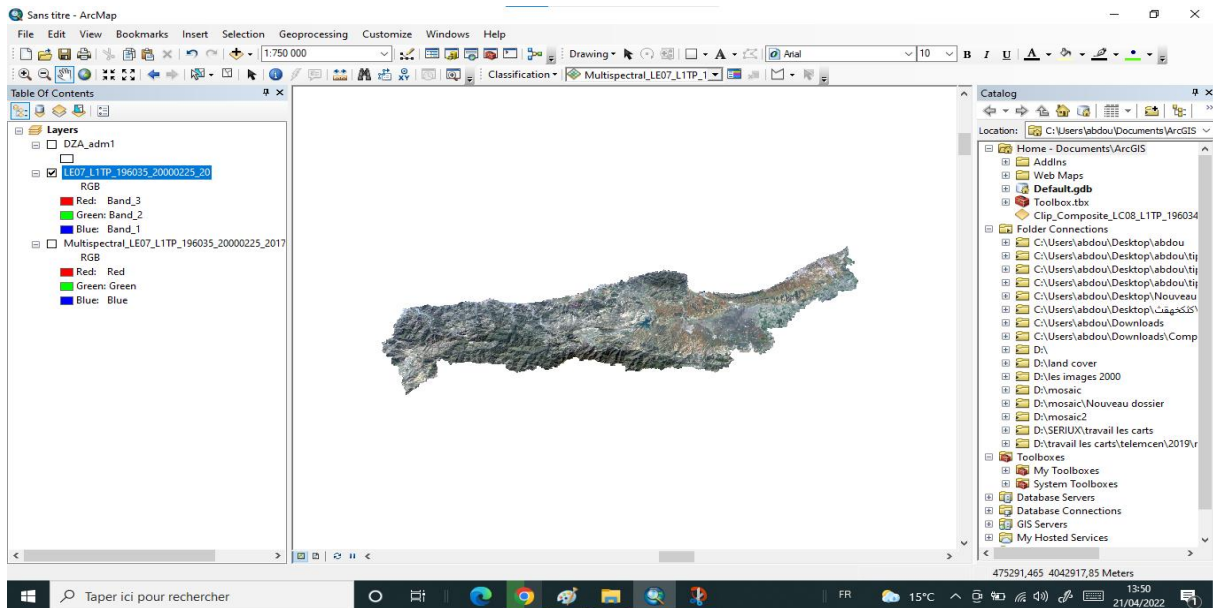


Figure 22. Image découpée de la zone d'étude

## f) Classification des images satellitaires

Elle consiste à classer chaque pixel d'une image satellitaire dans un thème précis en fonction de son information spectrale, ce qui fait que tous les éléments de l'image ayant des valeurs numériques relativement identiques soient attribués à la même classe, constituant ainsi des groupements homogènes. Il en existe principalement deux grandes catégories :

### f.1) Classification supervisée

Elle est également appelée « classification assistée ». Elle permet dans un processus numérique d'établir des classes thématiques des éléments de l'image, orientées par l'expertise et la capacité de distinction humaines, à partir d'un ensemble d'échantillons d'entraînement.

### I. Création des catégories d'intérêt (Region of Interest- ROI) ;

Cela est issu de l'identification des zones d'entraînement sur l'image, par le biais des entités géométriques (Point, polyligne, polygone...) qui seront affectées à des classes d'informations, telles que : (Tissu Urbain, Couverture végétale, eau...etc.) et qui serviront de référentiel pour la classification de tous les pixels de l'image. Cela requiert une bonne connaissance de l'espace géographique étudié et de ses composantes. Ici, l'on a rencontré des difficultés à

## Annexe

reconnaître les objets spatiaux du fait de la méconnaissance du contexte d'étude « les trois wilayas » mais aussi du fait que les images satellitaires soient de moyenne résolution.

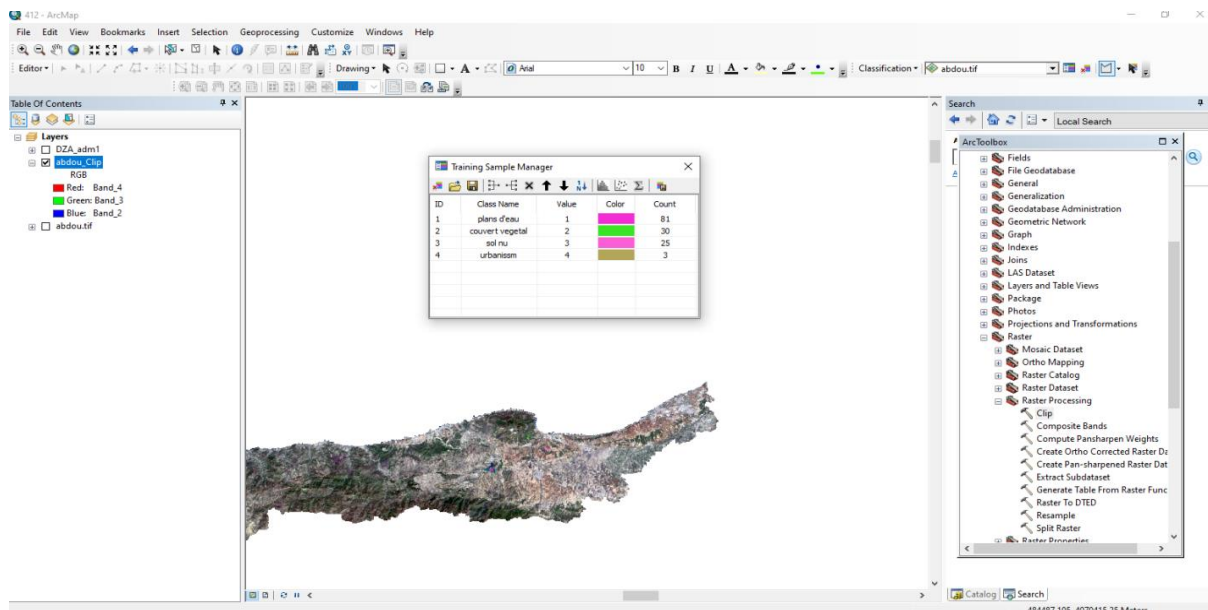


Figure 23. Création des catégories d'intérêt

## II. Choix de la méthode et génération de la classification

Cela consiste à choisir la méthode de classification supervisée qui correspond le mieux à l'objet de la thématique choisie et qui permet d'aboutir à de meilleurs résultats. Parmi les méthodes recensées, on distingue celle de « Maximum de Vraisemblance », qui a été choisie et appliquée sur les images. La génération de la classification s'effectue en sélectionnant les classes depuis les régions d'intérêt ainsi que les attributs du fichier en sortie.

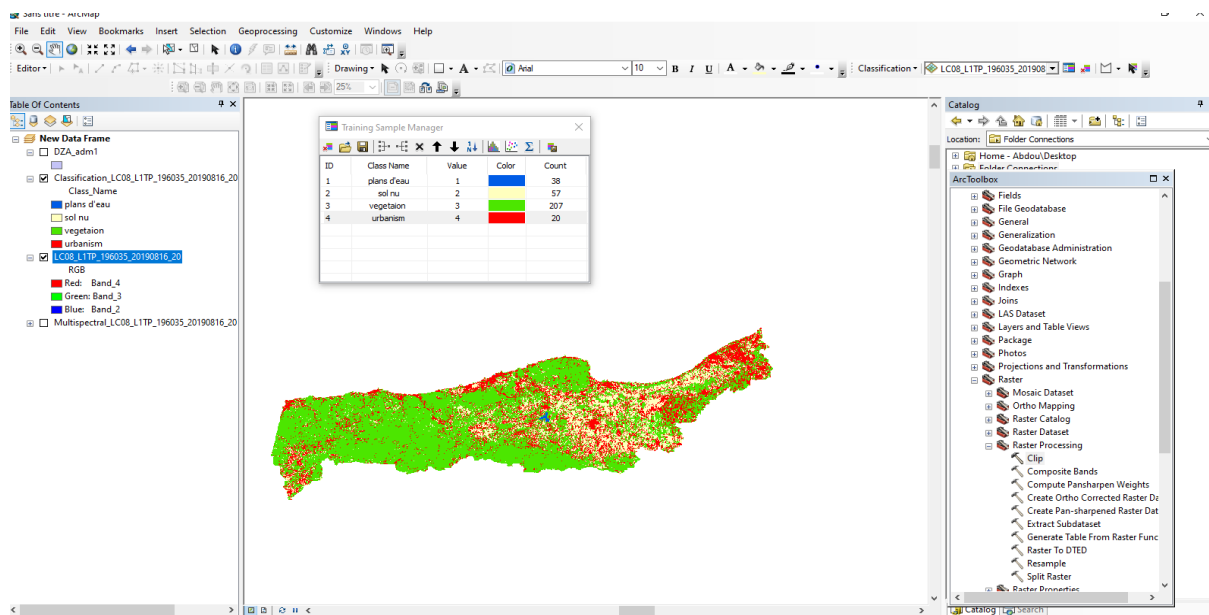


Figure 24. Production de la carte d'occupation du sol par la méthode de la classification supervisée

## f.2) Classification non-supervisée

Appelée également « classification non supervisée ou non-dirigée », elle consiste à repérer les classes spectrales de l'image automatiquement après avoir déterminé le nombre de classes souhaité et des itérations à effectuer. Il en existe également plusieurs méthodes, dont celle de « K-Means ». Après la génération de la classification, il est possible d'associer les catégories résultantes à des groupes d'informations en interpellant une analyse visuelle de l'image.

# Annexe

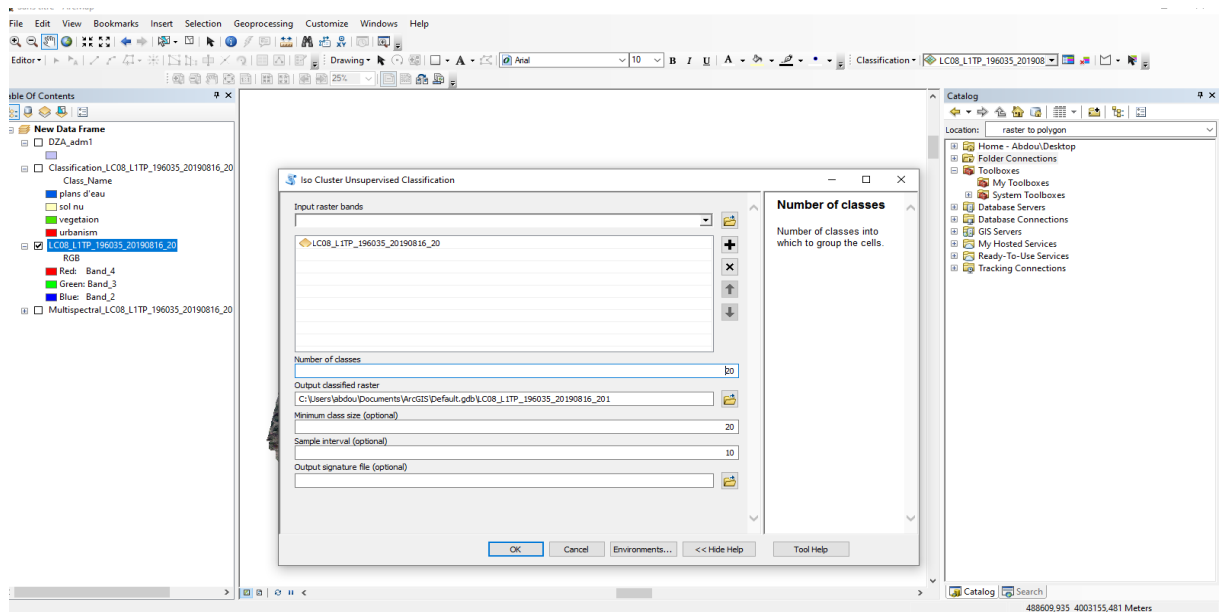


Figure 25. Repérage des classes spectrales de l'image automatiquement

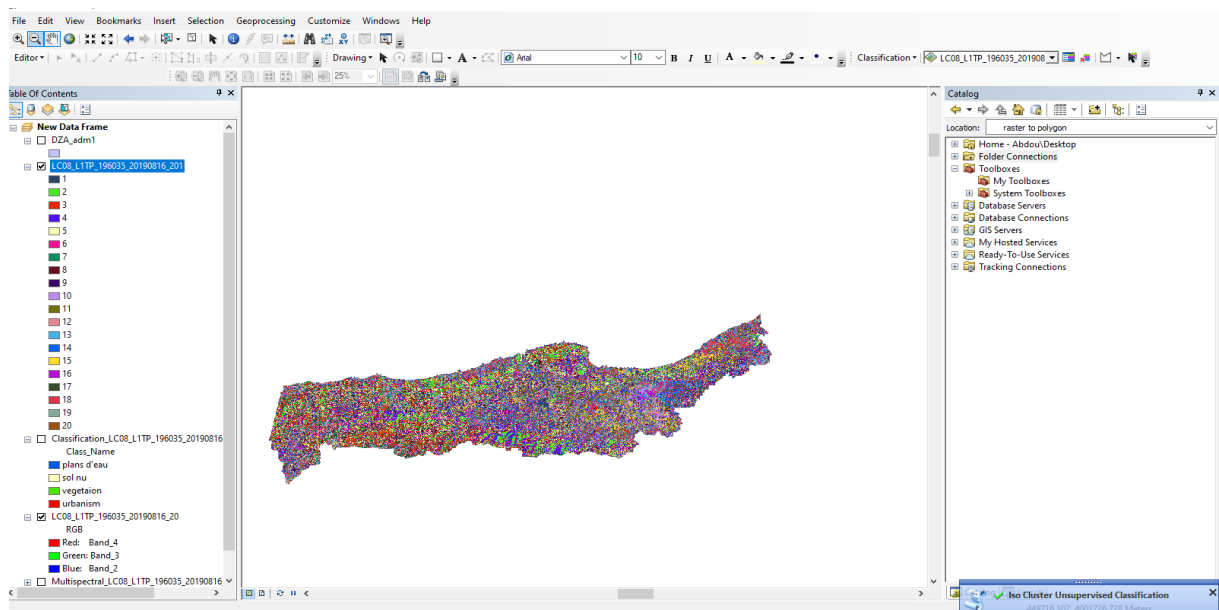


Figure 26. Production de la carte d'occupation du sol par la méthode de la classification non supervisée

## Post classification

Cette opération s'applique sur le résultat de la classification dans le but de le raffiner et de rehausser sa qualité.

## g) Transformation de la classification en vecteur

Ce processus permet de convertir les classes, du mode Raster (où l'information est contenue dans des pixels) en mode Vecteur (où l'information est contenue dans des entités géométriques (point, ligne ou polygone)). Cette opération se fait par une fonction (raster to polygon).

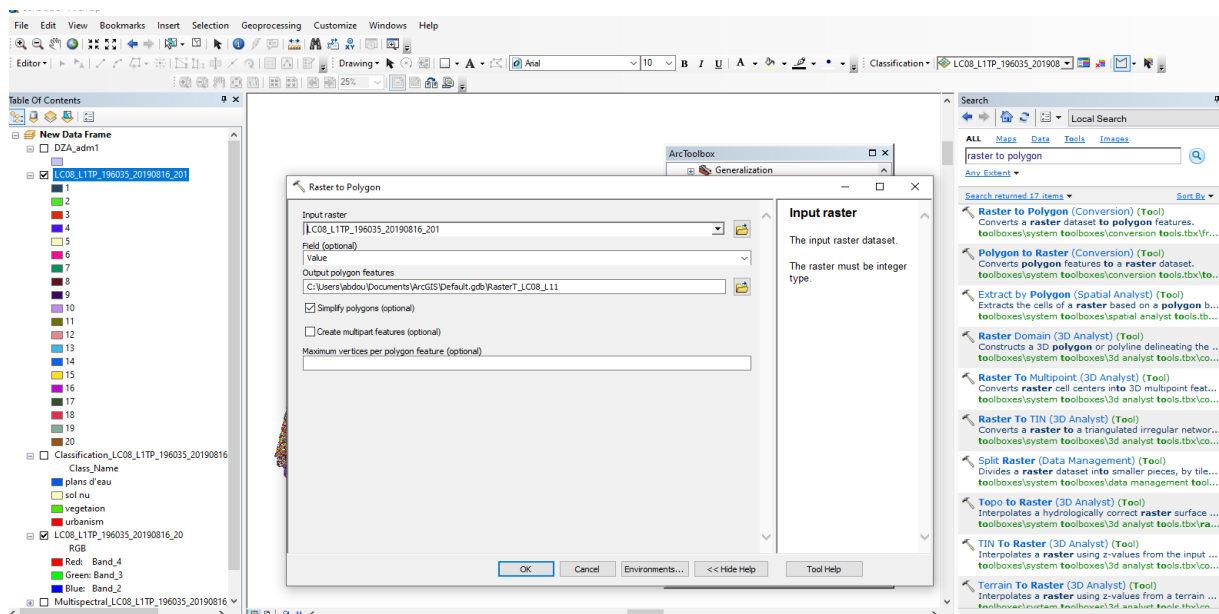


Figure 27. La conversion des classes du mode raster en mode vecteur

## h) Habillage des cartes

Le mode Layout View dans le menu principal View permet de faire une mise en page appropriée de la carte qu'on a produite, en offrant la possibilité de choisir et d'insérer la barre d'échelle associée, la légende, le titre, ainsi d'autre texte .

# Annexe

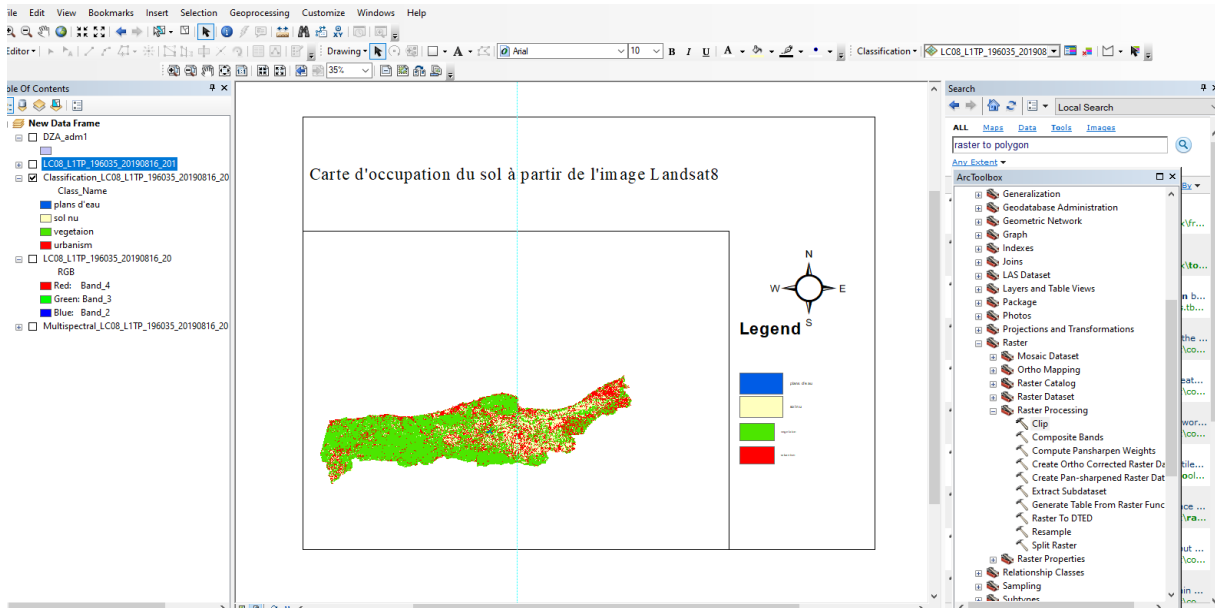


Figure 28. Habillage de carte d'occupation à partir de l'image Landsat

## i) Calcul des surfaces

Dans le but de désigner la surface de chaque classe, il est nécessaire de créer une nouvelle colonne dans la table des attributs. Calcule de la surface de chaque classe.

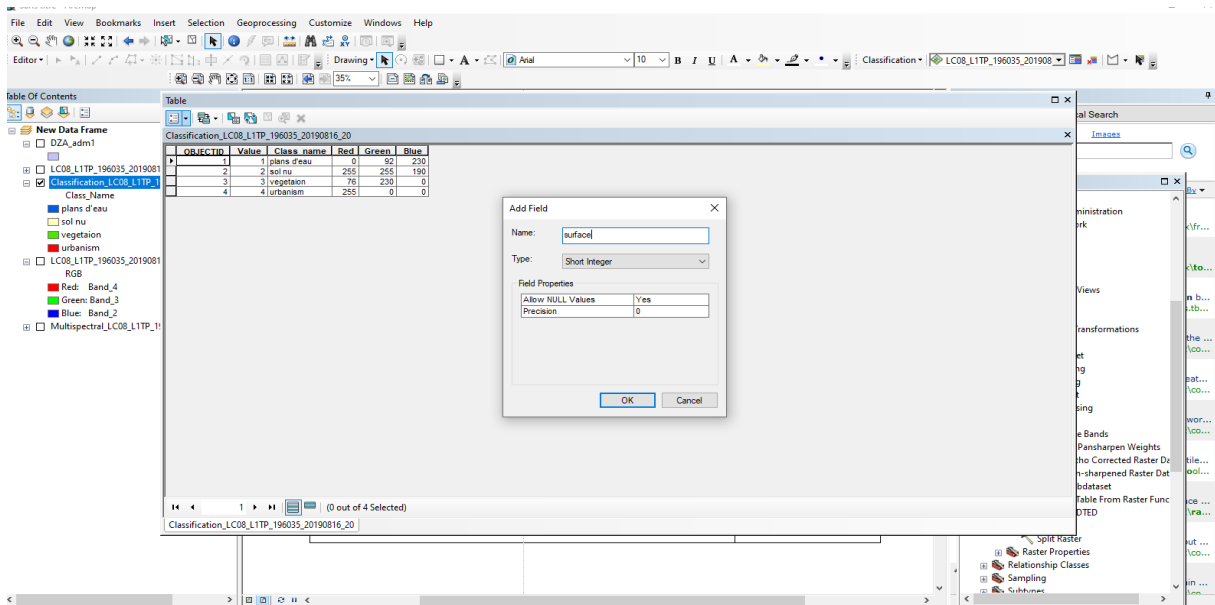


Figure 29. Illustration de la Création d'une nouvelle colonne dans la table des attributs

# Annexe

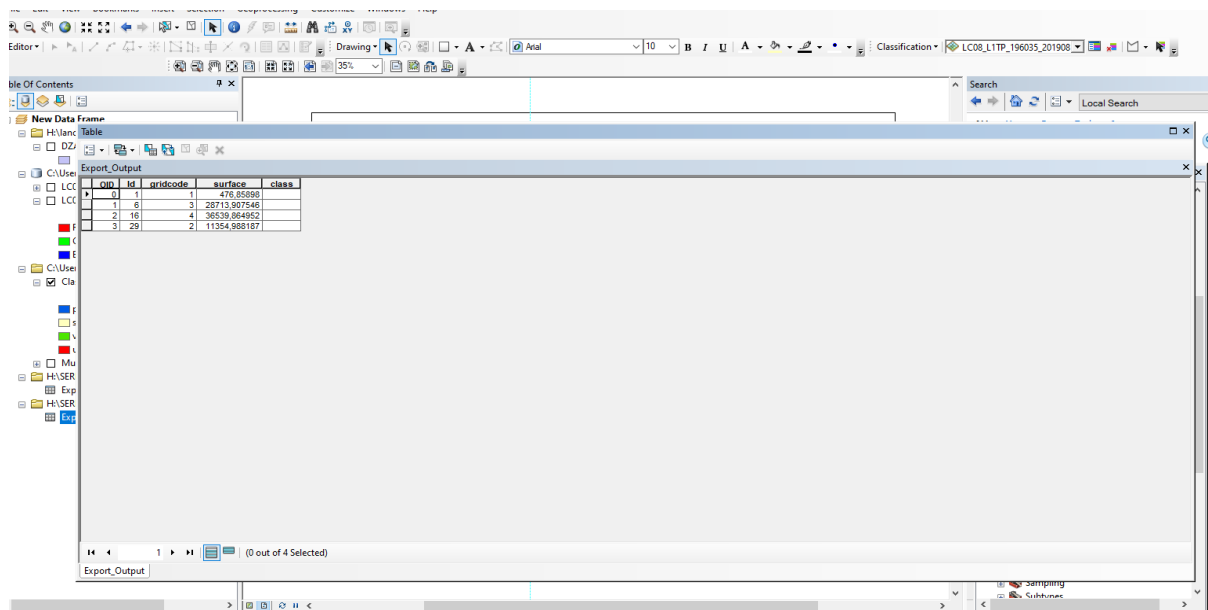


Figure 30. Calcule de la surface par classe