

République Algérienne Démocratique Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLAB – BLIDA 1
Institut d'Architecture et d'Urbanisme
Laboratoire : Environnement et Technologie pour l'Architecture et le Patrimoine (ETAP)



Thèse de Doctorat D/LMD
Spécialité : Architecture Urbaine et Environnement

**L'IMPACT DE L'ELEMENT VEGETAL SUR LA FABRIQUE DU
TISSU URBAIN. CAS DE LA VILLE DE GUELMA.**

Soutenue par :

BECHAA Teqwa

Sous la Direction de :

Pr. DAHMANI Krime & Pr. ALAKAMA Djamel

Composition du jury

Noms et prénoms	Qualité	Grade	Etablissement
Dr.AIT SAADI Mohamed El- Hocine	Président	MCA	Université Blida 1
Pr. DAHMANI Krime	Rapporteur	Professeur	Université Médéa
Pr. ALKAMA Djamel	Co-rapporteur	Professeur	Université de Guelma
Dr. KHELIFI Lamia	Examinatrice	MCA	Université Blida 1
Dr. BENKAHOUL Leila	Examinatrice	MCA	Université Blida 1
Dr. BOUKHELKHAL Islam	Examineur	MCA	Université Constantine 3

Année universitaire : 2024/ 2025

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, fruit de longues années d'efforts et de persévérance, à celles et ceux qui ont été les piliers de mon parcours.

À ma mère, lumière de ma vie, dont l'amour inconditionnel, les sacrifices silencieux et la tendresse inépuisable ont nourri mon courage et ma détermination.

À mon père, modèle de sagesse et de dévouement, qui a toujours veillé sur moi avec constance, et dont les paroles ont guidé mes pas avec sérénité et confiance.

À mon frère Sabri, pour son soutien discret mais essentiel.

À Besma, ma grande sœur si spéciale, pour son affection indéfectible, son écoute et sa bienveillance.

À Arafa, ma petite sœur, pour sa douceur, sa patience et ses encouragements sincères.

À la mémoire de mes grands-parents, dont l'amour continue de m'accompagner.

À mes neveux Anes, Adem et Abd Rahmen, sources de joie au quotidien.

À mes amies fidèles Hanene, Ghada et Meryem.

À mes collègues des universités de Guelma et de Blida.

Enfin, à tous ceux qui ont cru en moi, même dans le silence : cette thèse vous est dédiée.

Bechaa Teqwa

Remerciement

Je rends grâce à **Allah**, Le Tout-Puissant, pour le soutien spirituel, la constance et la sérénité qu'Il m'a accordés tout au long de ce parcours. C'est par Sa volonté et Sa bienveillance que ce projet a pu voir le jour.

Je remercie chaleureusement mes directeurs de thèse, le Professeur **Krimo DAHMANI** et le Professeur **Djamel ALKAMA**, pour la qualité de leur encadrement, la pertinence de leurs orientations, leur disponibilité constante et la confiance qu'ils m'ont accordée tout au long de ce travail. Leur accompagnement a été déterminant dans l'aboutissement de cette thèse.

Mes remerciements vont également aux membres du jury, **Dr. AIT SAADI Mohamed El-Hocine**, **Dr. KHELIFI Lamia**, **Dr. BENKAHOUL Leila** et **Dr. BOUKHELKHAL Islam** qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail et d'enrichir sa portée scientifique par leurs observations pertinentes.

Je suis profondément reconnaissante envers l'ensemble des enseignants-chercheurs qui ont contribué à ma formation académique au cours de ces années, en particulier le **Dr. Assoul DECHAICHA**, pour son implication et son soutien constant.

Mes remerciements vont également aux membres du groupe **Dr. Kemal Mert Çubukçu**, qui m'a accueillie chaleureusement lors de mon séjour scientifique à l'Université Dokuz Eylul d'Izmir (Turquie), ainsi qu'aux professeurs **Antonio Taccone**, **Concetta Fallanca**, **Aurora Angela Pisano**, et aux doctorantes **Maria Teresa Rizzo** et **Valentina Monteleone** pour leur accueil et leur précieuse collaboration au sein de l'Université Mediterranea de Reggio Calabria (Italie).

Une pensée profondément reconnaissante est adressée à **Mes Parents**, pour leur affection constante, leurs sacrifices silencieux et leur soutien indéfectible, sans lesquels l'aboutissement de ce travail n'aurait été possible.

Enfin, je remercie chaleureusement mes ami(e)s et toutes les personnes, proches ou lointaines, qui m'ont apporté un soutien moral, intellectuel ou logistique à différents moments de ce parcours exigeant. Leur présence m'a été précieuse.

Merci à toutes les personnes qui m'a accompagné de près ou de loin dans ce parcours de formation.

Résumé

L'élément végétal, dans un contexte d'urbanisation rapide à Guelma (Algérie), constitue le cœur de cette étude, qui examine son impact sur les transformations urbaines à travers ses interactions avec les dynamiques paysagères, sociales et environnementales. L'objectif principal est de décrypter les logiques d'évolution du tissu urbain et de ses rapports avec le végétal, dans une perspective de développement durable. Il s'agit d'analyser les transformations spatiales, de comprendre les perceptions et les attentes des habitants, et de formuler des recommandations pour renforcer la présence et la qualité du végétal dans la ville de demain. La démarche repose sur une analyse spatio-temporelle des surfaces végétalisées à partir d'images satellitaires (1987, 2003, 2019), couplée à l'utilisation de SIG et de métriques paysagères (PLAND, LPI, AREA-MN, NP, LSI, AI), ainsi que sur une enquête qualitative menée auprès des habitants. Cette approche croisée permet d'évaluer à la fois l'évolution écologique du paysage urbain et les perceptions sociales associées à la végétation. Les résultats montrent une régression marquée du couvert végétal durant les 32 années étudiées, accompagnée d'une fragmentation croissante et d'une perte progressive de connectivité écologique. Les métriques paysagères confirment une multiplication des fragments, une diminution de leur taille moyenne et une dispersion accrue, traduisant une pression urbaine soutenue sur les espaces verts et agricoles. Sur le plan social, les habitants expriment un manque de végétation, une répartition jugée insuffisante et une forte attente d'espaces verts accessibles, qu'ils associent au bien-être, au confort urbain et à la qualité de vie. L'étude souligne ainsi la nécessité d'inscrire le végétal au cœur des stratégies de planification, en tant qu'acteur central de l'équilibre et de la durabilité urbaine.

Mots-clés : Elément végétal, Tissu urbain, Paysage urbain, fabrique urbaine, Guelma.

Abstract

In the context of rapid urbanization in Guelma (Algeria), vegetation constitutes the focus of this study, which examines its impact on urban transformations through its interactions with landscape, social, and environmental dynamics. The primary objective is to decipher the patterns of urban fabric evolution and its relationship with vegetation from a sustainable development perspective. This involves analyzing spatial transformations, understanding residents' perceptions and expectations, and formulating recommendations to enhance the presence and quality of vegetation in the city of tomorrow. The methodology combines a spatio-temporal analysis of vegetated surfaces based on satellite imagery (1987, 2003, 2019), the use of Geographic Information Systems (GIS) and landscape metrics (PLAND, LPI, AREA-MN, NP, LSI, AI), with a qualitative survey conducted among residents. This cross-disciplinary approach makes it possible to assess both the ecological evolution of the urban landscape and the social perceptions associated with vegetation. The results indicate a marked decline in vegetation cover over the 32-year period, accompanied by increasing fragmentation and a progressive loss of ecological connectivity. Landscape metrics confirm a multiplication of fragments, a reduction in their average size, and greater dispersion, reflecting sustained urban pressure on green and agricultural spaces. Socially, residents report a lack of vegetation, perceive its distribution as insufficient, and express a strong demand for accessible green spaces, which they associate with well-being, urban comfort, and quality of life. Overall, the study emphasizes the necessity of placing vegetation at the heart of urban planning strategies, recognizing it as a central actor in achieving urban balance and sustainability.

Keywords: Vegetation element, Urban tissue, Urban landscape, Urban fabric, Guelma.

الملخص

يُشكل العنصر النباتي، في سياق التحضر السريع في مدينة قالمة (الجزائر)، محور هذه الدراسة، التي تهدف إلى دراسة تأثيره على التحولات الحضرية من خلال تفاعلاته مع الديناميات المنظرية والاجتماعية والبيئية. الهدف الرئيسي هو فك رموز منطق تطور النسيج الحضري وعلاقاته بالنبات، في منظور التنمية المستدامة. تتناول الدراسة تحليل التحولات المكانية، وفهم تصورات وتطلعات السكان، وصياغة توصيات لتعزيز وجود وجودة النباتات في مدينة الغد. تعتمد المنهجية على تحليل زمني-مكاني للمناطق المغطاة بالنباتات باستخدام صور فضائية (1987، 2003، 2019)، مدعومة بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (SIG) ومؤشرات المنظر الطبيعي (AI، LSI، NP، AREA-MN، LPI، PLAND)، بالإضافة إلى دراسة نوعية ميدانية موجهة إلى السكان. وتتيح هذه المقاربة المزدوجة تقييم التطور الإيكولوجي للمشاهد الحضري من جهة، والتصورات الاجتماعية المرتبطة بالنبات من جهة أخرى. تُظهر النتائج تراجعًا ملحوظًا للغطاء النباتي خلال 32 سنة، مصحوبًا بتزايد التجزؤ وفقدان تدريجي للاتصال البيئي. وتؤكد مؤشرات المنظر الطبيعي زيادة عدد القطع، وانخفاض متوسط حجمها، وتزايد تشتتها، مما يعكس الضغط الحضري المستمر على المساحات الخضراء والزراعية. على الصعيد الاجتماعي، يعبر السكان عن نقص في المساحات الخضراء، وتوزيع غير كافٍ، وتطلعات قوية لمساحات خضراء يسهل الوصول إليها، التي يرتبطون بها بالرفاهية والراحة الحضرية وجودة الحياة. تؤكد الدراسة بذلك على ضرورة وضع النبات في قلب استراتيجيات التخطيط الحضري، باعتباره عنصرًا محوريًا لتحقيق التوازن والاستدامة في المدن.

الكلمات المفتاحية: العنصر النباتي، النسيج الحضري، المنظر الحضري، التشكيل الحضري، قالمة.

Tables de matière

Dédicace	I
Remerciement.....	II
Résumé	III
Abstract	IV
الملخص	V
Tables de matière.....	VI
Glossaire.....	XVII
Liste des figures	XIX
Liste des tableaux	XXII

Chapitre introductif	1
I. Introduction générale	2
II. Problématique	5
III. Hypothèses de la recherche	6
IV. Objectifs de la recherche	6
V. Etat de l'art.....	7
V.1. Positionnement épistémologique de la thèse	7
V.1.1. Fondements théoriques internationaux	7
V.1.1.1. Analyse appliquée au contexte maghrébin et algérien	9
V.1.1.2. Cas opérationnels / études locales	11
V.1.1.3. Approches méthodologiques mobilisées dans la littérature	12
V.1.2. Cadre conceptuel.....	13
V.1.2.1. Élément végétal	13
V.1.2.2. Tissu urbain	13
V.1.2.3. Fabrique urbaine.....	13
V.1.2.4. Le paysage urbain.....	13
VI. Méthodologie	13
VII. La structuration de la thèse.....	16
VIII. Contribution Scientifique	18

Chapitre 1

Le Végétal : Élément vital de la dynamique urbaine durable.....	20
--	-----------

1.1.	Introduction	21
1.2.	La végétation en contexte urbain	22
1.2.1.	De l'infrastructure verte urbaine à l'élément végétal.....	23
1.2.2.	Le rôle de l'élément végétal dans la fabrication de la ville durable	27
1.3.	Les fonctions de la végétation en milieu urbain : un rôle multifacette	29
1.3.1.	Fonctions environnementales :.....	29
1.3.1.1.	Amélioration du microclimat urbain	29
1.3.1.2.	Protection des sols contre l'érosion	29
1.3.1.3.	Régulation hydrologique et préservation des ressources en eau	30
1.3.1.4.	Fonctions épuratrices et assainissement microbiologique.....	30
1.3.1.5.	Contribution à la biodiversité urbaine	30
1.3.1.6.	Atténuation des nuisances sonores et visuelles	30
1.3.2.	Fonctions sociales et culturelles :.....	31
1.3.2.1.	Amélioration du bien-être et de la santé	31
1.3.2.2.	Création d'espaces de rencontre et de convivialité	32
1.3.2.3.	Valorisation du paysage urbain et du patrimoine naturel	32
1.3.2.4.	Participation à l'équilibre urbain :.....	32
1.3.2.5.	Rôle éducatif et recherche scientifique.....	33
1.3.3.	Fonctions urbanistiques et morphologiques :	33
1.3.3.1.	Structuration de l'espace urbain	33
1.3.3.2.	Contribution à la qualité des espaces publics	33
1.3.3.3.	Influence sur les formes urbaines et l'architecture.....	34
1.3.3.4.	Rôle dans la requalification des espaces urbains dégradés.....	34
1.3.4.	Fonction économique	34
1.3.4.1.	Tourisme.....	34
1.3.4.2.	Production et stockage d'eau potable	35
1.3.4.3.	Agriculture-élevage (agriculture périurbaine ou agroparc)	35
1.3.4.4.	Sylviculture et exploitation des forêts	35
1.4.	Formes de vegetation urbaine	35
1.4.1.	Espaces verts ouverts : parcs publics et jardins communautaires.....	36
1.4.2.	L'allée : Élément structurant du paysage linéaire	37
1.4.3.	Le cours.....	37
1.4.4.	L'Avenue	37
1.4.5.	Le Boulevard.....	38
1.4.6.	Quais	38

1.4.7.	Les Squares	38
1.4.8.	Les places	39
1.4.9.	Jardins privés urbains.....	39
1.4.10.	Arbres urbains	39
1.4.11.	Systèmes de végétalisation verticale (SVV) : murs végétalisés	40
1.4.12.	Toitures végétalisées	40
1.5.	Végétation urbaine entre gestion et adaptation	41
1.5.1.	Gestion des infrastructures vertes urbaines (IVU).....	41
1.5.1.1.	Technologies de télédétection et systèmes d'information géographique (SIG) 42	
1.5.1.2.	Systèmes d'irrigation intelligents	43
1.5.1.3.	Outils de suivi écologique	43
1.5.1.4.	Modélisation climatique, analyse de données et intelligence artificielle (IA)	43
1.6.	Défis du développement des infrastructures vertes pour une ville urbaine résiliente ...	44
1.6.1.	Déficits stratégiques.....	44
1.6.2.	Perception citoyenne	45
1.7.	Conclusion.....	46

Chapitre 2

Le tissu urbain à la loupe : Morphologie, densités et interactions entre ville et végétal . 48

2.1.	Introduction	49
2.2.	Tissu urbain : Définitions, composantes essentielles et interactions systémiques urbain 49	
2.2.1.	Clarification conceptuelle	49
2.2.1.1.	Définition du tissu urbain	49
2.2.1.2.	Approches disciplinaires du tissu urbain	50
2.2.1.2.1.	Urbanisme : Morphologie et perception de l'espace	50
2.2.1.2.2.	Géographie sociale : Pouvoir, inégalités et justice spatiale.....	50
2.2.1.2.3.	Écologie urbaine : Interactions socio-écosystémiques	50
2.2.1.3.	Les dimensions du tissu urbain (spatiale, fonctionnelle, sociale, etc.).....	51
2.2.1.3.1.	Dimension spatiale	51
2.2.1.3.2.	Dimension fonctionnelle.....	51
2.2.1.3.3.	Dimension sociale.....	51
2.2.1.4.	Autres Notions Clés liées au tissu urbain	51
2.2.1.4.1.	Urbanisation.....	51

2.2.1.4.2.	Formes urbaines.....	51
2.2.1.4.3.	Granularité	52
2.2.1.4.4.	Trame (verte, bleue, viaire)	52
2.2.2.	Échelles d'analyse du tissu urbain	52
2.2.3.	Les éléments constitutifs du tissu urbain	52
2.2.3.1.	Infrastructure	53
2.2.3.1.1.	Réseaux de mobilité (types, hiérarchies).....	53
2.2.3.1.2.	Réseaux techniques et services urbains (eau, énergie, assainissement, gestion des déchets).....	53
2.2.3.2.	Superstructure	53
2.2.3.2.1.	Bâtiments	53
2.2.3.2.2.	Espaces publics : (typologies, fonctions, rôles).....	54
2.2.3.2.3.	Mobilier urbain	54
2.2.4.	Organisation et interactions au sein du tissu urbain.....	54
2.2.4.1.	Couplages fonctionnels et spatiaux	55
2.2.4.2.	Superpositions et interdépendances.....	55
2.3.	Morphologie urbaine : formes, évolutions et outils d'analyse.....	56
2.3.1.	Concepts fondamentaux de la morphologie urbaine.....	56
2.3.1.1.	Définition de la morphologie urbaine.....	56
2.3.1.2.	Les enjeux de la morphologie urbaine.....	56
2.3.2.	Le système morphologique : structures et logiques de fabrication.....	58
2.3.2.1.	Composantes morphologiques et leur interrelation	58
2.3.2.1.1.	Définition des composantes morphologiques.....	58
2.3.2.1.2.	Interrelations systémiques	59
2.3.2.2.	Structures urbaines	59
2.3.2.2.1.	Typologies de formes urbaines.....	60
a)Îlot		60
b)Tissu pavillonnaire.....		60
c)Grands ensembles.....		60
2.3.2.2.2.	Hiérarchies spatiales et logiques d'organisation	60
2.3.2.3.	Logiques et acteurs de la production urbaine	61
2.3.2.3.1.	Processus historiques et contemporains de planification et de développement urbain	61
a)Période pré-moderne : Villes médiévales		61
b)Époque industrielle : Planification autoritaire haussmannienne		61
c)Mouvement moderne : Charte d'Athènes (1933).....		61

d)Ère néolibérale : Financiarisation et partenariats public-privé (PPP)	61
e)Transition écologique : Agendas 21 et ODD	62
2.3.2.3.2. Rôle des acteurs (publics, privés, habitants).....	62
a)Acteurs publics	62
b)Acteurs privés	62
c)Habitants et société civile.....	62
2.3.2.3.3. Réglementations et instruments d'urbanisme	63
a)Loi d’Orientation de la Ville (LOV, 2006)	63
b)Loi Relative à l’Urbanisme et à l’Aménagement du Territoire	63
2.3.3. Dynamiques et transformations du tissu urbain.....	64
2.3.3.1. Les facteurs de changements dans les villes anciennes	64
2.3.3.2. Les facteurs de changements actuels	64
2.3.3.3. Mutations contemporaines.....	64
2.3.3.3.1. Urbanisation diffuse	65
2.3.3.3.2. Densification.....	65
2.3.3.3.3. Renouvellement urbain	65
2.3.3.3.4. Enjeux de durabilité.....	65
2.3.4. Méthodes et critères d'analyse morphologique	65
2.3.4.1. Critères topologiques	66
2.3.4.2. Critères géométriques	66
2.3.4.3. Critères dimensionnels	67
2.3.4.4. Intégration de l’analyse du végétal	67
2.3.4.4.1. Critères topologiques	67
2.3.4.4.2. Critères géométriques	68
2.3.4.4.3. Critères dimensionnels	68
2.3.4.4.4. Critères complémentaires spécifiques au végétal	68
2.4. Densités urbaines et introduction à la densité végétale	69
2.4.1. La notion de densité urbaine : complexité et enjeux.....	69
2.4.1.1. Définitions de la densité urbaine	69
2.4.1.2. Enjeux de la densité urbaine	69
2.4.1.2.1. Compacité.....	69
a)Impacts Environnementaux.....	69
b)Impacts Sociaux	70
c)Impacts Économiques	70
2.4.1.3.1. L’étalement urbain.....	70
a)Les impacts de l’étalement urbain.....	70

b)Destruction et fragmentation des habitats naturels	70
c)Appauvrissement de la biodiversité végétale	70
d)Dégradation des services écosystémiques	71
e)Altération des structures végétales et des sols	71
f)Impacts socio-écologiques et inégalités d'accès	71
2.4.2. Introduction au concept de densité végétale urbaine	71
2.4.2.1. Définition de la densité végétale	71
2.4.2.2. Importance et enjeux de la mesure de la densité végétale	72
2.4.2.3. Evolution des approches méthodologiques d'évaluation de l'élément végétal dans le contexte urbain :	72
2.4.2.3.1. Période pré-1990 : Méthodes manuelles et inventaires basiques	73
2.4.2.3.2. Années 1990-2000 : Révolution de la télédétection satellitaire	73
2.4.2.3.3. Années 2010 : Intégration des SIG et du LiDAR	73
2.4.2.3.4. Période actuelle (2020s) : Données massives, IA et approches hybrides..	73
2.4.2.3.5. Perspective holistique contemporaine	73
2.4.3. Densité végétale urbaine	74
2.4.3.1. Définition.....	74
2.4.3.2. Mesure de la densité végétale urbaine	74
2.4.3.3. Enjeux	74
2.4.3.4. Méthodes et indicateurs de mesure de la densité végétale	74
2.4.3.5. Rôle et impact de la densité végétale dans la fabrique urbaine	75
2.5. Conclusion.....	75

Chapitre 3

Écologie du paysage urbain : Cadre théorique pour l'analyse de l'impact du végétal ...	77
3.1. Introduction	78
3.2. Genèse et fondements de l'écologie du paysage	79
3.2.1. L'écologie du paysage urbain : éléments théoriques et approches	79
3.2.1.1. Les concepts clés et leur transposition urbaine	79
3.2.1.1.1. Biotope	79
3.2.1.1.2. Biocénose	79
3.2.1.1.3. Écosystème	80
3.2.2. Perturbations des écosystèmes	80
3.2.3. La théorie biogéographique des îles	81
3.2.4. Apports de la théorie des métapopulations	83

3.2.5.	La théorie de la perturbation intermédiaire.....	84
3.2.6.	La mosaïque paysagère en écologie du paysage.....	85
3.2.6.1.	Les taches	86
3.2.6.2.	Les corridors	86
3.2.6.3.	La matrice	87
3.2.7.	Connectivité Paysagère et Écologique.....	88
3.3.	Fondements conceptuels de l'écologie du paysage.....	88
3.3.1.	Hétérogénéité des configurations spatiales en écologie du paysage.....	88
3.3.2.	Échelles et hiérarchie spatiale en écologie du paysage.....	89
3.3.3.	Homme et paysage : dynamiques d'interaction	91
3.3.3.1.	Perturbations et Fragmentation du Paysage.....	91
3.3.3.2.	Conséquences de l'anthropisation sur la biodiversité.....	92
3.4.	Écologie urbaine.....	93
3.4.1.	Évolution et approche intégrative de l'écologie urbaine	93
3.4.2.	Les différentes perspectives de l'écologie urbaine	93
3.5.	De l'écologie urbaine à l'écologie des paysages urbains	95
3.6.	Du paysage structuré au paysage en réseau : Nouvelles perspectives pour l'aménagement durable.....	95
3.6.1.	Les origines de la protection de la nature	95
3.6.2.	Évolution des dispositifs internationaux de protection de la nature	97
3.6.2.1.	Vers une approche intégratrice (fin XX ^e siècle)	98
3.6.2.2.	Évolution des paradigmes (Depraz, 2008)	98
3.6.2.3.	Vers une vision réticulaire de la nature : pour une intégration écologique du végétal dans la fabrique urbaine.....	98
3.7.	La notion de réseau écologique	99
3.7.1.	Définitions multiples des réseaux écologiques	99
3.7.1.1.	Paysage et réseau écologique	101
3.7.1.2.	Le réseau écologique au service de l'aménagement du territoire.....	102
3.7.1.2.1.	Cadre conceptuel et émergence historique.....	102
3.7.1.2.2.	Exemples Européens de Cartographie et de Structuration des Réseaux Écologiques	103
3.7.2.	Guelma face à la fragmentation écologique : vers une stratégie fondée sur la structure paysagère	104
3.8.	Conclusion.....	105

Chapitre 4

Guelma : Lecture contextuelle entre tissu urbain et l'élément végétal	107
4.1. Introduction	108
4.2. Pertinence du cas d'étude : Guelma	109
4.3. Présentation de la ville	109
4.3.1. Situation géographique	109
4.3.2. Evolution historique de la ville	110
4.3.3. Patrimoine naturel et culturel	113
4.3.3.1. Végétation, jardins et arbres remarquables.....	113
4.4. Contexte géographique et environnemental	113
4.4.1. Topographie et hydrographie	113
4.4.2. Climat.....	116
4.5. Contexte démographique et socio-économique	119
4.5.1. Démographie	119
4.5.2. Socio-économie.....	119
4.5.2.1. Secteurs économiques dominants	119
4.5.2.2. Infrastructures et développement.....	120
4.6. Contexte urbanistique.....	121
4.6.1. Morphologie Urbaine	121
4.6.1.1. Forme urbaine de la ville	121
4.6.1.2. Influence des différentes périodes historiques sur l'urbanisme.....	122
4.6.2. Processus d'urbanisation sur le tissu urbain actuel	126
4.6.2.1. Le noyau européen en damier	127
4.6.2.2. L'urbanisation spontanée.....	128
4.6.2.3. L'urbanisation planifiée.....	129
4.6.3. Richesse végétale	131
4.6.3.1. Espèces végétales utilisées dans l'aménagement paysager à Guelma.....	131
4.6.4. La place de la végétation à Guelma	136
4.6.4.1. Importance écologique et climatique.....	136
4.6.4.2. Espaces verts urbains et qualité de vie	137
4.6.4.3. Défis et perspectives	137
4.7. Conclusion.....	138

Chapitre 5

L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

.....	140
-------	-----

5.1.	Introduction	141
5.2.	Théorie de la métrique du paysage.....	142
5.2.1.	Les métriques du paysage et leurs fondements	142
5.2.2.	Moyens d'analyse de la structure spatiale	143
5.2.2.1.	Composition du paysage.....	143
5.2.2.2.	Configuration spatiale.....	144
5.2.3.	Valeur des métriques du paysage.....	144
5.2.3.1.	Écologie du Paysage	144
5.2.3.2.	Planification et Gestion du Territoire	144
5.2.3.3.	Modélisation et Prédiction.....	144
5.2.4.	Les métriques paysagères appliquées aux environnements urbains et périurbains 145	
5.2.5.	Les indices paysagers.....	145
5.2.6.	Typologie des indices	146
5.2.6.1.	Les indices de composition.....	146
5.2.6.2.	Les indices de forme	147
5.2.6.3.	Les indices de configuration.....	147
5.2.7.	Métriques appliquées	147
5.2.7.1.	Le nombre de fragments NP (Number of Patch)	148
5.2.7.2.	La portion occupée dans le paysage (PLAND)	148
5.2.7.3.	L'indice du plus large fragment LPI (Larget Patch Index).....	148
5.2.7.4.	La taille moyenne des fragments AREA_MN.....	149
5.2.7.5.	L'indice de forme du paysage LSI (Landscape Shape Index).....	149
5.2.7.6.	L'indice d'agrégation (AI).....	149
5.3.	Méthodologie de l'étude.....	151
5.3.1.	Données et matériel.....	152
5.3.1.1.	Données spatiales	152
5.3.1.2.	Prétraitement des images	153
5.3.1.3.	Classification et perfectionnement de la classification.....	153
5.3.1.4.	Validation de la classification.....	155
5.3.1.5.	Calcul des métriques paysagères	156
5.4.	Résultats et interprétations	156
5.4.1.	Validation of classification	156
5.4.2.	Visualisations cartographiques des changements spatio-temporels : La dynamique du couvert végétal entre 1987 et 2019.....	158

5.4.3. Évaluation des changements dans paysage naturel : Émergence de modèles spatiaux contrastés.	161
5.4.3.1. Analyse de rendement des indicateurs de surface	161
5.4.3.2. Analyse de rendement des indicateurs de distance.....	163
5.5. Conclusion.....	165

Chapitre 6

Perception Du Végétal En Milieu Urbain : Enquête Pilote Dans Un Quartier Périphérique De Guelma

.....	168
6.1. Introduction	169
6.2. Investigation in situ des perceptions habitantes	170
6.2.1. Justification scientifique de l'enquête pilote.....	170
6.2.2. Critères de sélection du quartier périphérique POS-Nord	171
6.3. Méthodologie du travail	172
6.3.1. Présentation de l'aire d'étude.....	173
6.3.1.1. Localisation géographique de la ville	173
6.3.1.2. Localisation géographique du quartier	173
6.3.2. Méthode	174
6.3.2.1. Protocole d'enquête pilote	174
6.4. Résultats et Discussion.....	179
6.4.1. Effectifs et caractéristiques personnelles des répondants	179
6.4.1.1. Répartition selon le genre	179
6.4.1.2. Répartition selon la tranche d'âge	179
6.4.1.3. Répartition selon le lieu de résidence	180
6.4.2. Analyse des perceptions associées aux valeurs urbaines	181
6.4.2.1. La valeur du bien-être	181
6.4.2.2. La valeur de conscience environnementale	183
6.4.2.3. La valeur de satisfaction	184
6.4.2.4. La valeur paysagère	185
6.4.3. Observation directe	186
6.4.3.1. A propos de l'observation de l'aire d'étude	186
6.4.4. Résultats de l'observation in-situ et Analyse du Paysage Végétal	187
6.5. Conclusion.....	191

Conclusion Générale	193
Références bibliographiques	
Annexes	

GLOSSAIRE

ANOM : Archives nationales d'outre-mer

APC : Archives nationales

CIAM : Congrès Internationaux d'Architecture Moderne

COS : coefficients d'occupation des sols

D.P.A.T : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire

DOS : Dark Object Subtraction

ETM : Enhanced Thematic Mapper

EU : Union européenne

IA : intelligence artificielle

ICU : îlot de chaleur urbain

INCT : National Institute of Cartography and Remote Sensing

IPS : indicateurs paysagers synthétiques

IV : infrastructures vertes

IVU : infrastructure verte urbaine

LiDAR : Light Detection and Ranging

MAB : Man and Biosphere

MHU : Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

ODD : Objectifs de Développement Durable

OLI TIRS : Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement Urbain

PME : Petite et Moyenne Entreprise

PMI : Petite et Moyenne Industrie

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

POS : Plan d'Occupation des Sols

PPP : partenariats public-privé

SIG : Systèmes d'Information Géographique

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TM : Thematic Mapper

TOA : Top Of Atmospheric

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

USGS : United States Geological Survey

ZHUN : zones d'habitation urbaines nouvelles

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique

ZPS : Zone de Protection Spéciale

Liste des figures

Figure 1. Les Différents étapes de la méthodologie adoptée dans cette recherche.	16
Figure I. 1 Cadre conceptuel des infrastructures vertes urbaines. (D. Wang & Xu, 2024).....	24
Figure I. 2 Typologies d'infrastructures vertes (Bartesaghi Koc et al., 2017).	36
Figure I. 3 Exemples d'allée et Cours (Pradines, C., 2020).	37
Figure I. 4 Le front mer de Barcelone « le passieg Colom et le moll de la fusta » (Steffulesco, C.,1993).	38
Figure I. 5 Catégories des systèmes de végétalisation verticale (SVV) (Irga et al., 2023).	40
Figure II. 1 Les différents systèmes constitutifs d'un tissu urbain. (Borie et Denieul, 1980).	56
Figure II. 2 Eléments du système morphologique. (Rémy Allain, 2005).	58
Figure III. 1 Schéma conceptuel de la théorie biogéographique des îles (Bourgeois, 2015, d'après MacArthur et Wilson, 1967).....	81
Figure III. 2 Métapopulation (Levins, 1969).	83
Figure III. 3 Schémas des deux modèles de métapopulations (Levins, 1969).	84
Figure III. 4 Vue représentative de la mosaïque paysagère dans la commune de Foncine-le-Bas (Forman et Godron, 1986).	85
Figure III. 5 Composants fondamentaux d'un paysage (Aguejdad, 2009 d'après Clergeau, 2007).	87
Figure III. 6 Dynamique spatio-temporelle des processus écologiques (Bourgeois, 2015). ..	90
Figure III. 7 Impact du grain et de l'étendue sur la cartographie paysagère (Bourgeois, 2015).	91
Figure III. 8 Fragmentation paysagère : l'impact de la croissance urbaine sur les habitats (Forman, 1995).	92
Figure III. 9 Perspectives en écologie urbaine : une évolution conceptuelle (Wu, 2008).	94
Figure III. 10 La forêt de Fontainebleau (Bourgeois, 2015).	96
Figure III. 11 Chronologie des protections naturelles (auteur, 2025).	98
Figure III. 12 Représentations contrastées du réseau écologique de la cigogne noire (Mougenot et Melin, 2000).	100
Figure III. 13 Réseaux écologiques multiples pour une mosaïque paysagère unique (Bourgeois, 2015).	102
Figure III. 14 Fondements structurels de l'aménagement d'un réseau écologique (Bennett, 1999).	103
Figure IV. 1 Situation de la zone d'étude. Auteur à partir d'une cartographie Qgis (Auteur, 2024).	110
Figure IV. 2 Vue du théâtre romain (Benzerari ,2013).	112
Figure IV. 3 La rue et la place St Augustin-GUELMA.	112
Figure IV. 4 L'évolution urbaine d la ville de Guelma (Archive de l'APC., 2020).	112
Figure IV. 5 Jardin Calama et site naturel à Guelma (Zerti & Benrachi, 2023).	113

Figure IV. 6 Carte topographique Guelma, altitude, relief (Topographic- Map.com, 2024).	114
Figure IV. 7 Barrage Bouhamdane à Guelma (elmoudjahid régions, 2024).....	115
Figure IV. 8 Données du réseau hydrographique (ABH, 2005).....	116
Figure IV. 9 Bilan climatique de la ville de Guelma durant la période 2008-2017 (Sayad,2021)	117
Figure IV. 10 Rapport d'aridité pour la ville de Guelma au cours de la période 2008-2017 (Sayad,2021).	117
Figure IV. 11 Températures moyennes mensuelles de l'air pour la période 2008-2017(Sayad, 2021).....	118
Figure IV. 12 Précipitations mensuelles moyennes pour la période 2008-2017 (Sayad, 2021).	119
Figure IV. 13 Tache urbaine de la ville de Guelma (GUECHI., 2018).	121
Figure IV. 14 Évolution de la morphologie urbaine de la ville de Guelma (Archives de l'APC).	126
Figure IV. 15 Vue Actuelle et Délimitation du Tissu Urbain de Guelma (Sadaoui Hamlaoui, 2018).....	127
Figure IV. 16 Le noyau européen en damier de la ville de Guelma (PDAU 2007).	128
Figure IV. 17 Urbanisation spontanée de la ville de Guelma (PDAU 2007).....	129
Figure IV. 18 La ZHUN d'Ain Defla (PDAU 2007).	129
Figure IV. 19 Les lotissements Ain Defla (PDAU 2007).	130
Figure IV. 20 Zones d'Occupation du Sol et Dynamique Urbaine de Guelma (Sadaoui Hamlaoui, 2018).....	130
Figure V. 1 Diagramme des étapes à suivre (Auteur, 2024).	151
Figure V. 2 Distribution chronologique des classes d'utilisation des sols en 1987 (Auteur,2024).	157
Figure V. 3 Distribution chronologique des classes d'utilisation des sols en 2003 (Auteur, 2024).....	158
Figure V. 4 Distribution chronologique des classes d'utilisation des sols en 2019 (Auteur, 2024).....	158
Figure V. 5 Pourcentage de surface pour chaque classe (Auteur,2024).....	160
Figure V. 6 Indicateurs de superficie sur la période 1987 – 2019 (Auteur, 2024).....	162
Figure V. 7 Indicateurs de distance sur la période 1987 - 2019 (Auteur,2024).	164
Figure VI. 1 Structure de l'étude (Auteur, 2022).	173
Figure VI. 2 Situation géographique de l'aire d'étude (Auteur, 2022).	174
Figure VI. 3 Schéma du processus méthodologique (Auteur, 2022).	175
Figure VI. 4 Diagramme des critères et indicateurs (Auteur, 2022)	178
Figure VI. 5 Vue aérienne du quartier d'étude à Guelma avec ses extension (Auteur, 2022).	181
Figure VI. 6 Répartition des réponses concernant la valeur du bien-être (Auteur, 2022). ...	182
Figure VI. 7 Répartition des réponses concernant la valeur de conscience environnementale (Auteur, 2022).	183
Figure VI. 8 Répartition des réponses concernant la valeur de la valeur de satisfaction (Auteur, 2022).....	185

Figure VI. 9 Répartition des réponses concernant la valeur de la valeur de paysagère (Auteur, 2022).....	185
Figure VI. 10 Caractéristiques Morphologiques et Spatiales du Pos Nord de Guelma (Auteur, 2022).....	188
Figure VI. 11 Accessibilité et usage social des espaces publics dans le Pos Nord. (Auteur, 2022).....	189
Figure VI. 12 Déficits et potentiels des espaces verts aménagés dans le périmètre du POS Nord (Auteur, 2022)	189
Figure VI. 13 Déficits et potentiels des espaces verts aménagés autour du POS Nord (Auteur, 2022).....	190

Liste des tableaux

Table I. 1 Les infrastructures vertes entre définition et caractérisation (European Environment Agency, 2011).	26
Table II. 1 Méthodes et indicateurs de mesure de la densité végétale. (auteur,2025)	75
Table IV. 1 Arbres d'alignement et d'ombrage (Direction des foret, 2023; INRF Algérie, 2023; Sayad et al., 2021).	134
Table IV. 2 Principaux arbustes et haies présents à Guelma (Direction des foret, 2023; INRF Algérie., 2023; Sayad et al., 2021).	135
Table V. 1 Présentation et identification des mesures de paysage adoptées. D’après (Dechaicha et Alkama, 2020; Aguejda et Hubert-Moy, 2016 ; McGarigal et al., 2012 ; Skupinski et al., 2009).	151
Table V. 2 Propriétés des images Landsat adoptées (Auteur,2024).	152
Table V. 3 Définition et caractérisation des classes sélectionnées (Auteur, 2024).	154
Table V. 4 Précision de la classification des trois images 1987, 2003, 2019 (Teqwa B et al., 2024).	157
Table V. 5 Répartition des classes d’occupation des sols par superficie et par pourcentage (Auteur, 2024).	160
Table VI. 1 Indicateurs utilisés pour estimer les valeurs environnementales (Auteur, 2022).	177
Table VI. 2 Répartition des répondants selon le genre (Auteur, 2022).	179
Table VI. 3 Répartition des répondants selon la tranche d’âge (Auteur, 2022).	180

Chapitre introductif

I. Introduction générale

Face à une urbanisation mondiale en pleine croissance et aux défis environnementaux majeurs qu'elle engendre, tels que les îlots de chaleur urbains, l'érosion de la biodiversité et l'imperméabilisation des sols, l'intégration de la végétation dans l'espace urbain est devenue un enjeu capital (Gill et al., 2007; McDonald et al., 2020).

Longtemps relégué à une fonction ornementale ou considéré comme un espace secondaire dans la composition urbaine, l'élément végétal est désormais reconnu pour ses multiples fonctions écologiques, sociales, économiques et esthétiques (Jim, 2004; Tzoulas et al., 2007). La présence végétale en milieu urbain participe activement à l'amélioration du cadre de vie et à la consolidation des principes de durabilité. Cet intérêt renouvelé s'accompagne d'une attention croissante portée aux relations entre végétation et forme urbaine, révélant le rôle dynamique que joue le végétal dans la formation et l'évolution des structures urbaines. (Forman, 2014; Pauleit et al., 2019).

À l'heure actuelle, la ville se distingue par une dynamique d'urbanisation sans précédent, conjuguée à une croissance démographique soutenue et à un étalement spatial aux manifestations multiples et d'intensité variable, d'où une consommation excessive aussi bien des ressources énergétiques et des ressources naturelles que du sol.

Devant cette situation, on assiste à l'éloignement et dégradation de l'élément végétal (composante fondamentale pour maintenir les équilibres déjà fragiles entre le milieu urbain et naturel, par son effet psychosocial, et ses fonctions environnementales, sociales, et économiques.), par la prolifération de plus en plus rapide de l'urbanisation dans des zones naturelles et rurales et à la périphérie urbaine. Mais actuellement, l'élément végétal redevient une infrastructure importante à prendre en charge lors de l'élaboration de projets urbains (DJEDI Toufik, 2011).

Il se pose alors la question de la maîtrise des principales densités d'usage en milieux urbains, ainsi que des outils permettant d'en réguler les dynamiques afin de préserver la nature et le végétal dans les espaces urbains (Jenks et al., 2000; Charmes, 2011). Cette approche nécessite d'être croisée avec l'analyse de la forme urbaine, de l'occupation sociale de l'espace, et des enjeux économiques et environnementaux, pour que les indicateurs de densité prennent tout leur sens et soient mieux compris (Couch et al., 2007).

La désagrégation de ces densités en éléments constitutifs est ainsi recommandée pour affiner l'analyse. Dans cette perspective, la cartographie thématique en croisant couches urbaines et couches végétales constitue un outil méthodologique fondamental pour spatialiser et visualiser ces dynamiques spatiales (Goodchild, 2007; Tomlin, 2010). De plus, l'intégration des métriques paysagères, telles que l'indice de connectivité, la densité de fragmentation, ou encore le pourcentage de surface végétalisée, offre une quantification précise et objective des structures végétales dans le tissu urbain (Herold et al., 2005; McGarigal et al., 2012). L'articulation de ces outils permet ainsi d'établir une lecture renouvelée des interactions entre urbanisation et trame verte, participant à une meilleure compréhension et gestion des équilibres écologiques en milieu urbain.

La densité végétale en milieu urbain est généralement admise comme inversement proportionnelle au taux d'urbanisation : l'augmentation de ce dernier entraîne, dans la plupart des cas, une réduction significative des superficies vertes (Weng, 2001; Seto et al., 2012). Plusieurs études, menées sur des villes de tailles et de contextes socio-économiques et géographiques variés, confirment que les quartiers résidentiels à urbanisation ouverte conservent une plus grande quantité d'espaces verts que les secteurs plus denses (Pauleit et Duhme, 2000; Gill et al., 2007), contribuant ainsi à un développement urbain plus durable.

Par ailleurs, face aux effets croissants du changement climatique, la maîtrise et l'amélioration des ambiances urbaines apparaissent comme des enjeux majeurs pour garantir le confort des usagers. La qualité de l'air, la régulation thermique, et plus largement la création de microclimats favorables nécessitent une connaissance approfondie des dynamiques microclimatiques urbaines (Oke, 1987; Emmanuel, 2005). Le microclimat urbain est le produit d'interactions complexes entre phénomènes physiques, formes urbaines, éléments naturels, aménagements et activités humaines. Toutefois, en Algérie, la prise en compte de l'élément végétal dans la fabrication des tissus urbains demeure largement marginale, reléguant la végétation à un rôle secondaire dans les projets d'aménagement et d'urbanisation.

Dans une perspective écosystémique, la ville peut être conceptualisée comme un écosystème complexe composé de sous-systèmes interconnectés qui interagissent selon des principes hiérarchiques et d'auto-organisation. Ce cadre assimile également l'environnement urbain à un organisme vivant, caractérisé par une évolution continue et des échanges dynamiques avec son environnement par le biais de flux cycliques de matière et d'énergie. Pour évaluer objectivement ces interactions, les méthodologies quantitatives en particulier celles dérivées de l'écologie du paysage urbain sont essentielles.

Dans le cadre de l'évaluation du rapport entre l'élément végétal et l'urbanisation, les méthodes employées s'appuient principalement sur l'utilisation de la télédétection spatiale et des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Cette approche s'avère pertinente en raison des bénéfices qu'offrent ces technologies (Jensen, 2005; Lu & Weng, 2007).

La télédétection et les SIG se sont imposés comme des outils essentiels pour le suivi et l'analyse des dynamiques spatiotemporelles affectant les milieux terrestres, en particulier dans le contexte de la croissance spatiale des villes (Herold, Liu, & Clarke, 2003 ; Weng, 2012). Appliqués à l'élément végétal, ces outils permettent non seulement la cartographie de la couverture végétale et de ses évolutions, mais aussi l'identification des zones soumises à des processus de dégradation ou de fragmentation écologique (Xie, Sha, & Yu, 2008). Ils offrent ainsi la possibilité d'évaluer, de manière quantitative et à différentes échelles, l'impact de l'urbanisation sur les structures végétales au sein du tissu urbain.

Pour répondre à l'enjeu de valorisation du végétal dans les pratiques d'aménagement, l'intégration de la planification écologique s'impose comme une démarche pertinente. Toutefois, l'influence des principes écologiques sur la planification du développement urbain en Algérie reste encore très limitée. La planification écologique apparaît dès lors comme un levier stratégique permettant de combler cette lacune. Guidée par certains principes, elle devrait permettre une harmonisation de la ville avec la nature. Deux méthodes complémentaires se distinguent particulièrement pour soutenir cette planification :

L'application des métriques paysagères constitue l'une des principales exploitations de la télédétection spatiale, en particulier pour mettre en évidence les changements spatiotemporels liés à l'avancée de la frange urbaine. Développées initialement dans les années 1980 dans le domaine de l'écologie du paysage, les métriques paysagères avaient pour vocation première l'évaluation des formes et structures de la végétation dans les paysages naturels (Forman, 1986; McGarigal et Marks, 1995). Progressivement, leur usage s'est élargi aux milieux urbains et périurbains, permettant de mesurer et d'évaluer les dynamiques spatiotemporelles associées à la croissance des villes. Aujourd'hui, elles offrent des outils précieux pour quantifier l'impact de l'urbanisation sur la structure spatiale du végétal et sur la configuration du tissu urbain.

Une enquête pilote menée auprès de la population permet d'articuler les données issues de l'analyse spatiale avec les représentations et ressentis des usagers. Elle vise à recueillir des éléments sur le ressenti des habitants vis-à-vis de la présence végétale dans leur cadre de vie, ainsi que sur leurs attentes en matière d'aménagement. Cette approche renforce la dimension

sociale de la planification écologique, en tenant compte de leurs préférences, de leurs usages et des besoins exprimés.

L'étude s'attache à examiner le rôle de l'élément végétal dans les mécanismes de structuration, de configuration et d'évolution du tissu urbain. Cas de la ville de Guelma. Disposants d'une littérature analytique suffisamment large pour défricher ainsi cette problématique.

II. Problématique

Aujourd'hui, les dynamiques d'urbanisation génèrent des déséquilibres croissants entre le bâti et les composantes végétales du tissu urbain, compromettant la qualité environnementale et paysagère des villes. Cette problématique se manifeste avec acuité dans plusieurs régions méditerranéennes, notamment en Algérie, où la place du végétal dans l'aménagement urbain reste souvent marginalisée.

Les grandes agglomérations algériennes, et la ville de Guelma en particulier, sont confrontées à des défis majeurs liés à la concentration croissante de la population et à l'étalement urbain. Ces phénomènes complexifient les relations entre l'élément végétal et la croissance urbaine, influençant directement l'évolution des densités urbaines ainsi que la qualité du cadre de vie.

Le constat actuel met en évidence une diminution continue des surfaces végétalisées et une augmentation des distances séparant les habitants des grands espaces ouverts, compromettant ainsi l'accessibilité, la continuité écologique et la cohérence paysagère en milieu urbain.

Selon cette vision la ville de Guelma se distingue par un cadre écologique riche, composé de versants boisés d'oliviers, de zones agricoles fertiles et d'espaces forestiers, offrant un potentiel paysager et environnemental important. Cependant, l'expansion urbaine actuelle tend à empiéter sur ces ressources, notamment par l'urbanisation des terres agricoles et la dégradation du paysage montagneux environnant.

À cet égard, notre problématique aborde la question suivante :

Comment la mesure des configurations spatiales de l'élément végétal contribue-t-elle à la structuration et l'évolution de la fabrique du tissu urbain à Guelma ?

Comment les perceptions sociales de l'élément végétal peuvent-elles compléter ou contredire les constats issus de l'analyse spatiale ?

III. Hypothèses de la recherche

Les configurations spatiales de l'élément végétal à Guelma, mesurées par des métriques paysagères, ont non seulement structuré et influencé l'évolution du tissu urbain, mais leur compréhension approfondie et leur intégration dans une planification écologique et contextualisée peut nécessiter une remise en question des approches urbaines classiques, ce qui est essentiel pour la préservation, la valorisation et l'intégration durable de l'élément végétal en tant que composante active de la fabrique urbaine.

Nous supposons que la configuration spatiale du végétal dans la ville de Guelma, analysée à l'aide des métriques paysagères (forme, densité, fragmentation, connectivité), révèle une organisation différenciée du tissu urbain. Cette répartition inégale génère des disparités d'accès aux bénéfices environnementaux, paysagers et sociaux offerts par la végétation urbaine, influençant la qualité de vie perçue par les habitants ainsi que leurs usages des espaces verts. Ces effets, d'abord identifiés par l'analyse spatiale, peuvent être confirmés, nuancés ou remis en question par les perceptions, pratiques et attentes recueillies à travers l'enquête sociologique.

IV. Objectifs de la recherche

L'objectif essentiel de cette recherche est de faire une lecture avisée du tissu urbain (de faire une lecture approfondie des interrelations entre le tissu urbain et la structure végétale), et de démêler et déceler les éléments de maîtrise de leurs rapports et dynamique d'évolution, pour un développement durable sur l'ensemble territoire urbain. Une telle démarche permet à la fois d'agir sur la présence actuelle de la nature et du végétal dans la ville de Guelma, et d'orienter de manière réfléchie son développement futur. Elle vise essentiellement à :

- Examiner le tissu urbain de Guelma pour appréhender les transformations paysagères et les dynamiques associées à la végétation, à travers une lecture croisée de ses dimensions morphologiques et fonctionnelles.
- Identifier et analyser les perceptions, usages et attentes des habitants de Guelma concernant la végétation urbaine.
- Formuler des recommandations concrètes visant à renforcer la présence et la qualité du végétal, à minimiser les impacts négatifs de l'urbanisation sur celui-ci, et à orienter le développement urbain de Guelma vers une plus grande durabilité et harmonie avec son environnement naturel et les besoins de ses habitants.

V. Etat de l'art

L'intérêt croissant pour l'intégration de la nature en milieu urbain a suscité un ensemble significatif de travaux de recherche explorant les multiples facettes de la présence végétale dans la ville. Qu'il s'agisse d'études portant sur les bénéfices environnementaux des espaces verts, l'impact des arbres sur le microclimat urbain, le rôle de la végétation dans la promotion de la biodiversité ou encore les aspects sociaux et culturels liés à la présence du végétal, une littérature abondante témoigne de la reconnaissance de son importance dans la fabrique urbaine.

Ces recherches, menées au croisement de disciplines telles que l'urbanisme, l'écologie, l'architecture et les sciences sociales, ont permis de mettre en lumière les multiples interactions entre la végétation et le tissu urbain existant. La présente étude s'inscrit dans cette dynamique, en se focalisant spécifiquement sur l'impact de l'élément végétal sur la fabrique même du tissu urbain, une perspective qui, bien que s'appuyant sur les connaissances établies, il s'attache à décrypter les logiques de transformation de l'environnement urbain à travers l'analyse des interactions entre formes urbaines et éléments végétaux.

V.1. Positionnement épistémologique de la thèse

V.1.1. Fondements théoriques internationaux

Cet axe pose les bases conceptuelles et les connaissances établies au niveau mondial. Il permet de comprendre les enjeux généraux, les approches méthodologiques et les découvertes significatives dans le domaine. Il explorera les concepts fondamentaux, les approches théoriques et les études internationales qui traitent de l'intégration de la végétation dans le contexte urbain et son influence sur la forme et la fonction des villes.

Alberti (2008) et Wu (2010, 2014) : Ces travaux constituent des ouvrages et articles fondateurs en écologie urbaine posent les bases théoriques de l'intégration des processus écologiques dans les villes et soulignent le rôle crucial de la végétation pour la durabilité urbaine. Ces publications sont une référence centrale, en introduisant la notion d' "*urban ecology*" comme discipline intégrative permettant de penser l'interaction entre les structures urbaines et les processus écologiques. Cette notion montre comment les configurations spatiales des villes influencent les écosystèmes, notamment à travers les effets sur les bassins versants, les sols, la biodiversité ou les cycles thermiques.

Cependant, bien que ces études fournissent un cadre général essentiel, elles peuvent manquer de spécificité quant aux mécanismes précis par lesquels la végétation fabrique le tissu

urbain (morphologie, usages, pratiques). Pour notre analyse, les principes qu'elles établissent concernant l'importance de la végétation, un point de départ pour comprendre son impact spécifique dans les contextes maghrébin et local.

Alberti et al. (2007) : Cette étude empirique quantifie l'impact des configurations urbaines sur les écosystèmes aquatiques. Bien que pertinente pour comprendre les conséquences des formes urbaines, le lien direct avec l'élément végétal comme facteur structurant du tissu urbain n'est pas central. Elle souligne l'importance d'une approche systémique pour analyser les impacts urbains, où la végétation est un élément à considérer.

L'impact positif de la végétation sur les conditions climatiques locales, la limitation des effets d'îlots de chaleur et le bien-être des habitants en milieu urbain est largement étudié, notamment dans des travaux appliqués comme celui de Alberti et al. (2007) dans la région de Seattle, ou Cornet (2024) à Montréal. Ces recherches mobilisent des outils d'observation avancés comme la télédétection, les indicateurs écologiques, ou les analyses spatiales multi-échelles. Elles offrent des exemples d'analyse spatiale de la végétation en milieu urbain et de son évolution.

D'autres auteurs tels que Andersson (2006) et Ahern (2013) : explorent la relation entre les paysages urbains, la durabilité et la résilience, en mettant en avant le rôle de l'écologie dans la planification urbaine. Ils peuvent rester à un niveau conceptuel, nécessitant d'être Opérationnalisés pour comprendre les actions concrètes liées à la végétation. Justifient l'intégration de l'écologie (où la végétation est clé) dans la pensée urbaine, un principe est à examiner dans les contextes maghrébin et local.

Stefulesco (1997) et Clergeau (2007) : Ces auteurs français offrent une perspective sur l'écologie du paysage urbain et l'urbanisme végétal, qui vise à intégrer la nature dans toutes les composantes de la ville. Leur contexte européen peut nécessiter une adaptation au contexte maghrébin, notamment en termes de typologies végétales, de pratiques d'aménagement et de perceptions culturelles. Ils introduisent des concepts spécifiques liés à l'intégration de la végétation dans la planification, potentiellement applicables à Guelma.

Roy (2008), Cano (2016) et Nasehi & Imanpour namin (2020) : Ces travaux analysent la végétation urbaine en mobilisant la télédétection et les métriques paysagères, afin d'évaluer l'impact sur la structure spatiale de la ville et les fonctions écologiques. Elles sont davantage axées sur la mesure de la végétation que sur son rôle actif dans la formation du tissu

urbain. Fournissent des outils méthodologiques pour analyser la présence et la configuration de la végétation à Guelma.

Osmond et Pelleri (2017) positionnent l'écologie urbaine comme un champ interdisciplinaire, soulignant l'importance de croiser les regards entre urbanisme, écologie et sciences sociales. Bien que leur approche ne traite pas spécifiquement du rôle de la végétation, elle rappelle la nécessité d'une lecture multidisciplinaire pour appréhender les interactions entre les dynamiques urbaines et les éléments naturels, notamment la végétation.

Soulier (1968, 1977) : Ces classiques français sur les espaces verts et l'urbanisme offrent une perspective historique sur la pensée de l'intégration de la nature en ville, il introduit très tôt la notion d'urbanisme végétal comme fondement d'une ville vivable. Leur approche peut être moins axée sur les aspects écologiques contemporains et plus sur les fonctions récréatives et esthétiques. Ils posent les bases d'une réflexion sur la place de la nature en ville, une réflexion à poursuivre dans le contexte actuel de Guelma.

Enfin, des études plus spécialisées, comme celles de Cornet (2024) et de Weber et al. (2012), analysent la géographie de la végétation urbaine ainsi que les changements paysagers induits par l'urbanisation. Bien que menées dans des contextes différents (Montréal et Strasbourg) et donc non directement transposables à Guelma, elles offrent des exemples pertinents d'analyse spatiale de la végétation en milieu urbain et de son évolution, pouvant inspirer des démarches méthodologiques adaptées à d'autres territoires.

V.1.1.1. Analyse appliquée au contexte maghrébin et algérien

Cet axe permet de contextualiser les théories et les études internationales à la réalité spécifique de l'Algérie et du Maghreb. Les défis climatiques, socio-économiques et culturels peuvent influencer la manière dont la végétation est perçue, intégrée et impacte le tissu urbain dans cette région.

C'est crucial pour montrer la pertinence de notre étude dans le contexte local. Il se concentrera sur les études et les recherches menées dans le contexte spécifique du Maghreb et de l'Algérie, abordant les défis et les opportunités liés à l'intégration de la végétation dans les tissus urbains de cette région.

Dans le contexte algérien, plusieurs thèses et recherches récentes abordent le rapport entre végétation et urbanisme sous l'angle de la durabilité, du confort climatique ou de la structuration du tissu urbain. Djedi (2011) a mis en évidence les corrélations entre morphologie

urbaine et trame verte. Il explore les relations entre la densité végétale et les densités d'usage, en s'inscrivant dans un contexte national comparable.

Bien qu'il soit nécessaire d'examiner en détail la méthodologie et les conclusions spécifiques à Alger pour en évaluer la transférabilité à Guelma, cette étude aborde directement l'articulation entre végétation et morphologie urbaine, ce qui constitue un apport pertinent pour la problématique envisagée.

La thèse de Dechaïcha (2020) sur la soutenabilité urbaine au Sahara traite des défis liés à l'étalement urbain dans un contexte aride. Si le cadre saharien diffère de celui de Guelma, au climat méditerranéen, certaines problématiques, offrent des points de comparaison intéressants. Cette étude met ainsi en lumière l'importance du contexte climatique dans les réflexions sur l'intégration de la végétation et la durabilité urbaine en Algérie.

Les travaux de Rekis (2012) ainsi que ceux de عبد الكريم و رقيس (2013) portent sur l'étude spatio-temporelle de la végétation à Biskra à l'aide de la télédétection. Bien qu'ils se concentrent sur une autre région d'Algérie, leurs apports méthodologiques restent pertinents pour l'analyse de l'évolution de la végétation.

Il conviendrait toutefois d'évaluer dans quelle mesure les dynamiques observées à Biskra peuvent être comparées à celles de Guelma, afin d'adapter ces approches à un contexte climatique et urbain différent.

À Guelma, plusieurs recherches traitent directement de l'interaction entre végétation et ville. Sayad (2021) explore les effets microclimatiques des éléments végétaux et des plans d'eau, tandis que Guechi (2018) met en évidence l'influence des contraintes naturelles sur la morphogenèse urbaine.

Les recherches de Beldjazia & Alatou sur l'écosystème forestier de la Mahouna participent également à la compréhension des interactions ville-forêt. Elle porte sur les perturbations climatiques et l'écosystème forestier de la Mahouna, situé en périphérie de Guelma, et met en lumière les enjeux environnementaux spécifiques à cette région.

Bien que centrée sur un espace périurbain, elle souligne les vulnérabilités climatiques locales qui influencent directement les conditions d'intégration de la végétation dans le tissu urbain. Ce travail constitue ainsi une référence précieuse pour contextualiser les défis et les opportunités liés à la végétation urbaine à Guelma.

Enfin, les travaux de Khallef et al. (2020, 2023) mobilisent des données satellitaires pour analyser les îlots de chaleur urbains et les effets thermiques de la végétation à Guelma, en apportant une lecture quantitative, cartographique et environnementale de l'impact du végétal sur les dynamiques urbaines locales.

V.1.1.2. Cas opérationnels / études locales

Cet axe est le plus spécifique à notre recherche. Il permet d'examiner en profondeur les études et les observations faites directement à Guelma. C'est ici que nous pourrions analyser les particularités de cette ville, les défis et les réussites en matière d'intégration de la végétation, et identifier les lacunes de la recherche existante pour justifier notre propre contribution.

Il se focalisera spécifiquement sur les études menées dans la ville de Guelma, analysant l'état actuel de l'intégration de la végétation, ses impacts et les défis spécifiques à ce contexte urbain.

Le travail de Guechi (2018) analyse l'influence des contraintes physiques sur le processus d'urbanisation à Guelma, offrant un éclairage essentiel sur la morphologie urbaine, en mettant en évidence les facteurs physiques qui en conditionnent l'organisation et l'évolution.

Bien que la végétation n'y soit pas toujours explicitement abordée comme contrainte ou opportunité, ce travail permet de mieux comprendre le cadre physique et urbanistique dans lequel s'inscrit la végétation, et constitue ainsi une base pertinente pour évaluer son rôle potentiel dans la dynamique urbaine locale.

D'autres comme la thèse de Sayad (2021) s'avère directement pertinente pour cette recherche. Pour en tirer pleinement parti, il conviendra d'analyser en détail les aspects spécifiques abordés, tels que les types de végétation étudiés, la méthodologie d'évaluation du confort climatique ou encore les conclusions relatives à leur impact sur les espaces extérieurs.

Ce travail, bien qu'il ne traite pas directement de l'influence sur la morphologie urbaine, offre une base empirique locale précieuse pour comprendre les interactions entre végétation et cadre urbain.

Des recherches récentes comme celle de travaux de Khallef et al. (2020a, 2020b, 2023), fondés sur la télédétection, portent sur l'analyse de l'îlot de chaleur urbain et la cartographie des zones urbanisées à Guelma.

S'ils ne traitent pas directement de la manière dont la végétation structure le tissu urbain, ces travaux mettent néanmoins en évidence des problématiques thermiques majeures dans lesquelles la végétation pourrait jouer un rôle régulateur.

Ils soulignent ainsi l'importance d'approfondir cette dimension, en justifiant la pertinence d'une recherche centrée sur l'intégration de la végétation dans la morphologie urbaine.

V.1.1.3. Approches méthodologiques mobilisées dans la littérature

L'analyse de l'impact de la végétation sur la ville mobilise, dans les études récentes, une diversité de méthodes combinant données quantitatives et qualitatives.

L'acquisition des données repose essentiellement sur la télédétection (Roy, 2008 ; Cano, 2016 ; Khallef et al., 2020), les systèmes d'information géographique (SIG), les séries temporelles satellitaires, et les outils de cartographie analytique. Ces techniques permettent une lecture objective, diachronique et multi-échelle de la végétation urbaine.

En parallèle, plusieurs auteurs (Andersson, 2006 ; Clergeau, 2007 ; Sayad, 2021) insistent sur l'importance de l'évaluation subjective de l'impact du végétal, notamment à travers les perceptions habitantes, les usages, et les représentations sociales des espaces verts.

Ces dimensions sont examinées à partir de données recueillies sur le terrain, d'entretiens et de processus participatifs, visant à capter la valeur symbolique, esthétique ou sociale du végétal dans la ville.

Enfin, L'impact du végétal peut être appréhendé de manière objective à travers des indicateurs quantifiables, tels que la limitation des phénomènes d'îlots de chaleur (Khallef, 2023), le renforcement de la qualité atmosphérique, la régulation de l'imperméabilisation des sols, ou encore sa contribution à l'organisation morphologique du tissu urbain.(Alberti, 2008 ; Ahern, 2013; Djedi, 2011).

Ces impacts sont étudiés à travers des croisements statistiques, des métriques paysagères, et des modèles environnementaux.

Ces approches complémentaires constituent un socle méthodologique que cette recherche mobilisera et adaptera au contexte local de Guelma, dans une perspective intégrée alliant analyse spatiale, observation morphologique et investigation sociale.

V.1.2. Cadre conceptuel

V.1.2.1. Élément végétal

- Englobe l'ensemble des composantes naturelles végétales présentes dans l'espace urbain : arbres, arbustes, pelouses, haies, jardins publics et privés, forêts urbaines, alignements d'arbres, friches végétalisées, etc (Richard, 2014).
- Il comprend à la fois la végétation planifiée (ex : parcs) et spontanée (friches, terrains vagues) (Richard, 2014).

V.1.2.2. Tissu urbain

- Renvoie à l'organisation physique, morphologique et fonctionnelle de la ville : trame bâtie, réseaux viaires, densité, formes urbaines, espace public, etc.
- Il résulte de l'évolution historique, sociale, économique et politique d'un territoire urbain (Merlin et al., 2010).

V.1.2.3. Fabrique urbaine

- Concept englobant qui désigne les dynamiques de production, transformation et structuration de la ville à travers le temps (Ghorbal et al., 2020).

V.1.2.4. Le paysage urbain

- Dans une perspective géographique et urbanistique, le paysage urbain représente une expression morphologique et sensible de la fabrique urbaine. Il est modelé par des dynamiques temporelles (croissance urbaine, patrimonialisation, artificialisation) et peut être analysé à différentes échelles : du quartier à la métropole (Luginbühl, 2012).

VI. Méthodologie

Ce travail de thèse repose sur une approche méthodologique mixte, s'appuyant à la fois sur une analyse spatiale (quantitative) et sur une enquête de terrain à visée mixte, combinant des volets quantitatifs (questions fermées, traitement statistique) et qualitatifs (questions ouvertes, perceptions sensibles). Cette pluralité méthodologique permet de croiser les données objectivées issues de l'analyse spatiale avec les perceptions subjectives des habitants.

Afin de construire le cadre théorique de cette recherche, une exploration bibliographique approfondie a été entreprise. Cette démarche s'est structurée autour de mots-clés centraux

relatifs au thème étudié, notamment : élément végétal, tissu urbain, paysage urbain, fabrique urbaine, et leurs interrelations.

La pertinence scientifique des divers documents collectés, incluant livres, thèses, articles scientifiques et autres ressources académiques, a été méticuleusement analysée. L'objectif de cette analyse était de dresser un panorama exhaustif des connaissances actuelles concernant l'impact de l'élément végétal sur la fabrique du tissu urbain.

Cette étape fondamentale constitue le socle théorique des concepts qui seront développés ultérieurement. Elle vise à approfondir la compréhension des mécanismes par lesquels l'élément végétal influence la production et la transformation du tissu urbain.

La richesse des sources bibliographiques consultées témoigne d'un effort pour intégrer une diversité de perspectives et d'approches ayant déjà exploré cette thématique. Outre les ouvrages académiques traditionnels, des sites internet spécialisés et des documents numériques pertinents ont également contribué à enrichir cette phase exploratoire.

La validation de nos hypothèses s'opère ici par une analyse approfondie du corpus d'étude, en mobilisant les outils et le cadre théorique établis précédemment. Cette phase analytique se déploie en deux étapes distinctes.

L'analyse relative à l'hypothèse posée, sera réalisée par une observation sur le terrain et l'analyse de documents graphiques bidimensionnels. Nous exploiterons des sources satellites et cartographiques à l'aide des Systèmes d'Information Géographique (SIG), en particulier le logiciel QGIS.

L'analyse repose sur la cartographie thématique issue de la classification des images satellites. Les cartes produites constituent des données d'entrée pour le calcul des métriques paysagères. Les modèles de calcul SIG, et plus précisément le logiciel FRAGSTAT (McGarigal et al., 2012), constitueront l'outil méthodologique pour effectuer ce calcul.

Dans le cadre de la vérification de la seconde hypothèse, et dans le prolongement de l'analyse des métriques paysagères, l'attention sera portée sur l'évaluation de l'impact des éléments végétaux urbains.

Alors que la première hypothèse visait à quantifier la configuration et la composition du paysage urbain à l'aide d'indicateurs spatiaux, la seconde ambitionne d'examiner la manière dont ces caractéristiques paysagères sont perçues et appropriées par les habitants.

Cette approche, résolument complémentaire, articule une analyse objectivée de la structure du paysage à une appréciation subjective de sa qualité, fondée sur les perceptions sensibles et les expériences vécues des usagers.

Dans cette optique, un travail in situ a été mené sous la forme d'un questionnaire d'enquête, intitulé « [Elément végétal et qualité perçue du paysage urbain] », administré à un échantillon aléatoire de résidents d'un quartier périphérique identifié comme le plus végétalisé de la ville de Guelma.

Cette enquête mobilise une stratégie d'enquête mixte, associant des questions fermées à visée statistique (quantitatives) et des questions ouvertes (qualitatives) explorant les perceptions, les usages et les attentes des habitants. Elle cherche à mieux comprendre les représentations du couvert végétal, sa qualité perçue et sa contribution à l'expérience quotidienne du paysage urbain.

L'analyse et le traitement des données recueillies seront effectués à l'aide d'outils informatiques, en particulier par le biais du logiciel SPSS, reconnu pour ses capacités statistiques avancées.

L'essentiel de notre démarche (Figure 1), qui vise à approfondir la compréhension du rôle des éléments végétaux urbains dans la qualité du cadre de vie, repose sur la combinaison des approches spatiales et perceptives.

Dans ce sens, notre recherche articule l'analyse des métriques paysagères à une enquête de terrain visant à recueillir les perceptions des habitants. Il s'agit d'évaluer non seulement la configuration objective du paysage végétal, mais également la manière dont celui-ci est perçu, utilisé et valorisé par les usagers.

En effet, cette double approche nous a permis de mettre en évidence les mécanismes d'interaction entre la structure paysagère et l'expérience sensible des habitants, révélant ainsi la valeur sociale, environnementale et esthétique des espaces végétalisés.

L'investigation menée dans le quartier périphérique le plus végétalisé de Guelma, à travers un questionnaire ciblé, met en lumière les apports différenciés de la végétation en termes de bien-être, d'appropriation des lieux et de qualité environnementale perçue, contribuant à une meilleure intégration des dimensions paysagères dans les politiques urbaines locales.

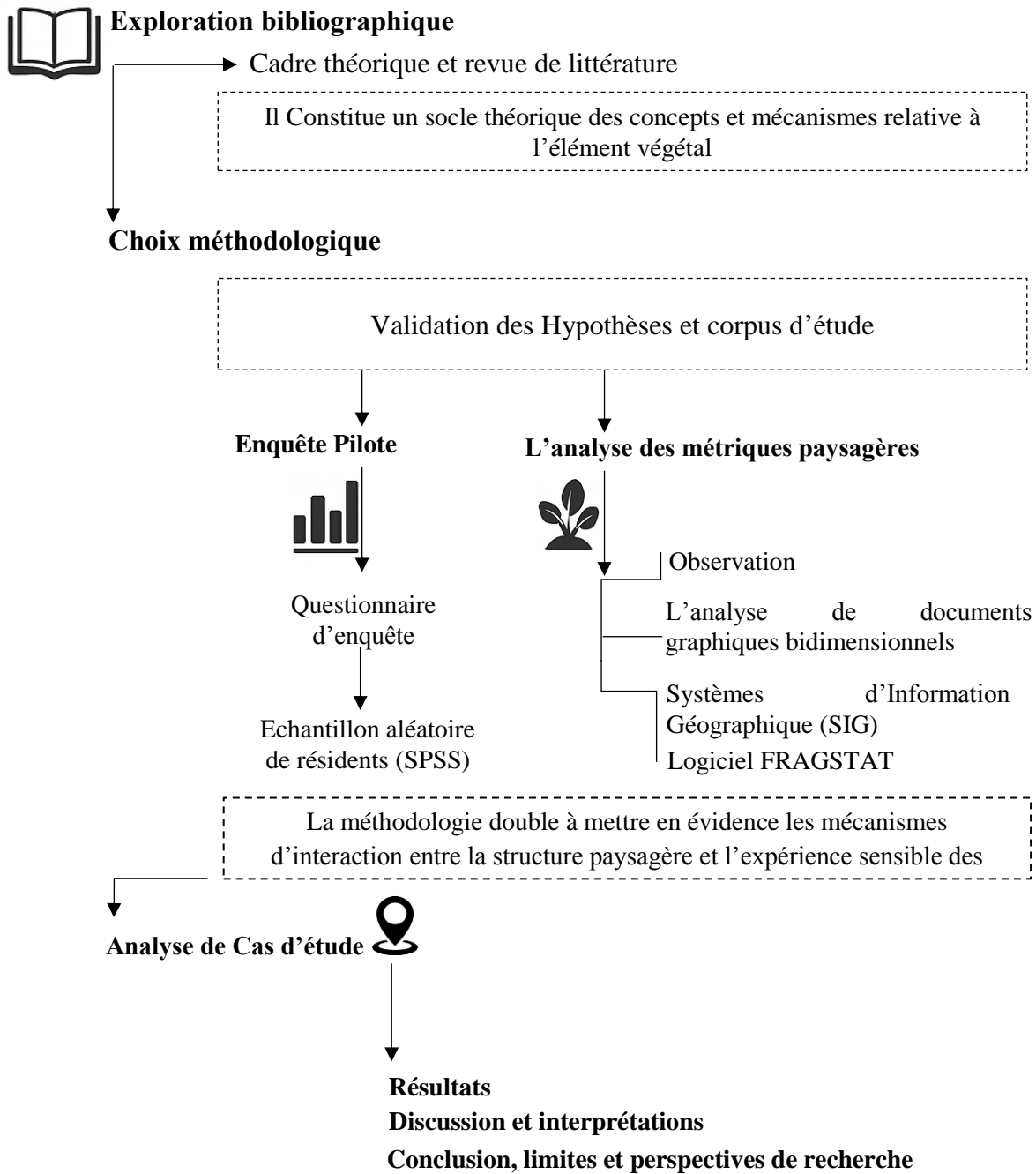


Figure 1. Les Différents étapes de la méthodologie adoptée dans cette recherche. (Auteur, 2025).

VII. La structuration de la thèse

Ce travail de thèse est structuré en six chapitres, répartis en trois grandes parties, suivant une progression logique allant de l'élaboration théorique à l'application pratique, puis à l'analyse et à l'interprétation des résultats. Cette organisation vise à clarifier le cheminement intellectuel de la recherche et à en faciliter la lecture. La **première partie**, intitulée *Cadre conceptuel et contexte* (chapitres 1 et 2), constitue le socle théorique de cette recherche. Elle

pose les bases conceptuelles en explorant, d'une part, le rôle du végétal dans la ville contemporaine et, d'autre part, les dynamiques de fabrication du tissu urbain. La **deuxième partie**, *Croisement des concepts et étude du cas* (chapitres 3 et 4), opère la transition entre les fondements théoriques et le terrain d'étude. Elle mobilise les apports de l'écologie du paysage pour construire une grille d'analyse adaptée au contexte urbain et présente les spécificités géographiques, historiques et morphologiques de la ville de Guelma. Enfin, la **troisième partie**, *Analyse empirique et interprétation* (chapitres 5 et 6), est dédiée à l'investigation de terrain et à l'analyse des données recueillies. Le chapitre 5 applique les métriques paysagères à l'étude de la végétation dans le tissu urbain de Guelma, tandis que le chapitre 6 interroge la perception de la qualité paysagère à travers le prisme de la végétation. Ces analyses permettent de confronter les hypothèses de départ aux résultats empiriques et d'en proposer une lecture critique.

Chapitre 1 : Le végétal au service de la ville : Ce chapitre explorera les multiples rôles et bénéfices de la présence végétale en milieu urbain. Il examinera comment le végétal contribue à divers aspects de la ville, tels que l'amélioration de la qualité de l'air, la régulation thermique, la gestion des eaux pluviales, la promotion de la biodiversité et l'amélioration du cadre de vie des citoyens.

Chapitre 2 : La fabrique du tissu urbain : Ce chapitre analysera les processus de développement et les caractéristiques morphologiques du tissu urbain. Il examinera comment les formes urbaines sont conçues, construites et évoluent, et comment ces processus interagissent avec la présence ou l'absence de végétation. Il pourra aborder les notions de densité, de fragmentation, de connectivité et leur influence sur l'intégration du végétal.

Chapitre 3 : L'écologie du paysage urbain : Ce chapitre appliquera les principes de l'écologie du paysage au contexte spécifique des villes. Il explorera comment les éléments végétaux s'insèrent dans les réseaux écologiques urbains, contribuent à la connectivité des habitats, et influencent les flux d'énergie et de matière. Il pourra aborder les concepts de fragmentation des habitats, de corridors écologiques et de services écosystémiques urbains.

Chapitre 4 : Contexte et caractéristiques de la ville de Guelma : Ce chapitre présentera en détail le terrain d'étude. Il décrira les caractéristiques géographiques, climatiques, historiques, urbanistiques et socio-économiques de la ville de Guelma. L'objectif est de

fournir un contexte précis et pertinent pour l'application des analyses ultérieures et de justifier le choix de cette ville comme cas d'étude.

Chapitre 5 : L'Apport de la Végétation dans l'analyse des paysages urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma : Ce chapitre mettra en œuvre la première hypothèse de la recherche. Il présentera l'application des métriques paysagères à l'analyse du paysage urbain de Guelma. En utilisant des données spatiales (images satellite, cartes, etc.) et le logiciel FRAGSTAT, il quantifiera et analysera la configuration et la composition du paysage, en se concentrant sur l'identification et l'évaluation de la contribution de la végétation.

Chapitre 6 : Élément végétal et qualité perçue du paysage urbain : Ce chapitre abordera la seconde hypothèse de la recherche. Il explorera la relation entre la présence et les caractéristiques de la végétation et la manière dont le paysage urbain de Guelma est perçu et vécu par ses habitants. Cette analyse pourra combiner des méthodes quantitatives (questionnaires, enquêtes) et qualitatives (entretiens, observations) pour évaluer la qualité perçue du paysage en lien avec les éléments végétaux.

Conclusion générale Synthèse des principaux résultats obtenus au cours de cette recherche en les reliant aux hypothèses initiales et aux objectifs fixés. Il discutera des implications théoriques et pratiques de ces résultats, soulignera les limites de l'étude et ouvrira des perspectives pour de futures recherches dans le domaine de l'intégration du végétal dans les paysages urbains.

VIII. Contribution Scientifique

Ce travail de thèse se situe au cœur de la problématique de l'intégration du végétal dans les paysages urbains et de son impact sur la structure spatiale et la qualité perçue de ces environnements. Notre contribution majeure réside dans l'établissement d'un lien méthodologique et empirique entre l'analyse objective de la configuration et de la composition du paysage urbain à travers les métriques paysagères et l'évaluation subjective de la qualité de ce paysage par ses habitants, en mettant un accent particulier sur le rôle des éléments végétaux.

Plus précisément, cette recherche apportera au champ des études urbaines et paysagères :

- **Une application concrète et détaillée des métriques paysagères à la ville de Guelma,** permettant de quantifier et de caractériser la distribution et la configuration de la

végétation au sein de son tissu urbain. Cette analyse fournira des indicateurs spatiaux précis pour comprendre l'organisation du paysage végétal à différentes échelles.

- **Une évaluation de la perception et de l'expérience du paysage urbain par les habitants de Guelma**, en explorant spécifiquement comment la présence, la nature et la distribution des éléments végétaux influencent leur appréciation et leur vécu de ces espaces. Cette dimension subjective enrichira la compréhension purement spatiale du paysage.
- **Une mise en relation des résultats issus de l'analyse des métriques paysagères avec les données de perception des habitants**. En croisant ces deux types d'informations, cette thèse vise à identifier des corrélations et des tendances significatives entre les caractéristiques objectives du paysage végétal et la qualité paysagère telle qu'elle est perçue et vécue.
- **Une réflexion méthodologique sur l'intégration des approches quantitatives (SIG et métriques paysagères) et qualitatives (enquêtes de perception) dans l'étude des paysages urbains**. Ce travail soulignera l'intérêt et la complémentarité de ces méthodes pour une compréhension holistique de la relation entre la structure du paysage et son appropriation sociale.

En appliquant une approche intégrée à la ville de Guelma, cette recherche vise à fournir des connaissances significatives et contextualisées susceptibles d'éclairer les politiques d'aménagement urbain et de gestion des espaces verts, en vue d'améliorer la qualité paysagère perçue et les conditions de vie urbaine dans un contexte climatique méditerranéen. Elle contribue à une compréhension renouvelée des paysages urbains de cette région, en démontrant que la végétation n'y est pas seulement un élément écologique, mais un véritable médiateur entre la forme urbaine et l'expérience sociale. La combinaison de l'analyse spatiale objective (via les métriques paysagères) et de l'évaluation subjective (à travers les perceptions des habitants) constitue notre principal apport méthodologique pour une lecture croisée et approfondie des paysages urbains, à la fois objectivée par des données spatiales et enrichie par les perceptions sensibles des habitants. Nos résultats révèlent que la configuration spatiale du végétal à Guelma influence à la fois les fonctionnalités écologiques et les représentations collectives, et proposent ainsi aux décideurs un cadre opérationnel pour des aménagements équilibrés, où performance environnementale et justice spatiale se renforcent mutuellement.

Citation clé : « *Le végétal urbain n'est pas qu'une couche fonctionnelle du paysage, mais le tissu conjonctif d'une écologie sociale* » (Auteur, 2025).

Chapitre 1

**Le Végétal : Élément vital de la
dynamique urbaine durable**

1.1. Introduction

La présence de la nature en milieu urbain oscille entre une perception d'altérité sauvage et une intégration progressive par l'action humaine. Comme le souligne Tchékémian (2007) :

« ... la nature extra-muros est qualifiée de sauvage, elle est accueillie dans la ville pour autant qu'elle soit humanisée. Les espaces urbains végétalisés sont le produit de cette humanisation » (Tchékémian, 2007).

Les espaces urbains végétalisés émergent de cette “humanisation” de la nature, transformant des éléments bruts en composantes intégrées du tissu citadin. Dans cette perspective, le végétal, dans sa diversité de formes (plantes, arbres, arbustes), se révèle être un élément naturel d'une qualité intrinsèque remarquable, capable de s'intégrer esthétiquement au sein de la décoration urbaine.

Le présent chapitre vise à établir un cadre conceptuel et analytique pour appréhender l'impact de la végétation urbaine sur la fabrique du tissu urbain, en mettant en lumière ses fonctions environnementales, sociales et urbanistiques. Ainsi, il a pour objectif d'éclairer les relations entre la végétation urbaine et la fabrique urbaine, en s'appuyant sur une revue de littérature interdisciplinaire et une analyse comparative de cas. Les concepts et typologies abordés serviront de socle pour analyser, dans les chapitres suivants, les dynamiques propres à Guelma.

Le chapitre, dans un premier temps, s'agira de délimiter et de définir ce concept, en examinant les différentes acceptions et notions qui lui sont associées. Fort de cette clarification conceptuelle, le chapitre s'attachera à mettre en lumière le rôle croissant qu'occupe le végétal au sein de la ville contemporaine, soulignant son intégration progressive et ses multiples contributions.

Par la suite, les diverses fonctions remplies par la végétation en milieu urbain seront discutées selon différentes perspectives : ses impacts environnementaux (amélioration du microclimat, soutien à la biodiversité, atténuation des nuisances), ses rôles sociaux et culturels (favorisant le bien-être, la convivialité, la valorisation du patrimoine et l'éducation), et ses fonctions urbanistiques et morphologiques (influence sur la structuration de l'espace, la qualité des espaces publics et les formes urbaines).

Enfin, ce chapitre offrira un aperçu des différentes typologies et aménagements des espaces végétalisés en milieu urbain, jetant les bases d'une compréhension des formes variées

sous lesquelles le végétal se manifeste dans la ville. Cette première approche permettra de contextualiser l'importance de la gestion de la végétation urbaine.

En conclusion, ce chapitre a posé les bases conceptuelles de l'étude de la végétation urbaine, soulignant son importance croissante et la diversité de ses fonctions, préparant ainsi le terrain pour l'analyse spécifique du cas de Guelma dans les chapitres suivants.

1.2. La végétation en contexte urbain

Au cours des dernières décennies, on a observé une dégradation marquée de la qualité environnementale, dans un contexte de changement climatique rapide. L'urbanisation accélérée, l'expansion des pratiques agricoles et l'intensification des activités industrielles qui en résultent constituent les principaux moteurs du changement paysagère mondial (Kabir et al., 2023).

Ce phénomène a profondément modifié la structure et le fonctionnement des écosystèmes, entraînant une vulnérabilité socio-économique accrue et une intensification de la pauvreté urbaine (Rahman et al., 2023). En termes de risques environnementaux, cette dégradation se traduit par la perte d'un environnement naturellement équilibré (Duffield et al., 2021) devenu de plus en plus pollué et inapte à assurer la survie des écosystèmes qu'il abrite (Girgibo et al., 2024; Scheffers et al., 2016; Pecl et al., 2017).

En réponse à ces défis, l'étude du paysage urbain à travers l'écologie du paysage (Forman & Godron., 1986) permet de comprendre les interactions entre structures spatiales et processus écologiques en milieu urbanisé. Cette approche met en évidence le rôle structurant des trames vertes (Burel & Baudry., 1999) dans la régulation des microclimats, la préservation de la biodiversité et l'amélioration du bien-être humain.

Par exemple, Song et al., (2024) montrent que renforcer la connectivité écologique entre les espaces verts peut améliorer la persistance des espèces de 4 % à 14 %. La végétation urbaine agit comme un levier écologique, social et urbanistique.

Elle contribue à l'atténuation des îlots de chaleur (Forman., 2014), à la qualité de l'air et à la cohésion sociale (Kaplan., 1995 ; Coley et al., 1997). Elle structure également la morphologie urbaine à travers des dispositifs comme les toitures végétalisées, les corridors écologiques (Ignatieva et al., 2011) ou les forêts urbaines (Konijnendijk, 2003).

Les approches récentes intègrent des outils de modélisation 3D et des indicateurs écologiques pour optimiser l'intégration du végétal dans la planification (Haaland & van den Bosch, 2015), tout en alertant sur les défis de gestion et d'équité territoriale (Wolch et al., 2014).

Toutefois, dans le champ de études urbaines, la diversité des configurations urbaines et la complexité inhérente aux dynamiques de production de l'espace rendent l'analyse des territoires particulièrement exigeante (BENSEHLA & LAZRI, 2021; Karimi, 2012) invitent à une réflexion critique sur leur rôle dans la production d'espaces extérieurs durables et soutenables.

Une considération centrale réside dans l'impact des éléments anthropiques (Sezer et al., 2023) qui façonnent l'environnement urbain. Par nature, ces composantes se révèlent souvent insuffisantes pour intégrer de manière efficace les principes de l'écologie du paysage.

Les stratégies d'intégration de l'écologie du paysage dans la planification urbaine s'articulent généralement autour de deux volets : la structuration spatiale, qui permet d'améliorer la connectivité écologique et la résilience des écosystèmes urbains ; et l'adaptation fonctionnelle, qui vise à renforcer la capacité des environnements urbains à répondre aux besoins écologiques, sociaux et économiques, tout en tenant compte des spécificités locales et des pressions territoriales.

Ainsi, une évolution nécessaire vers un avenir urbain plus équilibré et résilient exige l'intégration réfléchie et systémique des espaces verts urbains et de l'infrastructure verte, reconnue pour son caractère non nuisible et bénéfique à l'environnement urbain (O. Y. Liu & Russo, 2021).

Dans cette perspective, la présente section explore les multiples dimensions de l'infrastructure verte, à travers une contextualisation rigoureuse de l'«élément végétal» fondamental, un examen détaillé de ses fonctions associées, ainsi qu'une analyse des diverses expressions morphologiques qu'il revêt dans le contexte urbain.

Cette exploration systématique vise à établir un cadre conceptuel solide pour comprendre le rôle central de l'infrastructure verte comme catalyseur dans la transformation des espaces urbains vers des milieux résilients, durables et écologiquement intégrés.

1.2.1. De l'infrastructure verte urbaine à l'élément végétal

Les défis interconnectés liés à l'évolution dynamique des paysages urbains exigent des approches intégrées mettant l'accent sur la conservation de la biodiversité en vue d'un développement urbain durable.

L'infrastructure verte urbaine (IVU) s'impose comme une pierre angulaire dans la redéfinition du rapport entre la ville et la nature, en conciliant urbanisation, préservation de la biodiversité et fourniture de services écosystémiques (D. Wang & Xu, 2024).

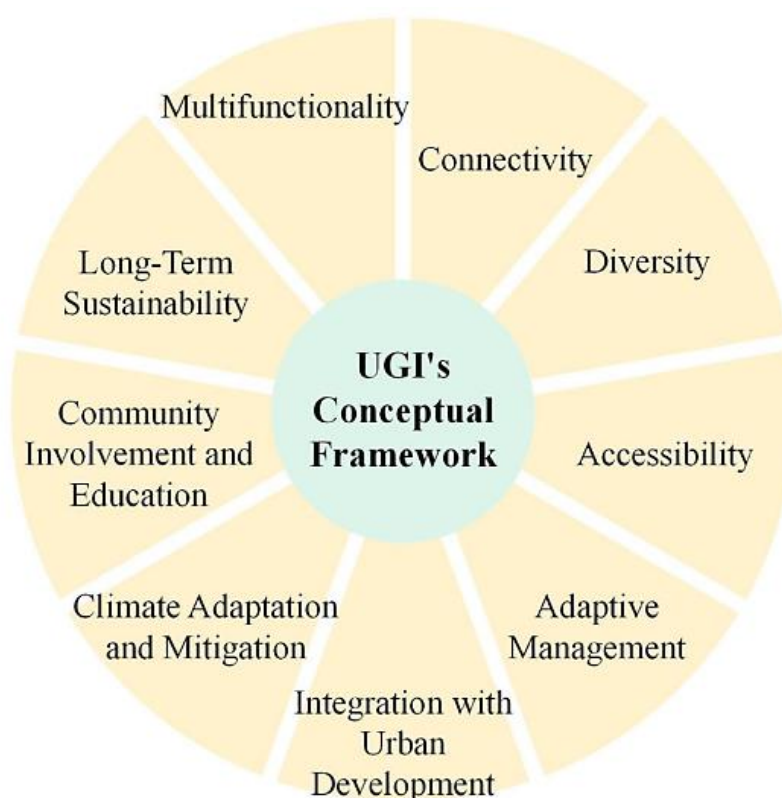


Figure I. 1 Cadre conceptuel des infrastructures vertes urbaines. (D. Wang & Xu, 2024).

Comme l'illustre la figure I.1, le cadre conceptuel des infrastructures vertes urbaines permet de structurer la réflexion autour des composantes et fonctions de ces dispositifs. Toutefois, pour en saisir pleinement l'essence, il est essentiel de comprendre la notion de verdissement urbain, qui en constitue l'un des fondements opérationnels.

Le verdissement urbain recouvre un ensemble de définitions, renvoyant fondamentalement à l'intégration d'espaces verts et d'éléments naturels au sein des environnements et des infrastructures urbains, qu'il s'agisse de rues, de quartiers entiers ou d'éléments bâtis tels que les toits et les façades (Ashton, 2024). Selon le rapport de l'Union européenne sur la mise en œuvre de l'infrastructure verte.

Dans cette lignée, l'infrastructure verte se définit comme un espace végétalisé multifonctionnel (Irga et al., 2023), caractérisé par Benedict and McMahon comme:

« Un réseau interconnecté d'espaces verts qui conserve les valeurs et les fonctions des écosystèmes naturels et offre des bénéfices associés aux populations humaines »
(Pauleit et al., 2017).

Fondamentalement, elle fournit des services écosystémiques essentiels au bien-être urbain. Ces services dépassent la simple valeur esthétique des parcs et ceintures vertes (oliwia, 2024).

Au cœur du dispositif, l'infrastructure verte intègre de manière stratégique les éléments naturels et les processus écologiques dans le tissu urbain (Climate-ADAPT, 2024), comprenant les espaces verts, parcs, forêts urbaines, zones humides et systèmes de gestion durable de l'eau.

Contrairement aux infrastructures conventionnelles fonctionnant de manière isolée, l'infrastructure verte est intrinsèquement interconnectée avec l'environnement naturel, favorisant une relation symbiotique entre les espaces urbains et les écosystèmes qui les entourent (Pauleit et al., 2017; Aniekan Akpan Umoh et al., 2024).

En outre, l'infrastructure verte peut être appréhendée sous deux angles : d'une part, dans une perspective d'aménagement urbain, elle vise à améliorer la qualité environnementale du tissu urbain par l'intégration stratégique des espaces verts (Gavrilidis et al., 2019).

D'autre part, dans le domaine de l'architecture paysagère, elle constitue un levier essentiel pour la création de paysages multifonctionnels répondant à des objectifs écologiques, sociaux et économiques (Aniekan Akpan Umoh et al., 2024).

Le tableau 1.1 présente des définitions illustratives de l'infrastructure verte issues de la littérature académique et professionnelle contemporaine. Ces définitions mettent en évidence le potentiel de l'infrastructure verte à constituer un lien fondamental entre le développement urbain et les systèmes écologiques, favorisant ainsi une relation plus harmonieuse et intégrée entre les environnements bâtis et naturels.

Definitions	Characterisation	Reference
An interconnected network of natural areas and other open spaces that conserves natural ecosystem values and functions, sustains clean air and water, and provides a wide array of benefits to people and wildlife.	Disciplines: Land conservation Key benefits: Conservation Scale: Landscape	Benedict, M. and McMahon, E., 2006, Green infrastructure. Linking Landscapes and Communities.
Green infrastructure is the network of natural places and systems in, around and beyond urban areas. It includes trees, parks, gardens, allotments, cemeteries, woodlands, green corridors, rivers and wetlands.	Disciplines: Urban design Key benefits: Recreation Scale: Urban (and beyond)	Commission for Architecture and Built Environment (CABE, 2011b).
Green infrastructure is an approach to land use, underpinned by the concept of ecosystem services. Green assets such as parks, coastlines or embankments have generally been thought of in terms of their single functions — the approach that recognises their vast range of functions and their interconnectivity is called green infrastructure.	Disciplines: Landscape architecture Key benefits: Multifunctional Scale: Landscape	Landscape Institute, 2009. Green Infrastructure Position Statement.
Connections between Natura 2000 sites. Valuable green urban areas and man-made bridges to natural areas, ecological corridors and zones where habitats merge.	Disciplines: Species conservation Key benefits: Species migration Scale: Landscape	European Commission (EC, 2011a).
Green infrastructure maintains and improves ecological functions in combination with multifunctional land uses. Natural and 'man-made' structures or a territory devoid of permanent man-made structures that provide — directly or indirectly, partly or totally — through the vegetation it supports, a series of services to society.	Scale: Species conservation Key benefits: Multifunctional Scale: Landscape	Marco Fritz, European Commission, Environment DG.
Green infrastructure is a strategic approach to land conservation, a 'smart' conservation that addresses the ecological and social impacts of sprawl and the accelerated consumption and fragmentation of open land.	Disciplines: Land conservation Key benefits: Conservation Scale: Landscape	The Conservation Fund's Green Infrastructure Leadership Program (Benedict and McMahon, 2002).
Green infrastructure is an approach to wet weather management that uses soils and vegetation to utilise, enhance and/or mimic the natural hydrologic cycle processes of infiltration, evapotranspiration and reuse.	Disciplines: Surface water management Key benefits: Water run-off control Scale: Urban	US Environmental Protection Agency, 2008, Managing Wet Weather with Green Infrastructure. Action Strategy.
Green infrastructure is the actions to build connectivity nature protection networks as well as the actions to incorporate multifunctional green spaces in urban environment.	Disciplines: Species conservation Key benefits: Nature protection Scale: Urban	EEAC, 2009, Green Infrastructure and Ecological Connectivity.
Green infrastructure is a concept that is principally structured by a hybrid hydrological/drainage network, complementing and linking relict green areas with built infrastructure that provides ecological functions. It is the principles of landscape ecology applied to urban environments.	Disciplines: Urban design Key benefits: Water run-off control Scale: Urban	Ahern, J., 2007, Green infrastructure for cities: The spatial dimension.
Green infrastructure is a strategically planned and delivered network of high-quality green spaces and other environmental features. It should be designed and managed as a multifunctional resource capable of delivering a wide range of environmental and quality-of-life benefits for local communities. Green infrastructure includes parks, open spaces, playing fields, woodlands, allotments and private gardens.	Disciplines: Land conservation Key benefits: Recreation Scale: Urban	Natural England (Natural England, 2010).

Table I. 1 Les infrastructures vertes entre définition et caractérisation (European Environment Agency, 2011).

Dans ce cadre, « l'élément végétal » joue un rôle central et constitue le socle même de l'étude des contributions spécifiques de la végétation à la durabilité urbaine. Comprendre ses caractéristiques et ses fonctions s'avère dès lors indispensable.

Dans le contexte de cette étude, l'« élément végétal », considéré comme un composant de l'infrastructure verte (European Environment Agency, 2011), désigne la végétation vivante, arbres, plantes et autres formes végétales qui constitue une partie intégrante du réseau interconnecté d'espaces naturels et semi-naturels (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, s. d.),

Bien que le terme « élément végétal », en tant que référence à la végétation vivante dans les réseaux d'infrastructure verte, soit moins fréquent que des expressions telles que « végétation urbaine », « espace vert » ou « zone végétalisée » (Sturiale & Scuderi, 2019), il est systématiquement abordé dans la littérature sur l'écologie urbaine (McDonnell, 2011), l'infrastructure verte et le développement urbain durable.

Cependant, la relation complexe entre le développement urbain et la qualité environnementale est mise à mal à plusieurs niveaux par les impacts négatifs de l'urbanisation, notamment face à l'aggravation des enjeux liés au changement climatique et à l'épuisement des ressources énergétiques.

L'expansion continue des villes, marquée par le remplacement des couvertures végétales naturelles par des surfaces imperméables (Katzfey et al., 2020; Darbani et al., 2023), a incontestablement exercé une pression considérable sur l'environnement (Shen et al., 2023), constituant un défi majeur pour les microclimats urbains et la durabilité (Dimitrova et al., 2014). Dans ce contexte, il convient de souligner davantage les effets bénéfiques de la végétation urbaine, afin de mettre en lumière le rôle crucial du verdissement dans l'espace urbain.

1.2.2. Le rôle de l'élément végétal dans la fabrication de la ville durable

À mesure que les centres urbains sont de plus en plus confrontés aux multiples défis posés par l'urbanisation rapide et le changement climatique d'origine anthropique, le rôle d'une infrastructure verte mise en œuvre de manière stratégique revêt une importance capitale (Ferrini et al., 2020). La planification et la gestion délibérées des espaces végétalisés constituent un tampon biophysique essentiel face aux perturbations environnementales, renforçant ainsi la résilience écologique globale des écosystèmes urbains, comme précédemment exposé.

Les fonctions assurées par ces éléments végétaux sont à la fois variées et significatives. La végétation intervient activement dans la modulation des phénomènes liés au rayonnement solaire terrestre, en absorbant, réfléchissant et émettant l'énergie en fonction de ses caractéristiques propres (Bessemoulin & Oliiviéri, 2000). De ce fait, un ensemble substantiel de recherches évaluées par les pairs (Lindberg & Grimmond, 2011; Aboelata, 2021; Ullah et al., 2024) documente de manière rigoureuse l'influence positive des arbres et parcs urbains sur le bilan énergétique des villes (Lindberg et al., 2016).

Les mécanismes biophysiques par lesquels la végétation exerce cette influence sont essentiels au maintien de la qualité environnementale (Oquendo-Di Cosola et al., 2022; Ouyang et al., 2022; Bechaa et al., 2024). Les principaux processus par lesquels la végétation agit sur la température sont l'ombrage direct des bâtiments (Q. Wang et al., 2024) et le rafraîchissement de l'air par évapotranspiration, deux phénomènes scientifiquement établis en contexte urbain (Ferrini et al., 2020). Sur le plan stratégique, l'augmentation de la végétation urbaine permet de réduire les températures ambiantes maximales, de modérer la chaleur absorbée par les bâtiments et, par conséquent, de produire des bénéfices pratiques et économiques concrets issus d'une intégration fondée sur des preuves scientifiques de l'infrastructure verte dans la planification urbaine.

À l'inverse, la prédominance des surfaces imperméables au détriment des espaces verts, combinée aux propriétés thermiques intrinsèques des structures bâties, qui absorbent et conservent la chaleur plus facilement tout en la restituant lentement, contribue à l'élévation des températures extérieures compromettant, ainsi la performance environnementale des zones urbaines. Ce phénomène, largement reconnu sous le nom d'îlot de chaleur urbain (ICU) (Bourikas et al., 2013; Guergour et al., 2024; Iamtrakul et al., 2024), a des répercussions importantes sur la consommation énergétique, la santé publique et la durabilité des villes.

Face à ces défis, la végétation et la couverture végétale jouent un rôle déterminant dans l'amélioration des performances urbaines sous divers aspects. Cette section examine les fonctions interdépendantes assurées par le végétal en milieu urbain. Des apports environnementaux et écologiques cruciaux aux rôles sociaux et culturels fondamentaux, la végétation urbaine constitue une solution plurifonctionnelle de plus en plus reconnue comme indispensable à la création de villes durables et vivables. La compréhension approfondie de ces fonctions s'avère primordiale pour une planification et une gestion urbaines efficaces, ouvrant la voie à des paysages urbains plus verts et résilients.

1.3. Les fonctions de la végétation en milieu urbain : un rôle multifacette

1.3.1. Fonctions environnementales :

1.3.1.1. Amélioration du microclimat urbain

Dans les zones fortement urbanisées, les éléments végétaux urbains jouent le rôle de véritables « poumons », insufflant la vie au sein de la ville. La végétation y exerce un phénomène dans lequel les surfaces bétonnées captent et réémettent la chaleur (Tsoka et al., 2018). La revue de littérature rapporte que la végétation urbaine permet de réduire la température de l'air extérieur (Shiflett et al., 2017) entraînant par conséquent une diminution de la demande énergétique liée au refroidissement des bâtiments (Aboelata, 2021). Cette reconnaissance souligne le rôle crucial de ces poumons urbains et plaide en faveur de la création de corridors verts interconnectés, propices à l'échange d'air frais et à l'instauration d'une atmosphère plus saine (Sharma & Khan, 2025).

La contribution déterminante des écosystèmes arborés plantés de manière stratégique réside dans leur capacité intrinsèque à séquestrer le carbone atmosphérique. Par le biais du processus biochimique fondamental de la photosynthèse, ces systèmes biologiques assimilent activement le dioxyde de carbone (CO₂) présent dans l'atmosphère. Par ailleurs, les arbres participent à la conservation des ressources hydriques en régulant les niveaux d'eau dans le sol (Ferrini et al., 2020).

1.3.1.2. Protection des sols contre l'érosion

La présence d'une couverture végétale dense constitue un facteur déterminant dans la limitation des phénomènes d'érosion des sols, voire de glissements de terrain, notamment dans les régions méditerranéennes de moyenne et haute altitude (Mosimann, T et al., 1991). Même en contexte de plaine, la végétation joue un rôle essentiel dans la réduction du lessivage des sols lors d'épisodes de crue. Cette fonction stabilisatrice justifie l'emploi généralisé de l'engazonnement sur les talus, les berges des cours d'eau ou les dunes littorales. À titre illustratif, une averse de 76 mm en 30 minutes entraîne une perte sédimentaire estimée entre 10 et 60 kg/ha sur un sol engazonné, contre 223 kg/ha pour un sol nu (Ribes, A., 2006).

1.3.1.3. Régulation hydrologique et préservation des ressources en eau

Les espaces naturels en périphérie des zones urbanisées jouent un rôle fondamental dans la régulation des crues, en agissant comme zones d'expansion temporaires lors de fortes précipitations (à l'instar des plaines alluviales de la Seine en amont de Paris, du Rhône à Lyon ou du Main à Francfort). Par ailleurs, certaines zones humides contribuent au maintien des

débites d'étiage des cours d'eau (EPTB Seine Grands Lacs., 2023). Contrairement aux surfaces imperméabilisées telles que l'asphalte ou le béton qui accentuent le ruissellement et favorisent la concentration de polluants urbains (pesticides, hydrocarbures, métaux lourds, résidus de caoutchouc, déchets, etc.), les sols végétalisés atténuent ces effets en favorisant l'infiltration et en régulant les flux hydriques (Métropole de Lyon., 2024).

1.3.1.4. Fonctions épuratrices et assainissement microbiologique

La végétation participe également à l'assainissement de l'air par une action de filtration biologique. En effet, les plantes sont capables de capter les particules en suspension, dont certaines chargées en agents microbiens, et d'émettre des composés aux propriétés antimicrobiennes, contribuant ainsi à une réduction notable de la concentration en germes pathogènes présents dans l'atmosphère (INRS., 2018).

1.3.1.5. Contribution à la biodiversité urbaine

Les espaces verts urbains ainsi que les plantations arborées stratégiques jouent un rôle fondamental dans la promotion de la biodiversité au sein des zones urbaines. Ces aménagements à vocation écologique offrent des milieux favorables à la diversité biologique, en accueillant une grande variété d'espèces végétales et animales notamment des oiseaux, des insectes et des mammifères participant ainsi à la construction d'écosystèmes urbains plus cohérents et interconnectés (Bhattarai et al., 2024). La diversité floristique présente dans ces espaces attire différentes espèces, favorisant la création d'un écosystème harmonieux de la ville. La création intentionnelle de tels habitats, portée par des initiatives telles que la *Green Haven Initiative*, renforce la coexistence entre nature et vie urbaine. Par ailleurs, les arbres jouent un rôle de composantes structurelles fondamentales dans ces écosystèmes urbains : ils offrent des abris et génèrent des micro habitats indispensables au maintien d'une diversité biologique élevée (Singh et al., 2018).

1.3.1.6. Atténuation des nuisances sonores et visuelles

La pollution sonore constitue l'un des principaux problèmes environnementaux auxquels les villes sont confrontées. Elle représente donc un enjeu majeur pour l'amélioration active de la qualité sonore des environnements urbains, avec des retombées positives sur la santé humaine et l'environnement. Au-delà de leur dimension esthétique, les éléments végétalisés apportent une contribution précieuse à la réduction du bruit en milieu urbain (Kumar et al., 2024). La morphologie végétale arborée et arbustive influence leur capacité d'atténuation acoustique, notamment en déviant les ondes sonores, en modifiant leur trajectoire et en

réduisant leur intensité dans certaines zones. (Samara & Tsitsoni, 2011; Dimitrijević et al., 2017; Waters et al., 2023).

La synergie entre espaces verts et vie urbaine dépasse largement les seuls bénéfices écologiques. Des espaces verts bien conçus améliorent significativement les services écosystémiques participent à l'esthétique urbaine tout en renforçant le sentiment d'appartenance communautaire et le bien-être des habitants.

1.3.2. Fonctions sociales et culturelles :

1.3.2.1. Amélioration du bien-être et de la santé

L'intégration des espaces verts au sein des environnements urbains procure des avantages substantiels aux habitants, en influençant positivement tant leur bien-être psychologique que leur santé physique (Pecl et al., 2017; Mao et al., 2023; Bechaa et al., 2024). L'exposition à la nature a démontré sa capacité à réduire le stress, l'anxiété et les symptômes dépressifs, favorisant un état de calme intérieur. De plus, la présence d'espaces verts favorise la pratique d'activités physiques, qu'il s'agisse de promenades, de courses à pied ou de sports organisés, contribuant ainsi à l'amélioration de la santé cardiovasculaire et de la condition physique générale.

Les couleurs vertes et bleues dominent fréquemment les paysages urbains aménagés, et sont largement reconnues pour leurs effets bénéfiques sur le bien-être psychologique. En effet, ces couleurs exercent une influence apaisante et calmante sur la psyché humaine, comme l'atteste leur usage en chromothérapie à des fins médicales. Le vert, en particulier, est réputé pour ses propriétés sédatives, relaxantes et rééquilibrantes, notamment chez les individus souffrant de nervosité ou d'anxiété.

L'étude fondatrice de Ulrich (1984) a mis en évidence ces bienfaits en démontrant que les patients hospitalisés ayant une vue sur des espaces arborés présentaient une convalescence plus rapide que ceux sans accès visuel à la nature. Par ailleurs, des observations cliniques ont révélé que l'acte de planter un végétal peut stimuler chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer des fonctions cognitives élémentaires, telles que l'orientation spatiale par exemple, la capacité à positionner correctement une plante en distinguant les racines du sommet, même lorsque ces mêmes patients sont incapables d'exécuter des gestes simples du quotidien, comme tenir une fourchette (Ribes, A., 2006).

1.3.2.2. *Création d'espaces de rencontre et de convivialité*

Les zones végétalisées peuvent être intentionnellement conçues pour offrir des espaces accueillants favorisant les échanges sociaux et la construction de liens communautaires. Parcs, jardins et lieux de rassemblement verts offrent des environnements naturels et attrayants propices aux interactions humaines, renforçant ainsi le sentiment d'appartenance et la cohésion sociale dans les milieux urbains (Pecl et al., 2017).

1.3.2.3. *Valorisation du paysage urbain et du patrimoine naturel*

La mise en valeur du paysage urbain et du patrimoine naturel représente une contribution sociale et culturelle majeure. La végétation participe de manière significative à l'esthétique du paysage urbain, tout en soulignant l'importance du patrimoine naturel. L'intégration d'une diversité végétale enrichit l'intérêt visuel, atténue la rigidité du cadre bâti et tisse des liens entre les zones urbanisées et les écosystèmes naturels, encourageant ainsi une plus grande appréciation de l'environnement (Mao et al., 2023).

1.3.2.4. *Participation à l'équilibre urbain :*

La composante végétale contribue significativement à l'équilibre social, paysager, écologique et urbanistique des agglomérations. Certaines zones naturelles situées à proximité des quartiers résidentiels jouent un rôle essentiel en offrant des espaces d'expression et de liberté. Ces lieux accueillent souvent, de manière spontanée, des populations qui peinent à trouver des environnements adaptés à leurs activités au sein du reste de la ville ou de l'espace urbain (Rassemblements ethniques, lieux de rendez-vous, sports mécanisés). Bien que ces activités puissent parfois engendrer des défis de gestion, il est indéniable que ces espaces répondent à des besoins sociaux spécifiques (DJEDI Toufik., 2011).

Une étude menée dans un quartier de Chicago a révélé une diminution significative des tentatives de crimes et délits dans les zones entourées d'arbres, en contraste avec des secteurs comparables ne bénéficiant d'aucune couverture végétale. Les résultats indiquent une baisse de 48 % des infractions liées à la propriété et de 56 % des actes de violence. Les données suggèrent qu'une densification de la végétation est corrélée à une baisse du taux de criminalité. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette corrélation : premièrement, la végétation favorise la relaxation et le ressourcement des individus, ce qui les rend moins agressifs.

Deuxièmement, les espaces verts incitent aux rencontres en extérieur, augmentant ainsi la surveillance informelle des lieux et décourageant les comportements criminels et délinquants. L'aménagement naturel des espaces publics extérieurs encourage une fréquentation accrue du site par des groupes diversifiés en termes d'âge. Les espaces naturels participent ainsi à une

amélioration de l'interaction sociale, renforçant la participation à la vie de quartier et les liens sociaux entre les habitants (Ribes, A., 2006).

1.3.2.5. *Rôle éducatif et recherche scientifique*

Le rôle éducatif et pédagogique de certains éléments de la ville s'avère fondamental pour le développement social et culturel. Les espaces verts jouent un rôle pédagogique important en offrant des opportunités d'apprentissage sur la flore, les processus écologiques et la préservation de la biodiversité. Parcs, jardins botaniques, ou encore murs végétalisés, peuvent devenir de véritables classes à ciel ouvert, favorisant la sensibilisation environnementale et la compréhension des enjeux écologiques (Pecl et al., 2017 ; Mao et al., 2023).

Les espaces naturels et parcs situés en périphérie des zones urbaines constituent des terrains privilégiés pour le développement de la recherche scientifique. L'écologie s'impose comme le champ d'étude prédominant, bien que d'autres disciplines, telles que l'ethnologie ou l'hydraulique, y trouvent également un cadre pertinent d'investigation. Certains parcs intègrent ainsi la recherche comme une fonction essentielle, en mettant à disposition des chercheurs des centres spécialisés, et en organisant régulièrement des séminaires scientifiques destinés à la diffusion des données et résultats issus de ces travaux (FEDENATUR.,2004).

1.3.3. Fonctions urbanistiques et morphologiques :

1.3.3.1. *Structuration de l'espace urbain*

La végétation peut être utilisée de manière stratégique pour structurer l'espace urbain en définissant des limites entre différentes zones et en créant des corridors visuels ainsi que des points focaux. Les ceintures vertes, les avenues arborées et les plantations positionnées de façon réfléchie orientent les déplacements, renforcent l'orientation spatiale et participent à l'organisation générale de la ville (Poje et al., 2024).

1.3.3.2. *Contribution à la qualité des espaces publics*

L'attention portée à la qualité des espaces publics, qu'ils soient linéaires ou ouverts, est au cœur des stratégies d'aménagement et des dynamiques morphologiques urbaines. L'intégration de la végétation, en particulier des arbres, y joue un rôle déterminant en fournissant une protection contre l'ensoleillement, en contribuant à une meilleure qualité atmosphérique et en créant des cadres de vie plus conviviaux, favorables aux échanges sociaux (Y. Li et al., 2024).

1.3.3.3. Influence sur les formes urbaines et l'architecture

La végétation façonne profondément les formes urbaines et l'architecture à travers des dispositifs tels que les toitures végétalisées, les murs végétaux ou les corridors verts. Cette intégration améliore les performances des bâtiments, favorise la biodiversité et renforce le lien entre la nature et la ville. Cette influence sur la morphologie urbaine, à travers l'intégration du végétal au bâti et la création de continuités écologiques, constitue un levier fondamental d'une planification urbaine plus durable (Ugochukwu Kanayo Ashinze et al., 2024), contribuant à des environnements à la fois esthétiques et écologiquement connectés.

1.3.3.4. Rôle dans la requalification des espaces urbains dégradés

La végétation représente un outil essentiel pour la requalification écologique et esthétique des espaces urbains dégradés. Par la plantation d'arbres, la création d'espaces verts et la restauration des habitats, des sites négligés peuvent être transformés en véritables atouts verts, améliorant ainsi la qualité environnementale et les conditions de vie en milieu urbain (Wolch et al., 2014).

1.3.4. Fonction économique

Images de marque des agglomérations et entreprises : L'environnement est devenu un facteur essentiel dans l'image de marque des villes, influençant positivement l'implantation d'entreprises ou de nouveaux quartiers résidentiels. La nature est ainsi exploitée comme un argument publicitaire par les promoteurs immobiliers. Parallèlement, certaines collectivités locales mènent des politiques ambitieuses visant à conférer à l'image de leurs villes un caractère plus naturel et attractif, tout en participant à l'identité même de l'agglomération par la requalification de zones d'activités existantes et leurs développements en de véritables parcs et éco-parcs d'activités. En outre, des concours annuels thématiques sur les "villes les plus fleuries" sont organisés dans divers pays et régions, dans le but d'encourager la végétalisation des espaces urbains (FEDENATUR., 2004).

1.3.4.1. Tourisme

L'abondance de végétation dans les milieux naturels joue un rôle fondamental dans le domaine des loisirs. La dimension économique de cette activité est variable selon le contexte : elle peut générer des retombées financières modestes pour des parcs de proximité urbains, ou représenter une dimension touristique majeure pour des sites à forte activité (ex: hôtels, restaurants). Les espaces naturels à dominante végétale peuvent ainsi constituer des compléments attractifs pour les touristes visitant les villes et souhaitant se ressourcer pendant leur séjour (DJEDI Toufik., 2011).

1.3.4.2. *Production et stockage d'eau potable*

De nombreux sites assurent la protection de la ressource en eau (nappes phréatiques), la production (captages) ou le stockage (réservoirs) de l'eau potable. Cette ressource est généralement utilisée pour l'alimentation domestique des populations, mais elle peut également faire l'objet d'une valorisation locale en tant qu'eau minérale (SOULIER Louis., 1977).

1.3.4.3. *Agriculture-élevage (agriculture périurbaine ou agroparc)*

L'agriculture joue un rôle important dans de nombreuses aires urbaines. Il peut s'agir d'une activité économique à part entière (agriculture intensive : culture maraîchère ou céréalière, par exemple), ou d'une activité assistée par la collectivité, dans une logique d'équilibre entre la ville et ses paysages. Le Parc Agricole Sud de Milan, couvrant 50 000 hectares et regroupant 910 exploitations, constitue un exemple réussi de gestion et de valorisation de l'activité agricole périurbaine. Certaines formes d'agriculture sont également liées à l'influence urbaine : activités pédagogiques, production d'engrais, parcelles d'expérimentation (SOULIER Louis., 1977).

Cependant, les activités agricoles sont généralement modifiées par la proximité de la ville ; elles peuvent s'inscrire dans une logique défensive (visant à limiter les inconvénients de la pression urbaine) ou, au contraire, dans une logique partenariale.

1.3.4.4. *Sylviculture et exploitation des forêts*

Bien que la sylviculture soit peu répandue dans la région méditerranéenne, où la gestion forestière est principalement axée sur la protection contre les incendies, la forêt demeure une source de production de bois (FEDENATUR., 2004).

1.4. Formes de végétation urbaine

En abordant les fonctions essentielles des éléments verts dans le contexte urbain, la classification des infrastructures vertes (IV) demeure dépendante du contexte (Bartesaghi Koc et al., 2017). Les IV sont de plus en plus reconnues en urbanisme comme une approche efficace pour améliorer les microclimats et atténuer les impacts du changement climatique, notamment l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) (Shao & Kim, 2022). Dans les approches urbaines, les morphologies dominantes d'IV englobent un large éventail de solutions fondées sur la nature (Sayad et al., 2021), comprenant les toitures végétalisées, murs végétalisés, forêts urbaines, noues végétalisées, jardins de pluie, ainsi que différentes formes d'agriculture urbaine (jardins individuels et communautaires, espaces verts collectifs, agriculture périurbaine et parcs agricoles) (Figure I.2). Par ailleurs, les parcs riverains, marchés de produits locaux, zones

humides artificielles, fermes d'énergies alternatives et espaces de conservation de la nature sont également considérés comme des composantes majeures des stratégies d'IV (Sturiale & Scuderi, 2019).

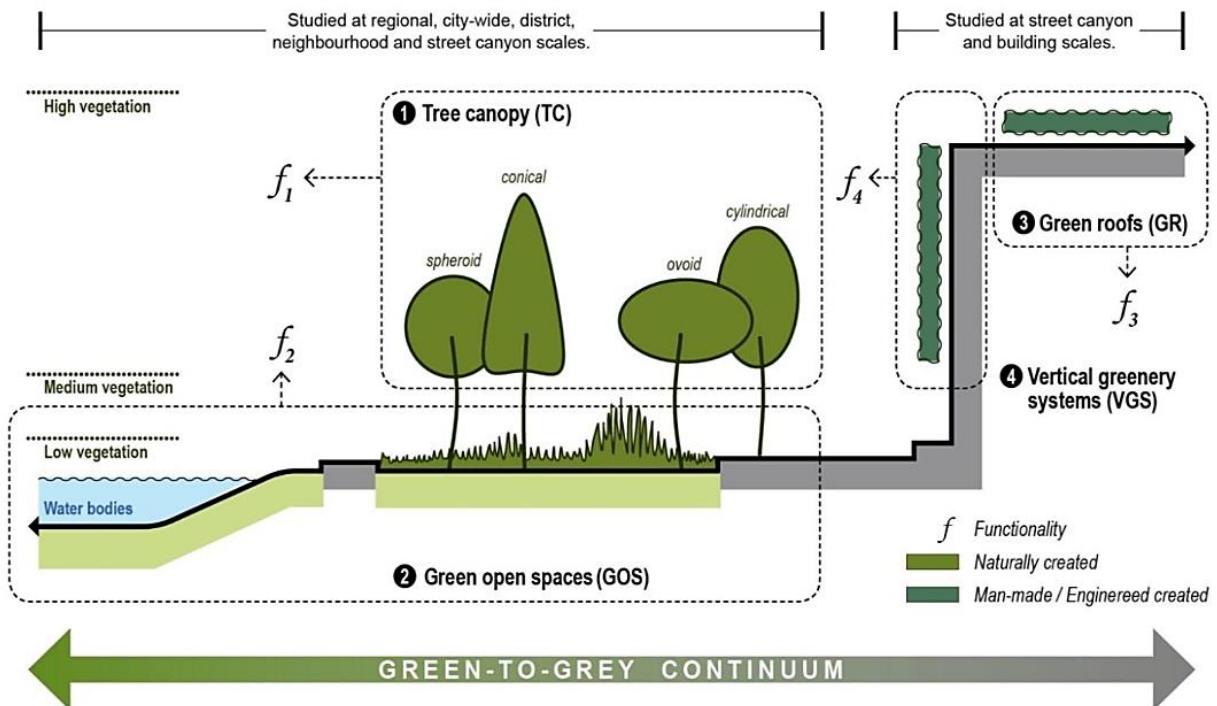


Figure I. 2 Typologies d'infrastructures vertes (Bartasaghi Koc et al., 2017).

1.4.1. Espaces verts ouverts :

Les infrastructures vertes de proximité, sont couramment identifiées comme des catalyseurs de la résilience socio-écologique, sont des éléments essentiels de l'infrastructure verte urbaine, remplissant des fonctions écologiques et socioculturelles multiples.

Les jardins communautaires, bien que fréquemment marginalisés dans les stratégies urbaines de lutte contre le changement climatique et de développement, représentent une forme significative d'infrastructure verte aux nombreux bénéfices environnementaux et socio-écologiques. Leur capacité à atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain par évapotranspiration et ombrage, à fournir des services écosystémiques essentiels tels que la pollinisation et la création d'habitats, ainsi qu'à améliorer la rétention des eaux pluviales grâce à l'infiltration des sols, est largement documentée (Scott & SESYNC, 2022).

1.4.2. L'allée : Élément structurant du paysage linéaire

L'allée se définit comme un type de jardin caractérisé par un cheminement linéaire dédié à la promenade. Elle est fondamentale pour l'ordonnancement des végétaux et sert de base à la structuration d'autres éléments paysagers longitudinaux. L'organisation végétale bordant

l'allée doit impérativement prendre en compte les rapports d'échelle entre leur hauteur, leur largeur et leur longueur afin d'assurer une cohérence esthétique et fonctionnelle de l'espace (Steffulesco, C., 1993).

1.4.3. Le cours

Le « cours » est un ensemble végétal de grande envergure, pouvant être qualifié de monument végétal (Figure I. 3). Il représente souvent la première intervention significative d'aménagement paysager qui étend la ville au-delà de ses limites originelles. Sa conception, alliant ordonnancement végétal et principes architecturaux, vise à conférer une solennité particulière à l'espace. Le cours est typiquement conçu pour l'apparat et se présente généralement sous une forme rectiligne. De manière classique, sa configuration repose sur quatre lignes d'arbres, formant ainsi trois allées parallèles délimitant une médiane, souvent plus large, qui constitue une longue scène centrale (Steffulesco, C., 1993).

1.4.4. L'Avenue

L'avenue se distingue par une composition végétale symétrique, intégrant des plantations latérales ou des jardins de façade proportionnés à sa largeur. Les arbres, atteignant souvent 25 à 30 mètres de hauteur, s'harmonisent avec l'échelle urbaine environnante. Lorsque les surfaces plantées s'élargissent, l'avenue devient promenade ou axe forestier, jouant un rôle de liaison entre la ville et sa périphérie. L'exemple de l'avenue Rajpath à New Delhi illustre l'ampleur que peut revêtir ce type d'aménagement. Figure I. 3 met en évidence la symétrie et l'ordonnancement végétal typique de ce type d'espace (Crémel., 1992).

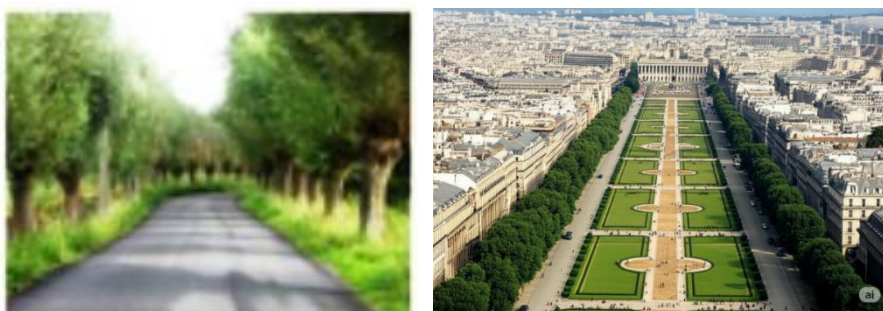


Figure I. 3 Exemples d'allée et Cours (Pradines, C., 2020).

1.4.5. Le Boulevard

Le boulevard désignait initialement un ouvrage de fortification avant de devenir une promenade arborée implantée sur d'anciens remparts. Marqué par de grandes dimensions, il délimite la ville ou ses quartiers, structurant la transition entre centre et périphérie. Aujourd'hui, le boulevard s'est transformé en artère de liaison inter-quartiers, souvent traversée par des carrefours complexes. Des projets de requalification, comme celui de Barcelone en 1980,

témoignent de son potentiel en tant qu'espace urbain structurant. Figure I. 4 illustre cette fonction par une large voie bordée d'arbres et intégrée au tissu urbain (Steffulesco, C.,1993).



Figure I. 4 Le front mer de Barcelone « le passieg Colom et le moll de la fusta » (Steffulesco, C.,1993).

1.4.6. Quais

Les quais, rives et berges sont généralement aménagés pour protéger les villes des débordements fluviaux. Les plantations d'alignement constituent leur accompagnement végétal traditionnel. Cet accompagnement peut prendre diverses formes telles que des bosquets, des plantations irrégulières ou des arbres isolés. Ces éléments végétaux enrichissent le parcours en multipliant les points de vue (Steffulesco, C., 1993).

1.4.7. Les Squares

Les squares sont des espaces de promenade et de détente intégrés au décor urbain, souvent présents dans les quartiers denses des XIXe et XXe siècles. Bien que les équipements ludiques y soient modestes, ils peuvent comporter du mobilier léger pour enfants. Pour être pleinement fonctionnels, les squares doivent offrir ombre, fraîcheur et sécurité, tout en étant protégés des nuisances sonores par une végétation périphérique. Ils sont généralement fréquentés par les riverains et ont une zone d'influence limitée à environ 500 mètres (DJEDI Toufik., 2011).

1.4.8. Les places

Les places sont des espaces publics ouverts et clos, conçus pour accueillir des rassemblements. Souvent bordées d'édifices publics, elles en prolongent la fonction symbolique et architecturale.

La végétation y joue un rôle esthétique et de composition, apportant une dimension naturelle à l'aménagement urbain. Leur typologie est variée, allant des places minérales à l'esthétique théâtrale jusqu'aux places-jardins, en passant par des formes intermédiaires comme les places à ordonnancement végétal, esplanades ou rues vertes (Steffulesco, C., 1993).

1.4.9. Jardins privés urbains

Les jardins privés, microcosmes de l'interaction entre l'humain et la nature en milieu urbain, constituent une composante majeure du réseau d'infrastructures vertes urbaines (Miakhel et al., 2024). Ils jouent le rôle d'interfaces privées entre l'habitat humain et l'environnement naturel (Cameron et al., 2012).

Si leur contribution écologique individuelle peut être limitée par leur taille et les pratiques de gestion, leur nombre important au sein des zones urbaines suggère un potentiel collectif conséquent pour renforcer la verdure urbaine et la fonctionnalité écologique.

1.4.10. Arbres urbains

Les arbres urbains sont reconnus comme un facteur majeur apportant des bénéfices de refroidissement au sein des environnements urbains (Loughner et al., 2012) via deux principaux mécanismes biophysiques. Le premier mécanisme est l'ombrage, par lequel les houppiers des arbres urbains jouent un rôle de barrière en bloquant la lumière solaire (Yin et al., 2024). Cet effet d'ombrage permet une réduction substantielle des températures de surface, entraînant un refroidissement de l'air dans le cadre spatial.

Le second mécanisme biophysique par lequel les arbres urbains exercent un effet rafraîchissant est l'évapotranspiration. Ce processus consiste en la remontée de l'eau depuis le sol, à travers le système vasculaire de la plante, suivie de sa transition de phase de l'état liquide à l'état gazeux à la surface des feuilles. Cet échange de chaleur latente, lié à l'énergie nécessaire à la vaporisation, induit une diminution nette de la température ambiante.

1.4.11. Systèmes de végétalisation verticale (SVV) : murs végétalisés

Les murs végétalisés verticaux sont étudiés en urbanisme pour leur contribution à des villes plus durables et résilientes. Ils permettent notamment de réduire les îlots de chaleur, d'améliorer l'efficacité énergétique, le confort acoustique et visuel, tout en apportant une valeur esthétique aux espaces urbains (Ascione et al., 2020). Leur impact psychologique et social est également documenté, avec des effets positifs sur le bien-être, la réduction du stress et le lien à la nature (Yeom et al., 2021). Des recherches portent aussi sur leur intégration dans les normes urbanistiques (Irga et al., 2023).

Le succès de ces dispositifs dépend du choix d'espèces végétales adaptées à des contraintes spécifiques : substrats réduits, exposition au vent et à la lumière, et disponibilité en eau (Miakhel et al., 2024).

Enfin, au-delà de leur rôle climatique, les murs végétalisés sont analysés pour leur potentiel à renforcer la biodiversité et les réseaux écologiques urbains, en fournissant des habitats et en améliorant la connectivité écologique (Collins et al., 2017).

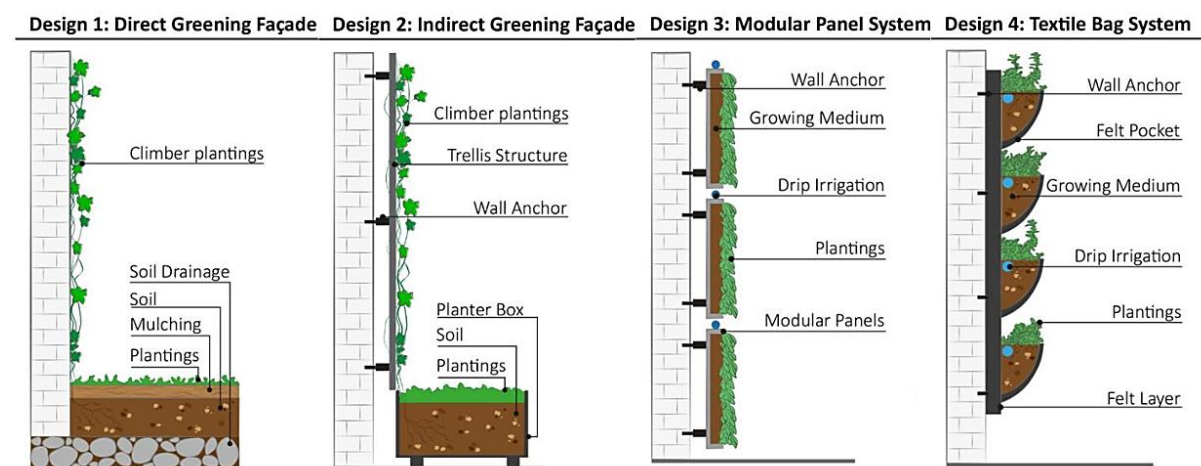


Figure 1.5 Catégories des systèmes de végétalisation verticale (SVV) (Irga et al., 2023).

1.4.12. Toitures végétalisées

« Les toitures végétalisées, situées au sommet des bâtiments, consistent en des surfaces végétalisées où des plantes sont généralement cultivées sur un substrat spécifique » (Miakhel et al., 2024).

Les toits verts trouvent leur origine dès les jardins de Babylone et l'Empire romain, où l'on cultivait des arbres au sommet des constructions (W. C. Li & Yeung, 2014). De nos jours, ils sont considérés comme une stratégie essentielle pour renforcer la durabilité urbaine. Leur rôle repose sur leur capacité à abaisser la température des bâtiments et à capter le dioxyde de carbone, un effet attribué aux plantes et au sol, lesquels peuvent piéger et retenir les polluants atmosphériques au niveau des édifices.

1.5. Végétation urbaine entre gestion et adaptation

Dans le contexte de la végétalisation urbaine, la relation entre gestion et adaptation explore le lien complexe entre les aspects opérationnels des espaces verts urbains et leur rôle stratégique dans le renforcement de l'adaptation des villes aux changements environnementaux, en particulier au changement climatique.

Cette section souligne que l'efficacité de la végétalisation urbaine en tant que stratégie d'adaptation est indissociable d'une gestion rigoureuse et adaptée. En l'absence de cadres de gestion robustes, les bénéfices adaptatifs potentiels des infrastructures vertes risquent d'être compromis, voire non réalisés. À l'inverse, des stratégies de gestion qui négligeraient les besoins adaptatifs à long terme de l'environnement urbain pourraient aboutir à des résultats non durables, voire contre-productifs.

1.5.1. Gestion des infrastructures vertes urbaines (IVU)

La gestion des espaces végétalisés dépend largement de la vision urbanistique propre à chaque pays et implique une pluralité d'acteurs publics. En milieu urbain, les collectivités locales sont les principales responsables, bien que plusieurs ministères (forêts, agriculture, environnement, culture) exercent également une influence.

L'absence de coordination centralisée et de réglementation cohérente (codes urbain, rural, forestier) entraîne l'exclusion de certains types d'espaces verts (périurbains, non boisés, coupures vertes) des politiques d'aménagement. De plus, l'application d'une gestion horticole intensive a longtemps freiné l'essor du végétal en ville.

Pour y remédier, une gestion différenciée est désormais privilégiée. Elle adapte le niveau d'entretien à la fonction, à la localisation et au paysage des espaces verts, allant d'un entretien intensif à un mode extensif. Cette méthode vise à préserver la biodiversité, réduire les coûts, limiter l'usage d'eau et de produits phytosanitaires, et valoriser la flore locale. Elle implique une coordination interservices et un effort de sensibilisation du public, afin d'accompagner un changement de perception vers des paysages plus naturels et écologiques. Les résultats observés dans les grandes villes sont jugés positifs, avec une amélioration qualitative et quantitative des espaces verts.

Le rôle majeur de la végétation en milieu urbain impose un changement de paradigme important dans les approches de gestion des infrastructures vertes urbaines (Thuiller et al., 2024). Alors que les pratiques traditionnelles privilégiaient souvent des valeurs anthropocentriques telles que l'esthétique ou l'usage récréatif, une perspective contemporaine critique met davantage l'accent sur la fonctionnalité écologique et la résilience face au changement climatique.

Pour dépasser les limites des approches conventionnelles, un cadre solide de gestion adaptative est indispensable. La capacité des infrastructures vertes urbaines (IVU) à atténuer les risques liés au changement climatique repose à la fois sur la qualité des ressources naturelles

disponibles et sur une compréhension approfondie des dynamiques écosystémiques urbaines dans leur dimension temporelle (Di Palma et al., 2024).

Une telle compréhension implique l'intégration systématique des scénarios climatiques dans l'ensemble du processus de planification et de mise en œuvre des aménagements végétalisés, privilégiant une démarche flexible et itérative permettant d'ajuster les stratégies de gestion à partir d'un suivi continu des performances écologiques et des changements environnementaux observés. En définissant des objectifs basés sur la performance écologique et la résilience, en favorisant des approches intégrées et holistiques intersectorielles, ainsi qu'en impliquant activement une diversité d'acteurs dans des processus participatifs, ce cadre vise à créer des systèmes de gestion plus réactifs et efficaces.

Par ailleurs, les avancées technologiques reconnues dans les outils analytiques offrent également des opportunités significatives pour améliorer la gestion adaptative des espaces verts urbains. Ces technologies marquent une évolution vers une gestion des espaces verts urbaine fondée sur les données et la précision (AiDASH, 2020).

1.5.1.1. Technologies de télédétection et systèmes d'information géographique (SIG)

Ces technologies offrent un outil puissant pour l'analyse spatiale et le suivi temporel de la végétation urbaine. L'imagerie satellitaire, la photographie aérienne et les relevés par drones fournissent des données précieuses sur la couverture végétale, la biomasse, la santé des plantes ainsi que sur leurs évolutions au fil du temps.

Les plateformes SIG permettent d'intégrer ces données spatiales à d'autres couches d'information pertinentes, telles que le type de sol, la topographie ou les infrastructures, facilitant ainsi une prise de décision éclairée dans la planification et la gestion (Chatzinikolaou et al., 2018; Frimpong et al., 2023). Cela favorise des évaluations à l'échelle du paysage, l'identification des zones vulnérables et le suivi de l'efficacité des interventions de gestion (Kasniza Jumari et al. 2023).

1.5.1.2. Systèmes d'irrigation intelligents

Dans des régions comme l'Algérie, confrontées à une rareté croissante de l'eau, l'irrigation de précision s'avère cruciale. La recherche académique souligne les économies d'eau significatives permises par ces technologies, contribuant à une gestion plus durable des espaces verts urbains, notamment dans un contexte d'aggravation des sécheresses (K & Maria John, 2024).

1.5.1.3. Outils de suivi écologique

Au-delà du simple suivi de la végétation, des outils avancés permettent d'obtenir des informations approfondies sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Cela comprend la surveillance acoustique des populations d'oiseaux et d'insectes, les réseaux de capteurs destinés au suivi des paramètres environnementaux (Tapias & Schmitt, 2014), tels que la qualité de l'air, la température et l'humidité, ainsi que les techniques moléculaires pour évaluer la diversité microbienne des sols.

Les outils numériques produisant des données en temps réel permettent une analyse plus précise de l'état écologique des espaces verts en milieu urbain ainsi que des effets induits par les modalités de gestion. La littérature scientifique met de plus en plus en évidence la valeur stratégique de ces informations écologiques fines pour soutenir des approches de gestion adaptative et réactive (Di Palma et al., 2024).

1.5.1.4. Modélisation climatique, analyse de données et intelligence artificielle (IA)

L'intégration des projections climatiques avec des outils analytiques sophistiqués ouvre des perspectives pour une gestion prédictive et proactive. Les modèles climatiques peuvent anticiper les conditions environnementales anticipés (Tsoka et al., 2018; López-Cabeza et al., 2018; Ouyang et al., 2022; Brahimi et al., 2023; Guergour et al., 2024), bien que l'analyse de données et les algorithmes d'intelligence artificielle contribuent à repérer le stress thermique des végétaux, et d'optimiser les stratégies de gestion en vue d'une résilience à long terme (AiDASH, 2020).

Par exemple, l'IA pourrait être employée pour prédire les périodes optimales de plantation, identifier les espèces végétales les mieux adaptées aux futurs scénarios climatiques en Algérie, ou encore optimiser les calendriers d'irrigation sur la base des prévisions climatiques. La recherche académique dans ce domaine évolue rapidement, explorant l'application de l'apprentissage automatique et de l'IA pour améliorer la gestion écologique urbaine.

En conclusion, l'adoption stratégique et l'intégration des avancées technologiques et des outils innovants constituent des leviers essentiels pour une gestion plus efficace et adaptative des espaces verts urbains. Ces technologies fournissent les données, les analyses et l'automatisation nécessaires pour réagir de manière dynamique aux changements environnementaux, optimiser l'utilisation des ressources et, en définitive, renforcer la résilience

écologique et la durabilité à long terme des infrastructures vertes urbaines face au changement climatique.

Dans un contexte tel que celui de l'Algérie, elles offrent un potentiel considérable pour répondre aux défis spécifiques liés à la raréfaction des ressources en eau et à l'élévation des températures.

1.6. Défis du développement des infrastructures vertes pour une ville urbaine résiliente

1.6.1. Défis stratégiques

Le potentiel important des infrastructures vertes pour améliorer les environnements urbains se heurte à de nombreuses limitations liées à un ensemble complexe de défis persistants (U.S. Environmental Protection Agency, 2024). L'un des obstacles majeurs réside dans la disponibilité limitée du foncier dans les zones urbaines à forte densité, ce qui engendre une tension fondamentale entre les exigences du développement urbain et la nécessité de réserver des espaces aux initiatives de verdissement, limitant ainsi leur portée et leur efficacité globale (Wen et al., 2020).

Par ailleurs, la fragmentation des espaces verts existants réduit considérablement leur valeur écologique, entravant le développement d'écosystèmes urbains robustes et adaptables. Cela souligne l'importance d'une planification stratégique visant à renforcer les connexions écologiques par la mise en place de réseaux verts cohérents (Sturiale & Scuderi, 2019).

L'efficacité durable des infrastructures vertes est également compromise par les difficultés liées à leur entretien et à leur gestion, souvent dues à un financement insuffisant et à une pénurie de professionnels qualifiés (Carmichael, 2025).

La réticence persistante à adopter de nouvelles approches, ancrée dans les normes traditionnelles d'aménagement urbain et accentuée par un manque de sensibilisation du public et des parties prenantes, exige la mise en œuvre de stratégies éducatives et de communication ciblées pour susciter un changement de paradigme (U.S. Environmental Protection Agency, 2024).

En outre, l'incertitude entourant les scénarios climatiques futurs impose une philosophie de conception souple et adaptative des infrastructures vertes, afin de garantir leur efficacité à long terme face aux réalités environnementales changeantes. L'absence de cadres juridiques et politiques stables et incitatifs représente un frein considérable, mettant en évidence la nécessité

de promouvoir des politiques qui soutiennent activement et obligatoirement l'intégration des infrastructures vertes.

Enfin, les investissements initiaux élevés requis pour la mise en œuvre de ces projets peuvent constituer un obstacle majeur, rendant indispensable l'exploration de nouveaux modèles de financement et de partenariats public-privé. Surmonter ces défis multiples requiert une mobilisation coordonnée et concertée des agences gouvernementales, des urbanistes, des collectivités locales et du secteur privé.

Cette coopération doit être adaptée aux spécificités environnementales et sociales de chaque ville afin de concrétiser pleinement le potentiel transformateur des infrastructures vertes pour une résilience urbaine renforcée et durable (Aniekan Akpan Umoh et al., 2024).

1.6.2. Perception citoyenne

Bien que les espaces verts urbains aient démontré leur rôle essentiel tant dans l'amélioration du bien-être que dans le fonctionnement écologique des villes, la perception humaine de la végétation constitue un intermédiaire fondamental, influençant l'ampleur des effets bénéfiques observés.

Ainsi, la compréhension de l'articulation entre les fonctions sociales et écologiques de la végétation apparaît comme un enjeu central pour les urbanistes et les concepteurs désireux de créer des espaces verts répondant efficacement aux besoins des communautés tout en générant des bénéfices écologiques tangibles (Harris et al., 2017).

La constitution des espaces verts urbains résulte de l'interaction entre des facteurs naturels et anthropiques. Si les effets des variables biophysiques telles que la température et les précipitations sur la végétation sont relativement bien documentés (Lindberg & Grimmond, 2011; Y. Wang et al., 2020; M. Wang & An, 2023), l'influence des facteurs sociaux demeure, en comparaison, moins explorée (Kabisch et al., 2015).

La notion du paysage, définie comme le degré selon lequel les individus apprécient esthétiquement les caractéristiques visuelles d'un paysage (Falk, 2018), constitue un cadre conceptuel pertinent pour analyser les interactions entre les systèmes humains et écologiques dans les milieux urbains.

Cette approche méthodologique a été largement mobilisée dans des contextes urbains variés, produisant un ensemble cohérent de résultats empiriques mettant en évidence une

préférence statistiquement significative pour les environnements de type naturel et les paysages de type parc (Kabisch et al., 2015; Harris et al., 2017; Franěk, 2023).

L'origine de ces préférences paysagères est attribuée à la fois à des prédispositions évolutives et à des constructions culturelles, avec un nombre croissant d'études soulignant le rôle synergique de ces deux dimensions (Yu, 1995; Poje et al., 2024).

1.7. Conclusion

Ce premier chapitre a permis d'établir les fondements conceptuels et contextuels nécessaires à la compréhension des fonctions, des valeurs et des dynamiques associées à l'élément végétal dans l'environnement urbain. En s'appuyant sur une convergence disciplinaire intégrant les perspectives de l'aménagement, des sciences écologiques, de l'analyse spatiale et les pratiques de design, nous avons construit un cadre théorique permettant d'appréhender la complexité des interactions entre la nature et la ville contemporaine.

Le végétal s'impose non comme un simple attribut esthétique, mais comme une composante essentielle du métabolisme urbain et un acteur déterminant de la fabrique territoriale. En tant que facteur d'urbanité, support de biodiversité, vecteur de qualité paysagère et régulateur environnemental, il joue un rôle déterminant dans l'organisation spatiale des environnements urbains et dans l'amélioration du cadre de vie. Son influence s'exerce sur les dimensions physiques (morphologie et porosité du tissu urbain), écologiques (flux de matière et d'énergie, connectivité biotique), sociales (usages, perceptions, pratiques) et symboliques (valeurs identitaires et patrimoniales).

À partir de cette approche intégrée, un ensemble de recommandations de conception, à la fois qualitatives et quantitatives, a été formulé. Celles-ci prennent en compte les principales dimensions du système urbain, à savoir l'habitat, la population, les fonctions, les mobilités et la voirie, et visent à renforcer la cohérence entre développement spatial, qualité environnementale et performance territoriale.

Dans cette optique, il est impératif que l'interaction entre le tissu urbain et son environnement soit intégrée de manière centrale dans toute stratégie de soutenabilité urbaine. Le végétal, en tant que composante active du paysage urbain, influence non seulement les ambiances, mais aussi les dynamiques spatiales, sociales et écologiques. Son intégration judicieuse permet d'agir sur la porosité du tissu urbain, le contrôle des conditions

microclimatiques, le renforcement des continuités écologiques et l'amélioration du bien-être urbain.

Il devient nécessaire de déployer des outils d'évaluation rigoureux permettant de mesurer de manière systématique l'impact du végétal sur la structure des espaces urbains, les équilibres écologiques et les dynamiques sociales. Le développement d'outils analytiques et prospectifs s'impose, afin de produire une lecture croisée et évolutive du paysage urbain, intégrant les formes bâties, les continuités écologiques, les usages et les pratiques sociales. Une telle approche constitue une condition essentielle pour faire du végétal un levier stratégique de transformation du tissu urbain et pour orienter les politiques d'aménagement vers des modèles de ville plus résilients, durables et habitables.

Ce cadre théorique et analytique consacré à l'élément végétal constitue un socle de réflexion qui sera prolongé par le chapitre 2, lequel portera sur l'étude théorique du tissu urbain. Ce second chapitre s'attachera à approfondir l'analyse des formes urbaines, en explorant les dynamiques spatiales et morphologiques qui structurent la ville.

Il s'agira de comprendre comment les logiques de composition, d'organisation et de transformation du tissu urbain interagissent avec les différentes dimensions du cadre bâti et non bâti. Cette approche permettra de dégager les fondements nécessaires à une lecture intégrée de la ville contemporaine, préalable à une réflexion sur l'articulation entre tissu urbain et éléments végétalisés dans les chapitres ultérieurs.

Chapitre 2

**Le tissu urbain à la loupe :
Morphologie, densités et interactions
entre ville et végétal.**

2.1. Introduction

Le chapitre précédent a souligné les multiples fonctions écologiques et environnementales cruciales de la végétation. Ces services écosystémiques, comme l'ont démontré Haase et al. (2014) et Beatley (2017), ne sont pas simplement des avantages passifs, mais nécessitent une intégration spatiale intentionnelle dans la matrice urbaine. Pour optimiser ces avantages, le tissu urbain doit être considéré à la fois comme le cadre qui façonne l'infrastructure verte et comme un participant actif aux processus écologiques. Ce chapitre s'appuie sur cette base, en soutenant qu'une intégration végétale efficace repose sur une compréhension nuancée des dimensions structurelles et fonctionnelles du tissu urbain, qui déterminent la manière dont la végétation interagit avec les environnements bâtis (Lynch, 1960).

L'impératif de disséquer la structure, la morphologie et la dynamique du tissu urbain est au cœur de ce chapitre (Alberti, 2005). Sans analyser ces éléments des réseaux de rues aux configurations des parcelles les villes risquent de déployer des efforts d'écologisation qui négligent les contraintes systémiques, telles que la fragmentation de la propriété foncière ou l'incompatibilité des infrastructures (Forman, 2014). En cartographiant ces variables, les urbanistes peuvent identifier les options d'organisation spatiale et les contraintes (les services publics souterrains denses), en veillant à ce que l'intégration des plantes s'aligne sur la forme et la fonction urbaines (Nassauer, 2012).

Ce chapitre est Structuré en trois sections, il commence par décortiquer les composantes de base du tissu urbain. Ensuite, il explore la morphologie urbaine (formes, évolutions, etc.) ainsi que les outils d'évaluation. Enfin, il fait le lien entre les densités de l'environnement bâti et les espaces végétalisés, proposant la densité végétale comme un outil permettant d'équilibrer les objectifs écologiques et l'intensification urbaine. Ensemble, ces sections permettent de naviguer dans les complexités de la planification de l'infrastructure verte.

2.2. Tissu urbain : Définitions, composantes essentielles et interactions systémiques urbain

2.2.1. Clarification conceptuelle

2.2.1.1. Définition du tissu urbain

Le tissu urbain correspond à l'organisation spatiale et fonctionnelle des composantes bâties et non bâties de la ville. Il se structure autour de cinq éléments fondamentaux (chemins,

limites, quartiers, nœuds, repères) qui influencent la perception de l'espace (Lynch, 1960). Forman (2014) y introduit une dimension écologique en soulignant le rôle des mosaïques paysagères (parcs, corridors). Cet ensemble dynamique constitue un levier central pour l'aménagement urbain durable (Alberti, 2005).

2.2.1.2. Approches disciplinaires du tissu urbain

2.2.1.2.1. Urbanisme : Morphologie et perception de l'espace

Le tissu urbain, analysé à travers sa morphologie, conditionne les usages sociaux. Lynch (1960) en identifie les éléments structurants (chemins, limites, quartiers, nœuds, repères), tandis que Choay (1965) le conçoit comme un « langage spatial » porteur de significations. Ces approches révèlent l'influence de la forme urbaine sur les mobilités, les interactions et les identités collectives.

2.2.1.2.2. Géographie sociale : Pouvoir, inégalités et justice spatiale

La géographie sociale, portée par Harvey (1973), analyse le tissu urbain comme reflet des rapports de pouvoir et des inégalités socio-spatiales. Dans *Social Justice and the City*, il montre comment la répartition des ressources urbaines (logement, espaces verts, infrastructures) contribue à renforcer les fractures sociales, faisant du tissu urbain un vecteur de reproduction ou de contestation des hiérarchies.

2.2.1.2.3. Écologie urbaine : Interactions socio-écosystémiques

L'écologie urbaine, avec Alberti (2005) et Forman (2014), conçoit le tissu urbain comme un système où interagissent bâti et écosystèmes. Alberti montre l'impact des configurations spatiales sur la biodiversité et les régulations environnementales, tandis que Forman intègre les « mosaïques paysagères » pour évaluer la résilience écologique. Cette approche souligne que la durabilité urbaine repose sur un équilibre entre artificialisation et fonctions naturelles.

Urbanisme, géographie sociale et écologie urbaine offrent des lectures croisées du tissu urbain, en articulant formes, rapports de pouvoir et dynamiques socio-écologiques, révélant ainsi toute sa complexité, entre matérialité et symbolique.

2.2.1.3. Les dimensions du tissu urbain (spatiale, fonctionnelle, sociale, etc.)

2.2.1.3.1. Dimension spatiale

La dimension spatiale du tissu urbain renvoie à sa configuration physique — densité, réseau viaire, répartition des espaces. Lynch (1960) souligne l'importance de sa lisibilité, tandis

que Batty (2013) mobilise des outils numériques pour modéliser son évolution. Cette dimension intègre aussi les « paysages ordinaires » (Nassauer, 2012), contributeurs souvent invisibles de l'identité et des dynamiques urbaines.

2.2.1.3.2. Dimension fonctionnelle

La dimension fonctionnelle du tissu urbain porte sur les usages et services qu'il génère. Forman (2014) met en évidence les interactions entre fonctions urbaines, tandis que Jim (2004) souligne l'adaptation nécessaire des espaces verts aux densités pour optimiser les services écosystémiques. Ces dynamiques posent des enjeux de gouvernance, notamment pour intégrer des corridors verts ou reconvertir des friches en espaces multifonctionnels (Forman, 2014 ; Nassauer, 2012).

2.2.1.3.3. Dimension sociale

La dimension sociale du tissu urbain met en lumière les rapports entre espace et inégalités. Harvey (1973) montre comment la ségrégation spatiale perpétue les fractures socio-économiques, tandis que Nassauer (2012) révèle le rôle des pratiques habitantes dans la réappropriation de l'espace. Alberti (2005) souligne que l'inégale accessibilité aux espaces verts accentue les vulnérabilités climatiques, faisant du tissu urbain un levier de justice environnementale.

2.2.1.4. Autres Notions Clés liées au tissu urbain

2.2.1.4.1. Urbanisation

L'urbanisation désigne le processus de transformation des espaces ruraux en zones urbanisées, combinant expansion physique et dynamiques socio-économiques. Brenner et Schmid (2015) soulignent son caractère contemporain de « planétarisation », où logiques urbaines et rurales s'entrelacent à l'échelle globale.

2.2.1.4.2. Formes urbaines

Les formes urbaines désignent la configuration physique des villes (densité, morphologie, répartition des fonctions). Lynch (1960) les conçoit comme des « patrons spatiaux » structurant l'expérience urbaine. Leurs typologies de la ville compacte à la ville diffuse ont d'importantes implications écologiques et sociales (Alberti, 2005).

2.2.1.4.3. Granularité

La granularité désigne le niveau de détail de l'analyse urbaine, allant du micro (objets ponctuels) à la macro (agrégats spatiaux). Portugali (2011) souligne son importance pour appréhender les interactions entre dynamiques locales et globales.

2.2.1.4.4. Trame (verte, bleue, viaire)

Les trames structurent le tissu urbain en réseaux fonctionnels et écologiques :

- **Trame verte** : éseau de corridors écologiques facilitant la circulation des espèces et la régulation climatique. Jim (2004) souligne l'importance des micro-espaces verts en ville dense, tandis que Benedict et McMahon (2006) élargissent le concept à l'infrastructure verte, intégrant biodiversité et services écosystémiques.
- **Trame bleue** : Ensemble des systèmes hydriques urbains, essentiels pour l'adaptation climatique. Forman (2014) montre les bénéfices de la restauration des cours d'eau (ex. : Cheonggyecheon à Séoul), et Tzoulas et al. (2007) en soulignent les effets positifs sur le bien-être mental.
- **Trame viaire** : Réseau de déplacement structurant la ville. Lynch (1960) le qualifie d'« ossature » urbaine, et Shannon (2022), à travers le concept de '15-minute cities', en met en avant le rôle dans la réduction des émissions et le rapprochement entre habitat et services.

2.2.2. Échelles d'analyse du tissu urbain

L'étude du tissu urbain implique une approche multi-échelle pour saisir ses dynamiques interconnectées :

- **Micro-échelle** : Analyse des éléments quotidiens (jardins, mobilier urbain). Nassauer (2012) montre leur influence sur les pratiques sociales, tandis que Low (2014) explore les micro-espaces comme lieux de construction identitaire.
- **Méso-échelle** : À l'échelle des quartiers ou des corridors écologiques, Forman (2014) souligne le rôle des trames vertes et bleues pour la connectivité, et Gehl (2010) l'importance de concevoir des espaces marchables et inclusifs.
- **Macro-échelle** : Portée sur les systèmes métropolitains. Batty (2013) modélise les dynamiques émergentes (étalement fractal), tandis que Soja (2010) relie cette échelle aux inégalités spatiales structurelles.

2.2.3. Les éléments constitutifs du tissu urbain

Le tissu urbain constitue la matrice structurelle et fonctionnelle des villes, intégrant les systèmes physiques, sociaux et écologiques.

2.2.3.1. Infrastructure

L'infrastructure représente le substrat des systèmes urbains, permettant la fonctionnalité par le biais de réseaux et de services techniques.

2.2.3.1.1. Réseaux de mobilité (types, hiérarchies)

Les réseaux de mobilité, multimodaux et hiérarchisés, optimisent la connectivité à diverses échelles. Les corridors majeurs facilitent la mobilité régionale, tandis que les réseaux secondaires desservent les flux urbains. Cette organisation, en cohérence avec les principes du *Transit-Oriented Development*, vise à réduire la congestion par une meilleure intégration entre transport et usage des sols. (Cervero & Kockelman, 1997).

2.2.3.1.2. Réseaux techniques et services urbains (eau, énergie, assainissement, gestion des déchets)

Les réseaux techniques et services urbains forment l'ossature invisible des villes, conditionnant leur fonctionnement et leur résilience (Graham & Marvin, 2001). Le réseau hydrique, en tant que « fluide social » (Swyngedouw, 2004), révèle des inégalités d'accès, tandis que les innovations comme les *Sponge Cities* restaurent le cycle de l'eau. Les réseaux énergétiques, en mutation vers des smart grids intégrant les renouvelables, visent à réduire l'empreinte carbone (Bulkeley et al., 2016), à l'image de Copenhague. L'assainissement reste un défi pour les mégapoles du Sud (Gandy, 2014), où des solutions décentralisées émergent. Enfin, la gestion des déchets évolue vers une économie circulaire (Zaman & Ahsan, 2019), bien que des inégalités Nord-Sud persistent dans le traitement des déchets.

2.2.3.2. Superstructure

La superstructure regroupe les éléments construits et visibles du tissu urbain, qui incarnent des valeurs culturelles, des dynamiques économiques et des héritages historiques, tout en structurant l'expérience urbaine (Carmona, 2010a).

2.2.3.2.1. Bâtiments

Les bâtiments, classés selon leurs fonctions et morphologies, jouent un rôle médiateur entre les besoins individuels et les dynamiques urbaines (Moudon, 1997). Les typologies mixtes renforcent les synergies sociales et fonctionnelles, tandis que les formes monofonctionnelles tendent à accentuer la ségrégation spatiale et la dépendance automobile.

2.2.3.2.2. Espaces publics : (typologies, fonctions, rôles)

Les espaces publics, lieux d'appropriation collective et d'expression citoyenne (Lefebvre, 1968), se déclinent en typologies diverses : places nodales, catalyseurs de mobilisations sociales (Mitchell, 2003 ; Boyer, 1994) ; corridors linéaires, supports de mobilité douce et de sociabilités informelles (Gehl, 2010) ; réseaux polycentriques, infrastructures réaménagées intégrant fonctions écologiques et sociales (Ahern, 2007).

Les espaces publics peuvent être classés selon des dimensions fonctionnelles, sociales et écologiques :

- Espaces verts : parcs, jardins assurent des fonctions récréatives, écologiques et climatiques, tout en s'inscrivant dans les logiques d'infrastructure verte au service de la résilience urbaine (Ahern, 2007) ;
- Places publiques : lieux de rassemblement et de mémoire collective (Boyer, 1994) ;
- Voirie : réseau de circulation structurant la morphologie urbaine (Lynch, 1960) ;
- Trottoirs : supports de marchabilité et d'interactions sociales (Gehl, 2010) ;
- (Espaces récréatifs : infrastructures dédiées aux loisirs et à la santé publique (Jim, 2004) ;
- Placettes et squares : micro-espaces favorisant les rencontres informelles et l'appropriation citoyenne (Whyte, 1980).

2.2.3.2.3. Mobilier urbain

Le mobilier urbain « bancs, éclairage, signalétique, poubelles, supports à vélos » structure les espaces publics en renforçant leur fonctionnalité, sécurité, accessibilité et qualité esthétique, tout en médiatisant les interactions entre usagers et environnement. Il remplit plusieurs fonctions complémentaires : fonctionnelle (navigation, confort, hygiène) (Lynch, 1960), sociale (interaction, appropriation, pouvoir) (Madanipour, 2004 ; Gehl, 2010), écologique (biodiversité, gestion des eaux, résilience) (Nassauer, 2012), culturelle (identité, mémoire) (Carmona, 2010), et technologique, via l'intégration croissante de dispositifs « intelligents » qui optimisent les ressources tout en soulevant des enjeux éthiques (Shepard, 2011).

2.2.4. Organisation et interactions au sein du tissu urbain

Cette section analyse les principes structurants et les relations dynamiques qui régissent les systèmes urbains, en mobilisant des concepts clés de géographie urbaine, d'écologie et de sociologie.

2.2.4.1. Couplages fonctionnels et spatiaux

Les couplages fonctionnels et spatiaux désignent les interrelations systémiques entre les activités urbaines (résidentielles, productives, récréatives) et leur distribution spatiale, générant des flux (humains, matériels, informationnels) et des dynamiques territoriales. Ces interactions structurent la morphologie urbaine et influencent les comportements socio-économiques (Jacobs, 1961 ; Batty, 2013). Les couplages fonctionnels et spatiaux peuvent incorporer autres notions clés, à savoir :

- **Mixité fonctionnelle** : La cohabitation spatiale de fonctions complémentaires (habitat, emploi, loisirs) réduit les distances de déplacement et renforce la résilience urbaine. Jane Jacobs (1961) identifie cette mixité comme un moteur de vitalité socio-économique, observable dans les quartiers à usages multiples (ex. : *Gründerzeitviertel* à Vienne).
- **Hiérarchie des centralités** : Théorisée par Christaller (1933), cette hiérarchie organise les services urbains selon une logique d'accessibilité (du local au métropolitain).
- **Mobilité et morphologie** : Les réseaux de transport (routes, transports en commun) structurent les flux quotidiens et influencent la forme urbaine. Les modèles de *space syntax* (Hillier & Hanson, 1984) révèlent comment la configuration spatiale des rues affecte les comportements de mobilité.
- **Ségrégation socio-spatiale** : Les inégalités d'accès aux services essentiels (éducation, santé) traduisent des couplages défectueux, alimentant des dynamiques d'exclusion (Massey & Denton, 1993).

2.2.4.2. *Superpositions et interdépendances*

Les superpositions et interdépendances décrivent les interactions multiscalaires et multisectorielles entre les composantes physiques (bâti, réseaux) et immatérielles (flux, régulations) du tissu urbain, conditionnant sa durabilité et son adaptabilité. Ces relations reflètent la complexité des systèmes urbains, où les infrastructures, les usages et les écosystèmes s'influencent mutuellement (Graham & Marvin, 2001 ; Alberti, 2005). Ces concepts se déroulent autour d'autres notions clés :

- **Systèmes techniques et forme urbaine** : Les infrastructures (transports, énergie) déterminent la localisation et la densité du bâti. Le concept de *splintering urbanism* (Graham & Marvin, 2001) décrit la fragmentation urbaine induite par des réseaux inégalement distribués.
- **Bâtiments hybrides** : Les édifices polyvalents (ex. : *mixité verticale*) optimisent l'usage des sols et réduisent l'empreinte carbone. Le *vertical urbanism* (Koolhaas, 1995) illustre cette densification multifonctionnelle dans les métropoles asiatiques.
- **Connectivité écologique** : Les espaces publics intègrent des *green-blue infrastructures* (trames vertes, zones humides) qui interagissent avec les réseaux gris (voirie, égouts). Ces systèmes hybrides améliorent la régulation hydrique et la biodiversité (Ahern, 2007).
- **Risques en cascade** : Les pannes infrastructurelles (ex. : réseaux électriques) peuvent paralyser les services urbains (hôpitaux, transports), révélant des vulnérabilités systémiques (Bulkeley et al., 2016).

- **Rétroactions ville-environnement** : Les choix d'aménagement (ex. : artificialisation des sols) affectent les microclimats et les cycles hydrologiques, nécessitant des approches intégrées (Alberti, 2005).

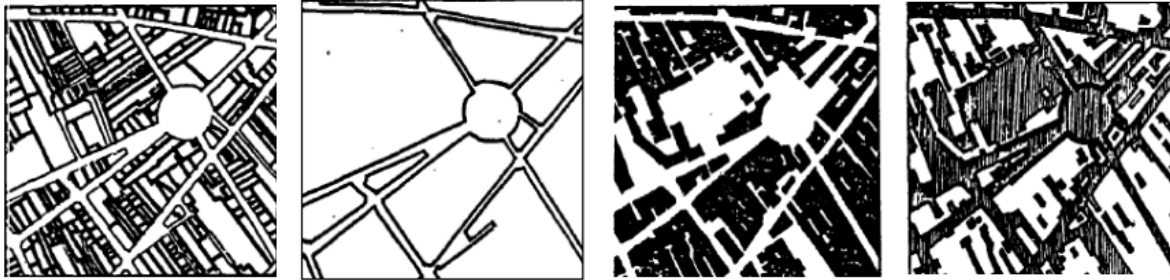


Figure II. 1 Les différents systèmes constitutifs d'un tissu urbain. (Borie et Denieul, 1980).

2.3. Morphologie urbaine : formes, évolutions et outils d'analyse

2.3.1. Concepts fondamentaux de la morphologie urbaine

2.3.1.1. Définition de la morphologie urbaine

Selon Moudon (1997), elle combine une approche historique (genèse des formes) et analytique (configuration spatiale) pour comprendre comment les villes s'organisent et se transforment. Kropf (2017) la définit comme une discipline à l'intersection de l'urbanisme, de la géographie et de l'architecture, visant à décrypter les « logiques cachées » des paysages urbains.

2.3.1.2. Les enjeux de la morphologie urbaine

La morphologie urbaine est confrontée à des enjeux contemporains majeurs qui intègrent des dimensions environnementales, sociales et économiques essentielles à la durabilité des villes :

- **L'étalement urbain** se traduit par une extension spatiale non maîtrisée des zones urbaines, provoquant une fragmentation des paysages naturels et agricoles ainsi qu'une augmentation significative de l'empreinte écologique urbaine (Alberti, 2005; Reigner et al., 2014). Cette dynamique compromet la continuité des habitats naturels et aggrave la consommation énergétique liée aux déplacements.
- **L'adaptation au changement climatique** est intrinsèquement liée aux caractéristiques morphologiques telles que la densité bâtie, l'orientation des rues et l'agencement des espaces ouverts constitue un facteur déterminant dans la formation des îlots de chaleur urbains et dans l'exposition aux aléas hydrologiques, tels que les inondations. (Gill et al., 2007; Da Cunha, 2015).

- **La ségrégation socio-spatiale** se manifeste par la structuration des quartiers en enclaves fermées ou spécialisées, renforçant les inégalités d'accès aux services et aux infrastructures, et limitant la mixité sociale et fonctionnelle, ce qui nuit à la cohésion urbaine (Carmona, 2010; Hellocarbo, s.d.).
- **La préservation du patrimoine et de l'identité urbaine** pose des défis culturels et économiques, en particulier pour préserver les structures urbaines patrimoniales soumises aux dynamiques de modernisation et à l'intensification du bâti. (Whitehand, 2001; Reigner et al., 2014).
- **La gestion et l'intégration de la végétation urbaine** constituent un enjeu crucial. La perte de biodiversité, amplifiée par l'artificialisation des sols et la discontinuité des habitats, compromet durablement les équilibres écologiques et fragilise les fonctions écosystémiques en milieu urbain (Lizée et al., 2011; Audren et al., 2016; IRD, 2022).
- **L'imperméabilisation des sols et la fragmentation paysagère** résultant de l'urbanisation affectent les cycles hydrologiques et augmentent les risques d'inondation, tout en réduisant la résilience écologique des villes (IRD, 2022).
- **La durabilité urbaine et la gouvernance environnementale** nécessitent une approche intégrée qui articule densification, mixité fonctionnelle, gestion des ressources et réduction des déchets, pour concilier développement urbain et qualité de vie (ADEME, 2006; Cairn.info, 2007).

Ainsi, la morphologie urbaine doit être pensée comme un levier stratégique pour répondre aux défis environnementaux et sociaux, en favorisant des formes urbaines compactes, diversifiées et écologiquement intégrées, capables de soutenir la transition vers des villes durables et résilientes.

2.3.2. Le système morphologique : structures et logiques de fabrication

Le système morphologique désigne l'ensemble des structures spatiales et des mécanismes socio-techniques qui régissent la formation, l'évolution et la transformation des villes. Cette approche systémique analyse la ville comme un organisme complexe, où les composantes physiques (bâti, voirie, parcelles) et les acteurs (planificateurs, habitants, investisseurs) interagissent selon des logiques historiques, culturelles et économiques (Conzen, 1960 ; Moudon, 1997).

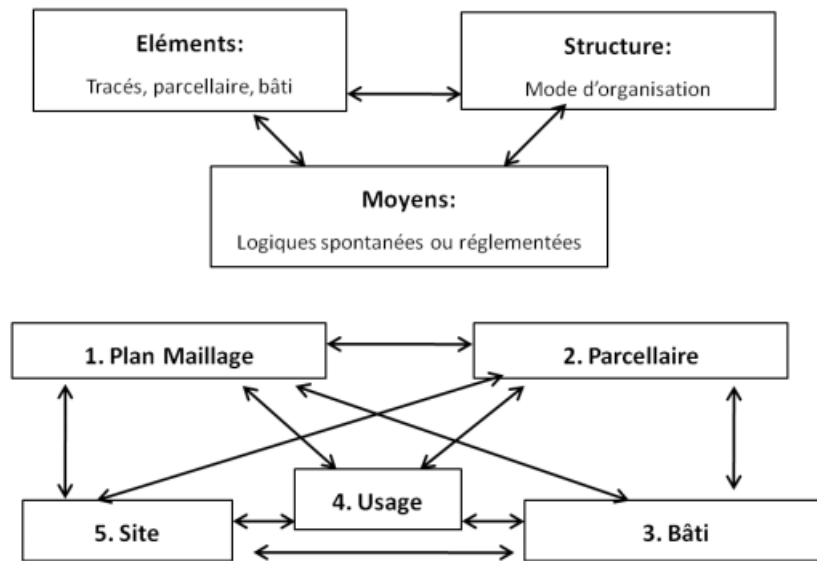


Figure II. 2 Eléments du système morphologique. (Rémy Allain, 2005).

2.3.2.1. Composantes morphologiques et leur interrelation

2.3.2.1.1. Définition des composantes morphologiques

Les composantes morphologiques désignent les éléments physiques structurants qui constituent la forme urbaine. Leur agencement spatial et leurs interactions définissent l'identité, la fonctionnalité et la résilience des villes. Ces composantes incluent :

- **Parcelles** : Unités foncières délimitant la division du sol, héritées des pratiques historiques de lotissement ou des plans d'urbanisme. Leur taille, forme et orientation conditionnent la densité et la disposition du bâti. Selon Conzen (1960), le parcellaire est une « empreinte génétique » des villes, révélant leur évolution socio-économique (ex : parcelles étroites et profondes des villes médiévales européennes).
- **Bâtiments** : Édifices aux fonctions variées (logements, commerces, équipements), dont les caractéristiques (hauteur, matériaux, styles) reflètent des contextes culturels et techniques. Lynch (1960) souligne leur rôle dans la **lisibilité urbaine**, influençant la perception et la navigation des habitants.
- **Réseaux viaires** : Systèmes de voies (rues, boulevards, sentiers) organisant la mobilité et l'accessibilité. Leur configuration hiérarchique (artères principales vs. ruelles) et leur connectivité modèlent les flux quotidiens et la vitalité socio-économique (Hillier & Hanson, 1984).

- **Espaces verts** : Zones végétalisées (parcs, jardins, corridors écologiques) intégrant des fonctions écologiques (biodiversité, régulation climatique) et sociales (loisirs, cohésion communautaire). Jim (2004) les décrit comme des « infrastructures vertes » essentielles à la durabilité urbaine.

2.3.2.1.2. *Interrelations systémiques*

L'analyse morphologique étudie les interactions dynamiques entre ces composantes :

- **Parcelles et bâti** : La forme des parcelles détermine l'implantation des bâtiments. Par exemple, les parcelles rectangulaires des villes coloniales latino-américaines favorisent un bâti aligné et dense, tandis que les grandes parcelles suburbaines encouragent l'étalement pavillonnaire (Moudon, 1997).
- **Réseaux viaires et flux** : La trame viaire influence la localisation des activités économiques et résidentielles. Les rues commerçantes (ex : Ramblas de Barcelone) génèrent des centralités spontanées, tandis les autoroutes urbaines fragmentent les quartiers (Graham & Marvin, 2001).
- **Fonction régulatrice des espaces verts** : À Singapour, les *sky gardens* relient les tours d'habitation, créant des microclimats et des corridors écologiques (Beatley, 2017).
- **Rétroactions ville-environnement** : Les choix morphologiques (ex : artificialisation des sols) affectent les cycles hydrologiques et la biodiversité, nécessitant des approches intégrées (Alberti, 2005).

2.3.2.2. *Structures urbaines*

Les structures urbaines désignent l'organisation spatiale et fonctionnelle des villes, façonnée par des logiques historiques, socio-économiques et environnementales. Elles englobent les typologies de formes urbaines et les hiérarchies spatiales, qui déterminent la morphologie, la connectivité et les dynamiques des agglomérations (Lynch, 1960 ; Moudon, 1997).

2.3.2.2.1. *Typologies de formes urbaines*

a) *Îlot*

L'îlot est une unité urbaine délimitée par des voies de circulation, composée d'un regroupement de bâtiments et de parcelles. Historiquement, les îlots européens (ex : le *Haussmannien* à Paris) sont caractérisés par une densité élevée, une mixité fonctionnelle (logements/commerces) et une cour intérieure commune. Ces îlots favorisent la marche et les interactions sociales, incarnant les principes de la *ville traditionnelle* (Kropf, 2017).

b) Tissu pavillonnaire

Le tissu pavillonnaire désigne des zones résidentielles dominées par des maisons individuelles, souvent organisées en lotissements. Typique de l'étalement urbain, cette forme émerge avec la motorisation massive et l'idéal de propriété individuelle (XX^e siècle). Elle génère une faible densité, une dépendance à la voiture et une fragmentation des paysages (Charmes, 2019).

c) Grands ensembles

Les grands ensembles sont des zones d'habitat collectif de grande échelle, construits massivement après 1945 pour répondre à la crise du logement (ex. : les *cités* en banlieue parisienne). Ces structures, souvent monofonctionnelles et isolées, ont engendré des problèmes de stigmatisation sociale et de dégradation urbaine (Vieillard-Baron, 2001).

2.3.2.2.2. Hiérarchies spatiales et logiques d'organisation

Les hiérarchies spatiales désignent l'organisation des éléments urbains selon une gradation d'importance, de centralité ou de spécialisation fonctionnelle. Elles structurent la répartition des activités (commerces, services, logements) et des flux (transports, piétons) à différentes échelles, du quartier à la métropole.

Par exemple, les centres-villes concentrent souvent des fonctions stratégiques (sièges d'entreprises, institutions culturelles), tandis que les périphéries accueillent des zones monofonctionnelles (zones industrielles, lotissements résidentiels). Cette stratification reflète des dynamiques historiques, économiques et politiques (Christaller, 1933 ; Hall, 2014).

Les logiques d'organisation correspondent aux principes structurants qui régissent la disposition spatiale des villes. Elles incluent des modèles récurrents, tels que :

- **Le damier (grille)** : Organisation orthogonale des rues, favorisant la modularité et la lisibilité (ex : New York, Barcelone). Selon Kostof (1991), cette logique incarne une rationalité planificatrice, souvent liée à des contextes coloniaux ou modernistes.
- **Le radioconcentrique** : Développement en cercles ou étoiles autour d'un noyau central (ex : Paris, Moscou). Cette logique renforce la centralité mais peut générer des congestions (Gravari-Barbas, 2015).
- **Le linéaire** : Expansion le long d'un axe principal (fleuve, route), typique des villes-rubans (ex : Valparaíso, Chili). Ce modèle optimise les connexions mais limite la densification transversale (Hall, 2014).

2.3.2.3. Logiques et acteurs de la production urbaine

La planification urbaine est une discipline évolutive, façonnée par les contextes socio-économiques, politiques et environnementaux. Son histoire reflète les transitions idéologiques, des logiques hygiénistes du XIX^e siècle aux approches néolibérales et écocentrées du XXI^e siècle.

2.3.2.3.1. Processus historiques et contemporains de planification et de développement urbain

a) Période pré-moderne : Villes médiévales

Les villes médiévales (Ve–XVe siècles) se caractérisent par une morphologie organique, structurée autour de fortifications (remparts, châteaux) et de places marchandes, avec des rues étroites et une mixité fonctionnelle spontanée (artisans, résidents, lieux de culte). Cette organisation répondait à des impératifs défensifs et communautaires (Mumford, 1961).

b) Époque industrielle : Planification autoritaire haussmannienne

Au XIX^e siècle, la planification hygiéniste émerge pour lutter contre les épidémies (choléra) et contrôler les classes laborieuses. Les percées urbaines (grands boulevards) et la séparation spatiale des classes sociales incarnent cette approche autoritaire, comme à Paris sous Haussmann (1853–1870) (Harvey, 2003).

c) Mouvement moderne : Charte d'Athènes (1933)

Portée par Le Corbusier et les CIAM, la Charte d'Athènes promeut un zonage fonctionnel strict (zones dédiées à l'habitat, au travail, aux loisirs) et une standardisation architecturale (barres d'immeubles, espaces verts aseptisés).

d) Ère néolibérale : Financiarisation et partenariats public-privé (PPP)

Depuis les années 1980, la planification est dominée par des logiques de marché : privatisation des services urbains, partenariats public-privé (PPP), et spéculation immobilière. Les villes globales (ex. : Dubaï, Shanghai) deviennent des marques compétitives, priorisant les mégaprojets (gated communities, centres financiers) sur l'intérêt collectif (Sassen, 2001).

e) Transition écologique : Agendas 21 et ODD

Face à l'urgence climatique, la planification intègre des objectifs de résilience écologique (neutralité carbone, énergies renouvelables) et d'inclusion sociale (logement abordable, espaces publics accessibles). Les Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'ONU (2015) encadrent cette transition (UN-Habitat, 2016).

2.3.2.3.2. *Rôle des acteurs (publics, privés, habitants)*

La production urbaine en Algérie, comme ailleurs, résulte d'interactions complexes entre acteurs. Ce système reflète à la fois des héritages centralisateurs et des dynamiques socio-économiques contemporaines (Djabi, 2018).

a) Acteurs publics

En Algérie, la production urbaine reste largement encadrée par les institutions étatiques, dans la continuité d'un modèle centralisé hérité de l'après-indépendance. Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville (MHU) assure la direction des principaux programmes nationaux, bien que les wilayas et communes appliquent les schémas directeurs (PDAU).

Cependant, la décentralisation limitée et la bureaucratie entravent l'efficacité, comme en témoignent les retards chroniques dans les projets d'habitat (CNERU, 2020). L'État reste le principal investisseur, mais son rôle s'affaiblit face aux crises financières et à la dépendance aux hydrocarbures (Madoui, 2016).

b) Acteurs privés

Le secteur privé algérien, longtemps marginalisé, prend une place croissante via des partenariats public-privé (PPP) et des promoteurs immobiliers. Toutefois, son développement demeure freiné par un climat des affaires peu transparent, par des pratiques de corruption persistantes, ainsi que par un cadre juridique jugé inadapté (Transparency International, 2022). Les promoteurs privilégient les projets rentables (résidences fermées, centres commerciaux) au détriment du logement social, creusant les inégalités d'accès au logement (Belguidoum & Mouaziz, 2015).

c) Habitants et société civile

La participation citoyenne en Algérie reste embryonnaire, malgré une constitution de 2016 promouvant la démocratie participative. Les habitants sont souvent réduits à un rôle de contestation plutôt que de co-construction. Les initiatives locales émergent timidement, freinées par un cadre juridique rigide.

2.3.2.3.3. *Réglementations et instruments d'urbanisme*

Le cadre réglementaire algérien en urbanisme repose sur des lois et instruments clés, hérités de réformes post-indépendance et marqués par une approche centralisée. Ces outils visent à structurer l'aménagement du territoire tout en faisant face à des défis d'application et d'adaptation aux réalités locales (Madoui, 2016 ; Safar Zitoun, 2019).

a) *Loi d'Orientation de la Ville (LOV, 2006)*

La Loi n°06-06 du 20 février 2006 définit les principes d'un développement urbain durable, en insistant sur :

- La mixité fonctionnelle (équilibre habitat/emplois/équipements).
- La préservation des zones naturelles et agricoles face à la progression du tissu urbain.
- L'encouragement aux modes de transport collectifs et la garantie d'un accès équitable au logement pour tous.

b) *Loi Relative à l'Urbanisme et à l'Aménagement du Territoire*

La Loi n° 08-15 du 20 juillet 2008, relative à l'urbanisme et à l'aménagement du territoire, réforme le cadre juridique en remplaçant l'ancienne loi de 1990. Elle introduit les outils de planification ((Ikni, 2018):

➤ **Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU)**

Le Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU) est un instrument stratégique de planification urbaine visant à encadrer l'expansion des villes algériennes sur un horizon de 10 à 20 ans. Il définit les orientations générales d'aménagement en classant le territoire en zones distinctes : zones urbanisables (destinées au logement, aux activités économiques), zones agricoles (protégées de l'artificialisation) et zones naturelles (espaces boisés, littoraux). Le PDAU planifie également les réseaux essentiels (transports, eau, électricité) pour anticiper les besoins futurs.

➤ **Plan d'Occupation des Sols (POS)**

Met en œuvre les orientations définies par le PDAU en établissant des règles contraignantes à l'échelle des quartiers. Il détermine :

- La densité (nombre de logements par hectare),
- La hauteur maximale des bâtiments (pour préserver le patrimoine ou le caractère des zones historiques),
- Les coefficients d'occupation des sols (COS) (surface constructible autorisée par parcelle).

Cependant, dans les zones rurales, le POS est souvent inadapté aux pratiques locales, comme l'extension des fermes ou les habitats claniques, ce qui génère des tensions entre normes étatiques et réalités socio-culturelles (Safar Zitoun, 2019).

2.3.3. Dynamiques et transformations du tissu urbain

L'étude des dynamiques urbaines révèle les processus historiques et contemporains qui façonnent l'évolution des villes, des centres anciens aux périphéries modernes. Ces

transformations résultent d'interactions complexes entre facteurs socio-économiques, politiques et environnementaux, reflétant les défis de durabilité et d'adaptation des territoires urbains (Harvey, 1985 ; UN-Habitat, 2020).

2.3.3.1. Les facteurs de changements dans les villes anciennes

- **Croissance démographique** : Hausse de la population entraînant l'extension urbaine au-delà des limites historiques (Mumford, 1961).
- **Modernisation industrielle** : Introduction de technologies (chemins de fer, usines) transformant les structures urbaines (Choay, 1965).
- **Transformations politiques** : Réaménagements autoritaires sous colonisation ou régimes autoritaires, remodelant les centres historiques (Celik, 1997).
- **Patrimonialisation** : Reconversion des centres-villes en espaces touristiques, souvent au détriment des résidents (Vesco, 2017).

2.3.3.2. Les facteurs de changements actuels

- **Globalisation économique** : Concentration des capitaux et des sièges sociaux dans les métropoles mondiales (Sassen, 2001).
- **Spéculation immobilière** : Logiques de rentabilité provoquant gentrification et exclusion sociale (Lees et al., 2016).
- **Transition numérique** : Déploiement de technologies *smart city* modifiant la gouvernance et les usages urbains (Kitchin, 2014).
- **Crises climatiques** : Nécessité d'adapter les villes aux risques (inondations, canicules) via des infrastructures résilientes (IPCC, 2022).

2.3.3.3. Mutations contemporaines

2.3.3.3.1. Urbanisation diffuse

L'urbanisation diffuse désigne un étalement urbain non maîtrisé, caractérisé par une expansion discontinue et peu dense des villes sur des terres agricoles ou naturelles. Ce phénomène, souvent alimenté par des politiques favorisant l'automobile et une faible régulation foncière, entraîne une fragmentation des paysages, une dépendance accrue aux énergies fossiles et une hausse des coûts d'infrastructures (réseaux routiers, égouts) (Bruegmann, 2005).

2.3.3.3.2. Densification

La densification urbaine consiste à concentrer le bâti (verticalement ou horizontalement) pour optimiser l'usage des sols et limiter l'étalement. Bien qu'elle réponde à des impératifs

écologiques (réduction des émissions liées aux transports, préservation des terres agricoles), elle génère des tensions socio-spatiales : spéculation immobilière, réduction des espaces publics, et inégalités d'accès au logement abordable. Cette approche est au cœur des débats sur la durabilité urbaine (Batty, 2013).

2.3.3.3.3. *Renouvellement urbain*

Le renouvellement urbain désigne la transformation de zones délaissées (friches industrielles, ports, gares) en espaces mixtes (logements, commerces, loisirs). Bien que revitalisant les territoires, il s'accompagne souvent d'une gentrification, excluant les populations modestes au profit de ménages aisés. Ce processus illustre les contradictions entre régénération économique et justice spatiale (Zukin, 2010).

2.3.3.3.4. *Enjeux de durabilité*

Les enjeux de durabilité englobent les stratégies visant à *rendre les villes résilientes* face aux crises climatiques, tout en garantissant l'équité sociale. Cela inclut l'intégration d'*infrastructures vertes* (parcs, toitures végétalisées), la réduction de l'empreinte carbone, et la promotion de l'économie circulaire. Ces approches répondent à l'urgence de concilier développement urbain et limites planétaires (Ahern, 2007).

2.3.4. Méthodes et critères d'analyse morphologique

L'analyse morphologique constitue une approche fondamentale pour comprendre la structure, l'évolution et les dynamiques des espaces urbains. Elle repose sur des méthodes et critères systématiques permettant d'évaluer les caractéristiques physiques et spatiales des tissus urbains. Cette section détaille trois catégories de critères d'analyse : topologiques, géométriques et dimensionnels, qui forment un cadre méthodologique intégré pour l'étude des formes urbaines (Moudon, 1997 ; Kropf, 2017).

2.3.4.1. *Critères topologiques*

Les critères topologiques examinent les relations spatiales et les configurations des éléments urbains indépendamment de leurs dimensions métriques. Ils révèlent la structure fonctionnelle et les interactions entre les composantes du système urbain.

- **Connectivité (accessibilité, centralité) :** La connectivité mesure la capacité d'un réseau à relier des nœuds urbains, influençant l'accessibilité et la centralité des espaces. L'accessibilité renvoie à la facilité d'accès à des services ou infrastructures, tandis que la centralité identifie les zones stratégiques dans le réseau viaire (Hillier & Hanson, 1984).

Ces concepts sont analysés via des outils de syntaxe spatiale (Space Syntax), quantifiant les flux potentiels et les hiérarchies spatiales (Batty, 2004).

- **Intégration spatiale** : L'intégration spatiale évalue la cohésion entre les espaces publics et privés, déterminant leur rôle dans la structuration urbaine. Un haut niveau d'intégration favorise les interactions sociales et les usages polyvalents, tandis qu'une faible intégration peut indiquer des zones marginalisées (Hillier, 1996).
- **Réseau viaire** : L'analyse du réseau viaire (hiérarchie des rues, maillage, perméabilité) permet de comprendre la distribution des mobilités et la résilience urbaine. Une structure en grille favorise la connectivité, tandis qu'un réseau dendritique limite les parcours alternatifs (Marshall, 2005).

2.3.4.2. Critères géométriques

Les critères géométriques se concentrent sur les propriétés formelles et métriques des éléments bâtis et non bâtis, reflétant les choix d'aménagement et leurs impacts socio-environnementaux.

- **Formes urbaines (compacité, fragmentation, linéarité)** : La compacité mesure la densité spatiale et l'efficacité des usages du sol, souvent associée à la durabilité urbaine (Jabareen, 2006). La fragmentation évalue la dispersion des constructions, révélant des processus de ségrégation ou d'étalement (Oliveira, 2016). La linéarité caractérise les développements axés sur des corridors (ex. axes de transport), influençant les dynamiques de croissance (Lynch, 1981).
 - **Orientation** : L'orientation des bâtiments et des rues affecte l'exposition solaire, la ventilation naturelle et le confort thermique. Une orientation optimisée réduit les besoins énergétiques et améliore la qualité de vie (Ratti & Baker, 2015).
 - **Emprise au sol** : Ce critère quantifie la proportion du sol occupée par les constructions, influençant la perméabilité des sols, les îlots de chaleur et la densité fonctionnelle (Moudon, 1997).

2.3.4.3. Critères dimensionnels

Les critères dimensionnels analysent les échelles et proportions des éléments urbains, déterminant leur adéquation aux besoins sociaux et environnementaux.

- **Densités bâties** : La densité bâtie, exprimée en surface de plancher par unité de terrain, reflète l'intensité urbaine. Des densités élevées favorisent les économies d'échelle, mais exigent une gestion optimisée des infrastructures (Newman & Kenworthy, 1999).

- **Hauteurs et gabarits** : Les hauteurs des bâtiments et leur variation (gabarit) modulent le profil urbain, impactant l'ensoleillement, les vues et l'identité visuelle. Une régulation des gabarits prévient les conflits d'usage et préserve le patrimoine (Oliveira, 2016).
- **Proportions et échelles** : Les proportions (rapports hauteur/largeur des rues, taille des parcelles) influencent la perception humaine de l'espace. Une échelle humaine, privilégiant les dimensions adaptées aux piétons, renforce la convivialité urbaine (Gehl, 2010).

2.3.4.4. Intégration de l'analyse du végétal

L'analyse morphologique des espaces verts et de la végétation urbaine représente un enjeu croissant dans les études urbaines, notamment face aux défis climatiques et aux impératifs de durabilité. L'intégration du végétal nécessite d'adapter les critères existants (topologiques, géométriques, dimensionnels) et d'introduire des indicateurs spécifiques pour évaluer sa présence, sa structure et ses fonctions écologiques et sociales au sein du tissu urbain (Jim, 2002; Ignatieva et al., 2020).

2.3.4.4.1. Critères topologiques

- **Connectivité verte** : La connectivité des espaces verts (parcs, corridors écologiques, trames vertes) est analysée pour évaluer leur accessibilité et leur rôle dans la structuration urbaine. Une connectivité élevée favorise la biodiversité et les déplacements doux (Forman, 2014). Des outils comme les *analyses de réseau écologique* mesurent les continuités végétales et leur intégration aux réseaux viaires (Beatley, 2016).
- **Intégration spatiale du végétal** : L'intégration du végétal dans les espaces publics et privés (cours, rues plantées, toits végétalisés) est étudiée via des indicateurs de *porosité verte*, reflétant la perméabilité écologique et visuelle du tissu urbain (Nassauer, 1995).
- **Réseau viaire végétalisé** : L'analyse inclut la présence d'arbres d'alignement, de bandes végétales et de *greenways*, qui modulent la qualité des parcours piétons et la régulation microclimatique (Mullaney et al., 2015).

2.3.4.4.2. Critères géométriques

- **Formes des espaces verts** : La compacité (ex. parcs centraux vs. jardins dispersés), la fragmentation (ex. îlots de verdure isolés) et la linéarité (ex. corridors riverains) des espaces verts sont évaluées pour comprendre leur impact sur la résilience écologique (European Commission, 2013).

- **Orientation et ensoleillement** : L'orientation des espaces verts influence leur exposition solaire, essentielle pour la croissance végétale et le confort thermique des usagers (Robbins, 2012).
- **Emprise au sol végétalisée** : Ce critère mesure la proportion de surfaces perméables (sol naturel, pelouses) (Gill et al., 2007).

2.3.4.4.3. Critères dimensionnels

- **Densité végétale** : La densité du couvert arboré (indice de canopée) et la stratification verticale (herbacées, arbustes, arbres) sont quantifiées via des méthodes LiDAR ou des indices satellitaires (NDVI) (Jim, 2002).
- **Échelles des espaces verts** : Les proportions entre micro-espaces (jardins de poche), méso-espaces (parcs de quartier) et macro-espaces (forêts urbaines) déterminent leur accessibilité et leur multifonctionnalité (Kabisch et al., 2015).

2.3.4.4.4. Critères complémentaires spécifiques au végétal

- **Diversité biologique** : La richesse spécifique (nombre d'espèces végétales) et la structure des écosystèmes (strates, habitats) sont analysées pour évaluer la capacité des espaces verts à soutenir la biodiversité (Ignatieva et al., 2020).
- **Services écosystémiques** : Des indicateurs tels que le stockage de carbone, la captation des polluants ou la régulation thermique sont intégrés pour mesurer les bénéfices environnementaux (Haase et al., 2014).
- **Interactions socio-spatiales** : La végétation est étudiée comme vecteur de sociabilité (ex. jardins partagés) ou de ségrégation (Wolch et al., 2014).

2.4. Densités urbaines et introduction à la densité végétale

2.4.1. La notion de densité urbaine : complexité et enjeux

La densité urbaine constitue un concept central en urbanisme, mobilisé pour décrire l'intensité des occupations humaines, bâties et fonctionnelles sur un territoire. Pourtant, sa définition et ses implications restent sujettes à des interprétations variées, reflétant des enjeux techniques, politiques et socio-environnementaux complexes (Burton, 2000). Cette section explore ses définitions, ses approches méthodologiques et ses impacts multidimensionnels.

2.4.1.1. Définitions de la densité urbaine

La densité urbaine désigne généralement le rapport entre une quantité (population, bâti, activités) et une unité spatiale (hectare, km²). Toutefois, sa mesure varie selon les contextes disciplinaires :

- **Densité brute** : Rapport global (ex. habitants/km²) sans distinction des espaces non urbanisés.
- **Densité nette** : Rapport calculé sur les seules zones urbanisées, excluant les espaces non constructibles (Pont & Haupt, 2010).
- **Densité perçue** : Expérience vécue de la densité, influencée par des paramètres morphologiques tels que l'élévation des bâtiments, l'ampleur des voies et les aménités vertes. (Gehl, 2010).

Cette polysémie souligne la nécessité de préciser les échelles et les indicateurs utilisés (Newman & Kenworthy, 1999).

2.4.1.2. Enjeux de la densité urbaine

2.4.1.2.1. Compacité

La densité est souvent associée à la compacité urbaine, modèle prôné pour limiter l'étalement et optimiser les infrastructures (Jabareen, 2006). Une ville compacte réduit les émissions de CO₂ liées aux transports, mais peut accentuer les îlots de chaleur ou la congestion (Haase et al., 2014).

a) Impacts Environnementaux

- Avantages : Réduction de l'artificialisation des sols, économies d'énergie (chauffage/transport).
- Risques : Surconcentration des polluants, stress hydrique (OECD, 2012).

b) Impacts Sociaux

- Avantages : Accès aux services, interactions communautaires.
- Risques : Surpeuplement, tensions sur les logements abordables (Wolch et al., 2014).

c) Impacts Économiques

- Avantages : Rentabilité des réseaux (transports, eau).
- Risques : Coûts élevés de construction et de maintenance (UN-Habitat, 2016).

2.4.1.3.1. L'étalement urbain

Phénomène de dispersion spatiale caractérisé par une faible densité et une consommation excessive de terres agricoles ou naturelles. Il résulte souvent de politiques favorisant l'automobile et de la spéculation foncière (Brueckner, 2000).

a) Les impacts de l'étalement urbain

L'étalement urbain, en fragmentant les paysages et en artificialisant les sols, exerce des pressions majeures sur les écosystèmes végétaux. Ces impacts, souvent cumulatifs, menacent la résilience écologique des territoires et réduisent les services écosystémiques associés à la végétation. Une analyse approfondie révèle des conséquences multidimensionnelles :

b) Destruction et fragmentation des habitats naturels

- **Perte de couvert végétal natif** : L'artificialisation des sols liée à l'expansion urbaine provoque une perte importante d'habitats naturels, contribuant à l'érosion de la biodiversité végétale (European Environment Agency, 2020).
- **Fragmentation écologique** : La fragmentation des espaces verts résiduels isole les populations végétales, freine les échanges génétiques et perturbe les interactions écologiques, augmentant ainsi le risque d'extinctions locales (Forman, 2014).

c) Appauvrissement de la biodiversité végétale

- **Homogénéisation des paysages** : L'usage d'aménagements végétaux standardisés et d'espèces exotiques appauvrit la diversité floristique locale et fragilise les écosystèmes urbains (Ignatieva et al., 2020).
- **Invasions biologiques** : Les perturbations créées par l'étalement (sols dégradés, lisières artificialisées) favorisent les espèces invasives (ex. *Robinia pseudoacacia* en Europe), qui concurrencent la flore native (McDonald et al., 2020).

d) Dégradation des services écosystémiques

- **Régulation climatique affaiblie** : La réduction du couvert arboré et des sols perméables accentue les îlots de chaleur urbains. À Phoenix (États-Unis), une diminution de 10 % de la végétation augmente la température nocturne de 1,5 °C (Li et al., 2017).
- **Capacité de rétention d'eau réduite** : L'imperméabilisation des sols limite l'infiltration, augmentant les risques d'inondations et privant les plantes de réserves hydriques en période de sécheresse (Gill et al., 2007).

- **Stockage de carbone compromis** : La destruction des forêts urbaines diminue le stockage de carbone et contribue aux émissions de CO₂, comme observé à Toronto où cette capacité a chuté de 25 % entre 1990 et 2015. (Nowak & Greenfield, 2018).

e) Altération des structures végétales et des sols

- **Perturbation des microclimats** : entraînant un déclin de la végétation urbaine et une mortalité précoce des arbres en zones périphériques. (Mullaney et al., 2015).
- **Dégradation pédologique** : Les sols artificialisés perdent leur structure, leur matière organique et leur microbiote, rendant difficile la recolonisation végétale spontanée (Pauleit et al., 2005).

f) Impacts socio-écologiques et inégalités d'accès

- **Ségrégation verte** : L'étalement urbain accentue les inégalités d'accès aux espaces verts, les quartiers défavorisés étant nettement moins pourvus que les zones aisées, comme observé à Los Angeles. (Wolch et al., 2014).
- **Perte de paysages culturels** : Les ceintures maraîchères et les agroécosystèmes périurbains, véritables réservoirs de biodiversité cultivée, disparaissent au profit de lotissements (Nassauer, 1995).

2.4.2. Introduction au concept de densité végétale urbaine

La densité végétale urbaine émerge comme un indicateur clé pour évaluer la place et le rôle du vivant dans les espaces urbanisés. Elle reflète non seulement la quantité de végétation, mais aussi sa répartition spatiale, sa diversité et sa capacité à interagir avec les systèmes socio-écologiques. Cette section en définit les paramètres, en souligne les enjeux et esquisse les méthodes d'analyse.

2.4.2.1. Définition de la densité végétale

Dans un contexte urbain, la densité végétale désigne la concentration et la structuration spatiale des composantes végétales sur un territoire. Elle se décline en trois dimensions complémentaires :

- **Couverture végétale** : Pourcentage de surface occupée par la végétation (arbres, pelouses, toits végétalisés) par rapport à la superficie totale. Cet indicateur, mesuré par télédétection (ex. NDVI), évalue l'étendue spatiale du végétal (Jim, 2002).

- **Nombre d'arbres** : Densité arborée exprimée en nombre d'individus par hectare. Elle renseigne sur le potentiel de régulation microclimatique et de biodiversité (Nowak & Greenfield, 2018).
- **Surface d'espaces verts** : Superficie dédiée aux parcs, jardins ou corridors écologiques, souvent normée en m²/habitant (OMS, 2016).

Cette notion intègre également la stratification verticale (herbacées, arbustes, arbres) et la connectivité écologique entre les espaces verts (Forman, 2014).

2.4.2.2. Importance et enjeux de la mesure de la densité végétale

Quantifier la densité végétale est essentiel pour :

- Soutenir les services écosystémiques : ils régulent le climat en atténuant les îlots de chaleur (Gill et al., 2007), améliorent la santé publique en purifiant l'air et en favorisant le bien-être (Wolch et al., 2014), et optimisent la gestion hydrique en facilitant l'infiltration des eaux et en prévenant les inondations (Haase et al., 2014).
- Adapter les villes au changement climatique : Les canopées denses réduisent les températures urbaines de 2 à 8 °C, tandis que les sols végétalisés captent jusqu'à 50 % des eaux de pluie (European Environment Agency, 2020).
- Lutter contre les inégalités socio-spatiales : Les « déserts verts » (quartiers carencés en végétation) exacerbent les vulnérabilités sanitaires et sociales, notamment dans les zones défavorisées (Jennings et al., 2019).

2.4.2.3. Evolution des approches méthodologiques d'évaluation de l'élément végétal dans le contexte urbain :

L'évaluation de l'élément végétal en contexte urbain a connu une progression méthodologique marquée par des innovations technologiques et une interdisciplinarité croissante. Voici les étapes clés de cette évolution.

2.4.2.3.1. Période pré-1990 : Méthodes manuelles et inventaires basiques

- **Inventaires manuels** : Dénombrement direct des arbres et cartographie rudimentaire sur plans papier, limités en précision et couverture spatiale.
- **Approches qualitatives** : Observations de terrain et études paysagères sans outils de quantification standardisés.

2.4.2.3.2. *Années 1990-2000 : Révolution de la télédétection satellitaire*

- **Indices de végétation** : Introduction du *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*), permettant une quantification objective de la couverture végétale à grande échelle (Jim, 2002).
- **Cartographie numérique** : Utilisation d'images satellitaires (Landsat, SPOT) pour analyser les dynamiques spatio-temporelles des espaces verts.

2.4.2.3.3. *Années 2010 : Intégration des SIG et du LiDAR*

- **Systèmes d'Information Géographique (SIG)** : Croisement de couches spatiales (occupation du sol, réseaux écologiques) pour une analyse intégrée.
- **Modélisation 3D** : Scanner LiDAR (*Light Detection and Ranging*) pour mesurer la hauteur des arbres, la densité des canopées et la stratification végétale (Nowak & Greenfield, 2018).

2.4.2.3.4. *Période actuelle (2020s) : Données massives, IA et approches hybrides*

- **Big Data et IoT** : Exploitation d'images haute résolution (Sentinel-2, drones) et de capteurs connectés pour un suivi en temps réel.
- **Intelligence artificielle** : Algorithmes prédictifs pour modéliser la croissance végétale ou évaluer les services écosystémiques (Li et al., 2017).
- **Sciences citoyennes et enquêtes de perception** : Intégration des usages sociaux et des préférences citoyennes (Kaplan, 1995).

2.4.2.3.5. *Perspective holistique contemporaine*

- **Interdisciplinarité** : Fusion des données quantitatives (écologiques, climatiques) et qualitatives (sociologie, urbanisme) pour une planification résiliente (Ignatieva et al., 2020).
- **Objectifs intégrés** : Articulation de la densité végétale, de la connectivité écologique (trames vertes) et des enjeux d'équité spatiale.

Cette évolution reflète un passage d'une logique descriptive à une approche prédictive et inclusive, essentielle pour répondre aux défis climatiques et sociaux du XXI^e siècle.

2.4.3. Densité végétale urbaine

2.4.3.1. Définition

La **densité végétale urbaine** désigne la concentration spatiale et la répartition des composantes végétales (arbres, pelouses, toits végétalisés, etc.) au sein d'un territoire urbanisé. Elle intègre trois dimensions principales :

- **Quantitative** : Mesures de surface (ex. couverture végétale en %), de nombre (ex. arbres/ha) ou de volume (ex. biomasse).
- **Qualitative** : Diversité des espèces, stratification verticale (herbacées, arbustes, arbres) et connectivité écologique entre espaces verts (Forman, 2014).
- **Fonctionnelle** : Capacité à fournir des services écosystémiques (régulation climatique, biodiversité) et sociaux (loisirs, bien-être) (Jim, 2002).

2.4.3.2. *Mesure de la densité végétale urbaine*

La densité végétale se mesure à l'aide d'outils variés :

- **Télédétection** :
 - *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)* pour évaluer la couverture végétale.
 - *LiDAR* pour cartographier la structure 3D des canopées (Nowak & Greenfield, 2018).
 - **Inventaires de terrain** : Dénombrement d'arbres, identification d'espèces.
 - **Indices composites** :
 - *Indice de canopée* : Surface ombragée par les arbres.
 - *Indice de biodiversité urbaine* : Richesse en espèces natives (Ignatieva et al., 2020).

2.4.3.3. *Enjeux*

La densité végétale urbaine est un levier critique pour :

- **Services écosystémiques** :
 - Atténuation des îlots de chaleur (-2 à -8 °C sous couvert arboré).
 - Séquestration du CO₂ (1 arbre mature ≈ 22 kg CO₂/an) (Nowak & Greenfield, 2018).
 - **Adaptation climatique** :
 - Gestion des eaux pluviales (réduction de 30 % des ruissellements).
 - Résilience face aux canicules (European Environment Agency, 2020).
 - **Équité sociale** :
 - Accès inégal aux espaces verts : Les quartiers défavorisés ont jusqu'à 50 % moins de parcs (Wolch et al., 2014).

2.4.3.4. *Méthodes et indicateurs de mesure de la densité végétale*

Type d'indicateur	Exemples	Outils/Méthodes
Quantitatif	Surface végétalisée (m ² /habitant)	SIG, images Sentinel-2
	Densité arborée (arbres/ha)	LiDAR, inventaires terrain

Qualitatif	Richesse spécifique (nombre d'espèces)	Enquêtes écologiques
	Indice de connectivité verte	Analyses de réseau écologique
Socio-écologique	Accessibilité aux espaces verts (distance/temps)	Enquêtes de mobilité, données GPS
	Perception citoyenne (ombrage, esthétique)	Sciences participatives (Kaplan, 1995)

Table II. 1 Méthodes et indicateurs de mesure de la densité végétale. (auteur, 2025)

2.4.3.5. Rôle et impact de la densité végétale dans la fabrique urbaine

La densité végétale influence directement :

➤ La morphologie urbaine :

- Intégration de corridors verts dans les plans directeurs (ex. trames vertes et bleues).
- Conception de bâtiments végétalisés (toits, murs) pour compenser l'artificialisation (Beatley, 2016).

➤ Le microclimat :

- Réduction des îlots de chaleur via l'évapotranspiration (Gill et al., 2007).

➤ Les dynamiques sociales :

- Espaces verts denses favorisant les interactions communautaires (parcs de quartier).

➤ La biodiversité :

- Création d'habitats pour oiseaux, pollinisateurs et petits mammifères (Ignatieva et al., 2020).

2.5. Conclusion

La ville, en tant qu'établissement humain complexe, se distingue par des caractéristiques propres : dimensions physiques, contexte climatique, ancrage culturel et trajectoire de développement, qui lui confèrent une identité singulière au sein du système urbain.

Ce travail a permis d'établir un cadre théorique interrogeant les fondements du tissu urbain, sa morphologie et ses dynamiques de densité, tout en intégrant la dimension végétale comme composante structurante. Certaines caractéristiques demeurent toutefois communes aux populations urbaines : une hétérogénéité marquée, bien plus prononcée qu'en milieu rural, notamment sur les plans ethnique, religieux et socioéconomique.

Ce chapitre met en évidence la complexité intrinsèque du tissu urbain, en explorant ses différentes dimensions : morphologie urbaine, formes bâties, dynamiques de densité, ainsi que les logiques d'urbanisation qui structurent son évolution.

Un des points primordiaux qui concrétisent cette réflexion est que l'intégration du végétal émerge comme un impératif indissociable de la fabrique urbaine. Comprendre la connectivité des réseaux viaires, La structuration du territoire selon la distribution des équipements et les variations de densité offre des opportunités pour insérer des espaces verts fonctionnels, répondant aux enjeux de connectivité écologique et d'accessibilité locale qui répondent simultanément aux enjeux climatiques (réduction des îlots de chaleur, gestion des eaux pluviales) et sociaux (équité d'accès, bien-être des habitants). La végétation ne se réduit pas à un simple ornement : elle devient un système vivant, interactif et multifonctionnel, pleinement intégré aux dynamiques urbaines.

Dans cette perspective, l'écologie du paysage constitue un cadre théorique et méthodologique particulièrement pertinent pour approfondir l'analyse des interactions entre les composantes bâties et végétales, ainsi que des dynamiques écologiques à l'échelle urbaine. En s'appuyant sur les principes de structuration des paysages, de connectivité fonctionnelle et de résilience socio-écologique, le chapitre suivant développera les apports de cette approche pour une lecture renouvelée des tissus urbains contemporains.

Chapitre 3

**Écologie du paysage urbain : Cadre
théorique pour l'analyse de l'impact
du végétal**

3.1. Introduction

Face à l'aggravation des pressions environnementales changement climatique, artificialisation des sols, perte de biodiversité les villes ne peuvent plus être perçues comme de simples constructions humaines, mais doivent être envisagées comme des écosystèmes hybrides où interagissent en permanence éléments naturels et formes anthropiques (McDonnell & Pickett, 1993 ; Seto et al., 2012). La pensée écologique moderne propose aujourd'hui des cadres théoriques et méthodologiques pertinents pour penser la durabilité urbaine. Parmi eux, l'écologie du paysage occupe une place centrale.

L'écologie du paysage, initiée par les travaux de Forman et Godron (1986) puis enrichie par ceux de Burel et Baudry (1999), Wu (2014) et Niemelä (2011), propose une lecture de la ville comme un système mosaïque composé de « patches » interconnectés, espaces végétalisés, bâti et infrastructures, inscrits dans une matrice territoriale hétérogène.

Les chapitres précédents ont mis en lumière, d'une part, les fonctions du végétal dans la qualité de vie urbaine (Kaplan & Kaplan, 1989 ; Chiesura, 2004 ; Bolund & Hunhammar, 1999), et d'autre part, les logiques morphologiques structurant la fabrication de l'espace urbain (Lynch, 1960 ; Jacobs, 1961 ; Hillier & Hanson, 1984).

Le présent chapitre se propose d'approfondir cette réflexion en interrogeant le rôle du végétal en tant qu'agent structurant de l'espace urbain, au-delà de ses usages esthétiques ou fonctionnels. En mobilisant la notion d'écostructuration issue de l'écologie du paysage (Nassauer, 1995 ; Ahern, 2013), il s'agit d'esquisser les fondements d'une approche intégrant le végétal comme levier de transformation morphologique et fonctionnelle des tissus urbains, en vue de stratégies territoriales plus durables et résilientes (Benedict & McMahon, 2006 ; Pauleit et al, 2011).

Pour ce faire, le chapitre se structure autour de trois axes complémentaires. D'abord, un retour sur les fondements conceptuels et épistémologiques de l'écologie du paysage. Ensuite, une analyse des mécanismes par lesquels le végétal influence la structure urbaine. Enfin, la proposition d'un cadre théorique opérationnel en vue des applications empiriques ultérieures.

3.2. Genèse et fondements de l'écologie du paysage

3.2.1. L'écologie du paysage urbain : éléments théoriques et approches

Afin d'établir un cadre conceptuel solide pour l'analyse écologique du tissu urbain, il est essentiel de revenir aux fondements de l'écologie du paysage. Cette discipline, qui connaît un intérêt croissant dans le contexte de l'urbanisation, s'appuie sur un ensemble de concepts clés permettant d'appréhender les interactions complexes entre les organismes vivants et leur environnement.

3.2.1.1. Les concepts clés et leur transposition urbaine

L'étymologie du terme « écologie » révèle ses racines grecques dans les mots « Oikos » (habitat) et « logos » (connaissance ou science), désignant ainsi originellement la simple étude des relations entre les êtres vivants et leur milieu pour englober la compréhension des conditions nécessaires à leur développement et de leurs interactions mutuelles ainsi qu'avec leurs environnements naturels (Dechaicha, 2020).

Au sein de ce champ d'étude, un certain nombre de concepts fondamentaux ont émergé, lui conférant une identité épistémologique et méthodologique propre. Parmi ceux-ci figurent notamment les notions de biotope, de biocénose et d'écosystème (Fischesser et Dupuis-Tate, 2017, Dechaicha, 2020).

3.2.1.1.1. Biotope

Le biotope se définit comme un milieu de vie géographiquement délimité, caractérisé par des conditions écologiques relativement homogènes, telles que la température et l'humidité. Ces conditions sont propices au développement des organismes vivants qui y résident, formant ce que l'on appelle la biocénose, et avec laquelle le biotope constitue un écosystème.

Les biotopes sont caractérisés par une combinaison de facteurs hydrologiques, géologiques, chimiques, climatiques et géographiques, créant parfois des environnements spécifiques dont certaines espèces peuvent dépendre entièrement (Dechaicha, 2020). Ainsi, les stratégies de conservation d'espèces nécessitent souvent la protection préalable de leur biotope (Dechaicha, 2020).

3.2.1.1.2. Biocénose

Egalement désignée sous le terme de communauté, représente l'ensemble des organismes vivants qu'il s'agisse d'animaux, de végétaux, de champignons ou de bactéries, qui cohabitent dans un même milieu de vie et le biotope. Il est fondamental de comprendre que la

biocénose et le biotope sont indissociables et forment ensemble l'unité écologique de base : l'écosystème (Dechaicha, 2020).

3.2.1.1.3. Écosystème

La notion d'écosystème, fondamentale en écologie, a été introduite par François-Alphonse Forel en 1892, puis enrichie par Raymond Lindemann en 1942. Elle désigne un système dynamique formé par l'interaction entre un biotope et une biocénose. Ces interactions donnent lieu à des échanges cycliques de matière et d'énergie, régissant le fonctionnement et l'équilibre interne du système.

L'approche systémique de Lindemann a permis de mieux comprendre la constitution, le fonctionnement et les flux énergétiques au sein des écosystèmes, lesquels peuvent être étudiés à différentes échelles, du microscopique au global, jusqu'à la biosphère.

Toutefois, cet équilibre peut être perturbé par des modifications de l'un ou plusieurs de ses paramètres, entraînant des déséquilibres écologiques. Ces perturbations peuvent être :

- Biologiques : introduction ou disparition d'espèces, prolifération liée aux monocultures, disparition de prédateurs naturels.
- Physiques : changements abiotiques comme la température ou le pH, notamment en milieu urbain où les matériaux minéraux accentuent les îlots de chaleur.
- Chimiques : pollution par des substances telles que les métaux lourds, hydrocarbures, pesticides, antibiotiques, particules fines, etc.

En milieu urbain, ces perturbations sont particulièrement accentuées, déséquilibrant les interactions entre biotope et biocénose, et réduisant ainsi la résilience écologique des écosystèmes.

3.2.2. Perturbations des écosystèmes

Traditionnellement, l'histoire de l'humanité a longtemps été marquée par une certaine harmonie avec son environnement. Cependant, l'essor de l'industrialisation au cours du siècle dernier, conjugué à une explosion démographique sans précédent, a menacé aujourd'hui le fonctionnement des écosystèmes à toutes les échelles et mettent en péril l'équilibre global de la biosphère (Dechaicha, 2020). Actuellement, plus de six milliards d'individus se concentrent dans des villes, dont une grande partie connaît une forte densité démographique accompagnée de défis majeurs liés à la pollution et à la santé publique.

Plusieurs dynamiques ont alimenté cette crise urbaine actuelle, contribuant à la dégradation progressive de l'environnement urbain et à l'altération de sa qualité esthétique. (Dechaicha, 2020). Ces déséquilibres des écosystèmes, initialement étudiés dans des contextes naturels, trouvent un écho particulier dans l'analyse écologique du paysage urbain.

3.2.3. La théorie biogéographique des îles

Formulée par MacArthur et Wilson en 1967, cette théorie cherche à interpréter la distribution des espèces selon la superficie des habitats et leur degré d'isolement géographique. Cette théorie fondatrice repose sur deux constats empiriques observés dans les archipels du Pacifique : premièrement, la richesse en espèces augmente avec la superficie des îles ; deuxièmement, les îles situées à proximité des continents présentent une biodiversité plus élevée que celles éloignées, en raison d'un isolement moindre. (Figure III. 1).

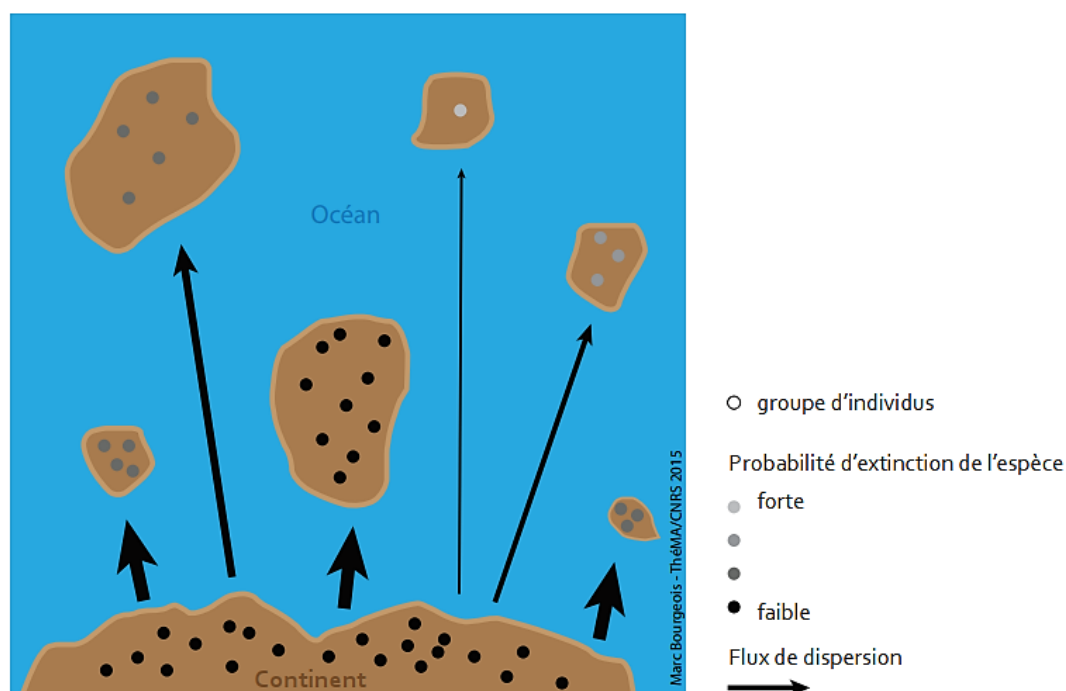


Figure III. 1 Schéma conceptuel de la théorie biogéographique des îles (Bourgeois, 2015, d'après MacArthur et Wilson, 1967).

- La colonisation : la probabilité qu'une espèce colonise une île est inversement proportionnelle à la distance entre cette île et une zone source (le continent ou une autre île colonisée), et proportionnelle à la taille de l'île.
- L'extinction : le risque de disparition d'une espèce sur une île diminue à mesure que la superficie de celle-ci augmente, mais s'accroît avec son degré d'isolement, du fait que

les échanges avec d'autres populations sont réduits (MacArthur et Wilson, 1967 ; Burel et Baudry, 1996).

En effet, si la théorie est reconnue pour la clarté de ses principes (Aguejda, 2009), son application aux milieux urbains reste complexe. Contrairement aux îles, les espaces urbains :

- ne possèdent généralement pas une zone source unique, au sens écologique du terme.
- présentent une matrice moins hostile que l'océan, les milieux urbanisés permettent souvent des connexions fonctionnelles entre les fragments d'habitats (Aguejda, 2009).

Bien que des différences existent, la théorie biogéographique demeure un cadre théorique pertinent pour analyser l'influence de la configuration spatiale des habitats urbains sur la biodiversité. En adaptant ses principes aux spécificités urbaines, elle a permis de renforcer les connaissances sur la résilience écologique des villes et la connectivité des espaces verts (Aguejda, 2009 ; Wu, 2013).

La transposition de cette théorie au contexte urbain repose sur une analogie entre les fragments d'habitats urbains (parcs, friches, jardins, boisements résiduels) et des îles écologiques. Ces habitats, enclavés dans une matrice urbanisée, jouent un rôle essentiel dans le maintien des populations fauniques et floristiques, à condition qu'ils soient suffisamment grands, peu isolés et connectés entre eux.

Ainsi, la théorie biogéographique des îles a non seulement fondé une partie de l'écologie du paysage moderne, mais elle constitue également un outil méthodologique précieux pour les analyses de biodiversité en milieu urbain.

3.2.4. Apports de la théorie des métapopulations

Introduite par Richard Levins en 1969, constitue un cadre conceptuel majeur en écologie du paysage, en particulier pour l'étude de la dynamique des espèces dans des milieux fragmentés. Considérées comme des « îles » écologiques disséminées dans une matrice souvent peu favorable à la biodiversité (Levins, 1969 ; Bourgeois, 2015).

Selon Levins (1969), une métapopulation est un ensemble de sous-populations locales, chacune occupant une tache d'habitat distincte, et connectées entre elles par des flux d'individus (Figure III. 2). Une métapopulation ne peut subsister à long terme que si la colonisation compense les extinctions locales. La dispersion des individus, notamment des juvéniles, est donc un processus clé de résilience écologique, permettant à une espèce de recoloniser des

habitats vacants et d'assurer la stabilité démographique à l'échelle régionale (Hanski & Gilpin, 1991).

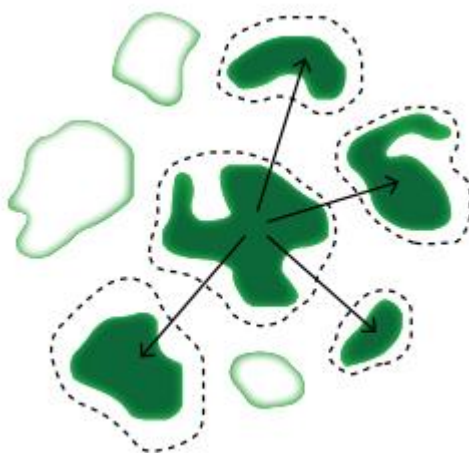


Figure III. 2 Métapopulation (Levins, 1969).

La stabilité d'une métapopulation repose sur deux propriétés fondamentales des taches d'habitat (Bourgeois, 2015) : leur qualité, définie par la richesse en ressources à maintenir une population viable ; leur connectivité fonctionnelle, c'est-à-dire leur aptitude à recevoir et à émettre des individus via la dispersion.

À partir du modèle de Levins, plusieurs variantes ont été développées pour mieux saisir la complexité des dynamiques écologiques dans les paysages fragmentés. Parmi ces modèles, deux sont particulièrement notables :

- Le modèle source-puits (Pulliam, 1988) : il distingue les taches « sources », qui produisent un surplus d'individus . Ce modèle met en lumière l'importance des habitats de haute qualité dans le maintien des espèces au sein de paysages hétérogènes.
- Le modèle des populations fragmentées (Gilpin & Hanski, 1991) : ce modèle met davantage l'accent sur l'importance des corridors écologiques et de la continuité spatiale entre les habitats pour assurer la viabilité des populations.

En milieu urbain, la théorie des métapopulations permet d'interpréter la biodiversité comme le résultat d'échanges dynamiques entre différents fragments d'habitats : parcs, jardins, friches ou corridors écologiques. Elle offre ainsi un cadre analytique précieux pour planifier des stratégies de conservation urbaine, en identifiant les zones clés pour la connectivité écologique, en favorisant la dispersion des espèces et en assurant la viabilité des taches d'habitats dans une matrice artificialisée.

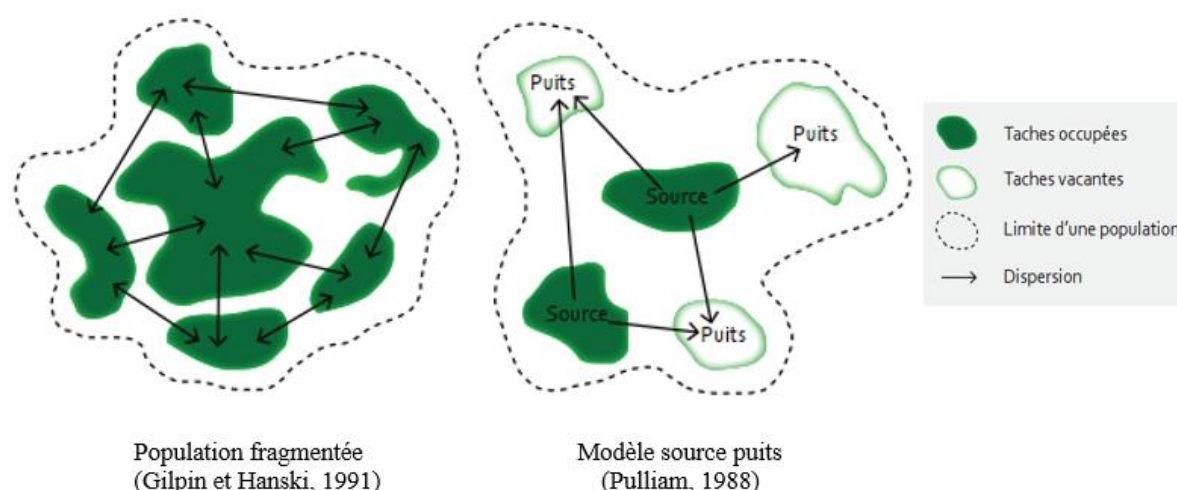


Figure III. 3 Schémas des deux modèles de métapopulations (Levins, 1969).

3.2.5. La théorie de la perturbation intermédiaire

La richesse des espèces est maximale dans des habitats soumis à des perturbations modérées, par opposition aux sites fortement perturbés ou peu perturbés (Connell, 1978 ; Aguejda, 2009).

Ce concept repose sur l'idée que des perturbations intermédiaires favorisent la coexistence d'espèces compétitrices et colonisatrices, ce qui accroît la diversité biologique. Plusieurs études ont confirmé que les sites intermédiaires présentent une plus grande richesse d'espèces comparés aux autres niveaux de perturbation (Blair & Launer, 1997 ; Jokimäki & Suhonen, 1993). En écologie du paysage, cette approche guide les actions de conservation, notamment en milieu urbain, où une gestion contrôlée des dynamiques perturbatrices peut contribuer au maintien de la biodiversité (Sousa, 1984 ; Pickett et al., 2008). La théorie souligne aussi le rôle des perturbations dans la dynamique et la résilience des écosystèmes face aux changements environnementaux (Turner, 2010).

3.2.6. La mosaïque paysagère en écologie du paysage

La mosaïque paysagère, concept fondamental en écologie du paysage introduit par Forman et Godron (1986). La matrice, élément dominant, favorise la connectivité et influence les dynamiques paysagères, tandis que les taches sont des unités homogènes distinctes. Les corridors, quant à eux, jouent des rôles variés, notamment en facilitant la dispersion et les échanges entre taches (Forman et Godron, 1986 ; Aguejda, 2009).

Ce modèle s'appuie sur la théorie biogéographique des îles de MacArthur et Wilson (1967), mais enrichit cette dernière en intégrant une matrice hétérogène. Cette hétérogénéité, ainsi que la présence de corridors, sont des éléments clés pour analyser la connectivité des habitats et les mouvements de population (Forman et Godron, 1986 ; Aguejda, 2009).

L'approche de la mosaïque paysagère est ainsi un outil majeur pour étudier la fragmentation des habitats, la diversité biologique et la gestion des paysages, notamment en milieu urbain où les corridors jouent un rôle crucial dans le maintien de la continuité écologique (Aguejda, 2009 ; Wu, 2013).

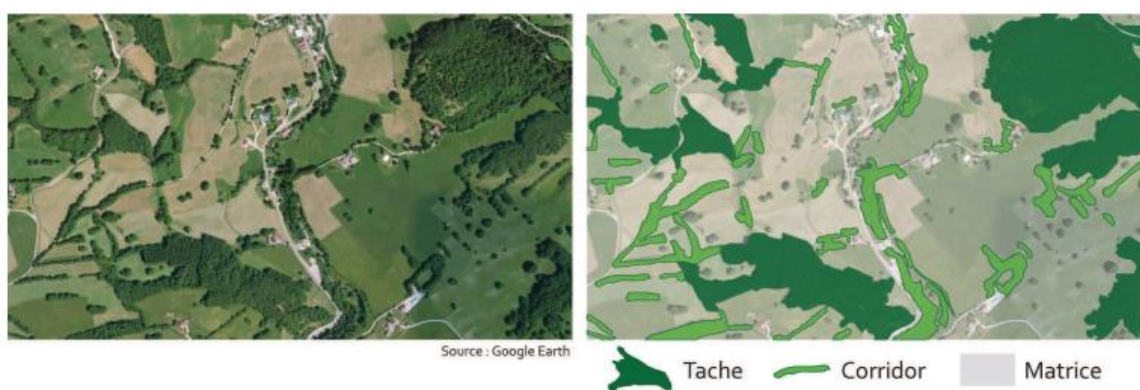


Figure III. 4 Vue représentative de la mosaïque paysagère dans la commune de Foncine-le-Bas (Forman et Godron, 1986).

3.2.6.1. Les taches

Ou fragments paysagers représentent les unités de base dans la structuration spatiale des paysages. (Urban et al., 1987). Chaque tache comprend un intérieur ainsi qu'une lisière. Dans la littérature scientifique, ces éléments sont désignés sous divers termes tels qu'écotop, composante, habitat, site ou unité de paysage (Forman & Forman, 1995).

Une tache peut être définie comme « une portion d'espace non linéaire, distincte visuellement de son environnement, homogène selon une propriété donnée » (Aguejda, 2009). Cette dernière dimension s'appréhende notamment par l'étude de la continuité ou de la fragmentation spatiale, en prenant en compte des indicateurs tels que la contiguïté, la proximité ou l'éloignement entre fragments (Aguejda, 2009).

3.2.6.2. Les corridors

Les corridors constituent des bandes relativement étroites, souvent organisées en réseaux linéaires, qui assurent la connexion entre des taches accueillant un habitat similaire.

Toutefois, ils peuvent également agir comme des barrières limitant le mouvement de certaines espèces (Aguejda, 2009).

Il est important de noter que les corridors ne sont généralement pas considérés comme des habitats à part entière, bien qu'ils fournissent les conditions nécessaires au déplacement et au transfert pour les organismes vivants (Pereboom, 2006).

À l'instar des taches, les corridors se distinguent par leurs caractéristiques morphologiques, leurs positions spatiales, ainsi que leurs dimensions notamment leur longueur, largeur et degré de connectivité qui influencent leur rôle écologique (Aguejda, 2009).

3.2.6.3. La matrice

Au sein de la mosaïque paysagère, la matrice se définit comme le milieu dominant qui circonscrit les fragments d'habitat (taches) et les éléments connectifs (corridors). Distincte de ces derniers par sa structure et sa composition, la matrice est souvent perçue comme un environnement dont l'hostilité relative varie en fonction des espèces considérées (Pereboom, 2006).

Elle se caractérise par une hétérogénéité interne, pouvant être subdivisée en une diversité de classes selon leurs attributs morphologiques et compositionnels (Aguejda, 2009).

Ces configurations paysagères sont le résultat d'interactions complexes entre des facteurs d'ordre physique, biologique et socio-économique.

Par conséquent, le modèle d'organisation spatiale d'un paysage exerce une influence significative sur les processus écologiques et constitue un déterminant majeur de sa richesse biologique (Aguejda, 2009).

La figure III. 5 illustre les trois composants du la mosaïque paysagère.

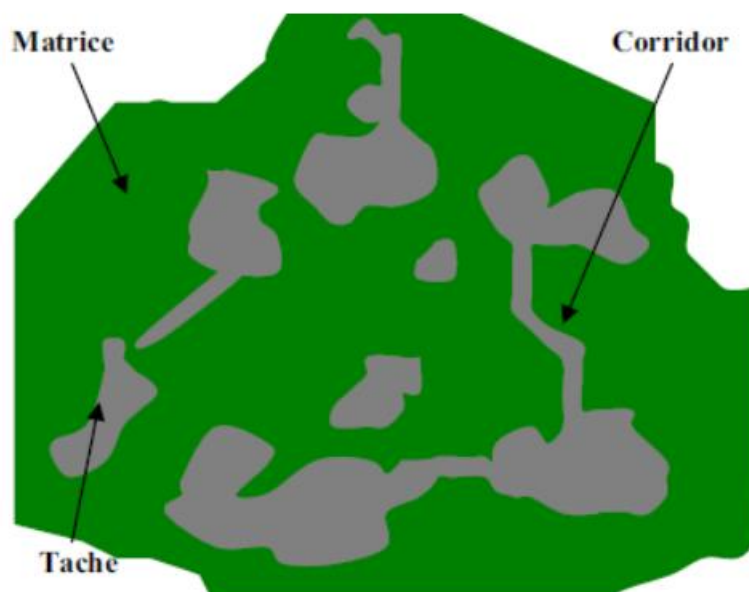


Figure III. 5 Composants fondamentaux d'un paysage (Aguejdad, 2009 d'après Clergeau, 2007).

3.2.7. Connectivité Paysagère et Écologique

La connectivité paysagère, soit le degré de facilitation du mouvement entre habitats (Taylor et al., 1993). Cette dernière est influencée par la matrice paysagère, qui peut faciliter ou entraver les déplacements.

Les corridors écologiques sont essentiels pour la continuité écologique et la résilience des écosystèmes (Bourgeois, 2015 ; Wu, 2013), mais leur efficacité dépend de leur adéquation aux espèces cibles. L'analyse conjointe de la connectivité structurelle et fonctionnelle est indispensable pour une gestion durable des territoires.

3.3. Fondements conceptuels de l'écologie du paysage

Selon les travaux de Turner et al. (2001), qui s'appuient sur une large synthèse des recherches menées au sein de la communauté scientifique en écologie du paysage, trois fondements majeurs structurent cette discipline. Premièrement, l'hétérogénéité des structures spatiales constitue un élément central.

Deuxièmement, l'écologie du paysage s'intéresse à des échelles spatiales plus vastes que celles traditionnellement abordées en écologie « classique », ce qui permet d'appréhender les dynamiques à l'échelle du territoire. Enfin, cette discipline accorde une attention particulière aux interactions entre les sociétés humaines et les structures paysagères, reconnaissant le rôle déterminant de l'anthropisation dans la configuration et l'évolution des paysages.

3.3.1. Hétérogénéité des configurations spatiales en écologie du paysage

L'un des apports majeurs de l'écologie du paysage réside dans l'attention portée à la configuration spatiale des éléments qui composent les paysages. Si l'hétérogénéité des systèmes écologiques est un concept déjà reconnu en écologie générale (Burel et Baudry, 1999 ; Dajoz, 2003), l'écologie du paysage se singularise par l'analyse approfondie des impacts de cette organisation spatiale sur une diversité de processus écologiques (Wiens, 1993).

Le degré d'hétérogénéité des structures spatiales peut néanmoins faire l'objet d'interprétations subjectives, modulée par l'objectif de la recherche ou la perspective de l'observateur. Ainsi, l'hétérogénéité spatiale d'un paysage peut varier en fonction de la diversité des éléments constitutifs (Burel et Baudry, 1999).

À titre d'illustration, un espace prairial peut être appréhendé comme homogène à une échelle globale, ou comme hétérogène si l'on procède à une classification des prairies selon leur intensité d'utilisation ou leur pérennité (Pickett et White, 1985).

3.3.2. Échelles et hiérarchie spatiale en écologie du paysage

L'émergence des photographies aériennes et des technologies satellitaires à partir de la seconde moitié du XXe siècle a transformé l'observation des structures paysagères, permettant une vision cartographique plus large et favorisant le développement de cette discipline.

En écologie du paysage, l'échelle paysagère située à un niveau intermédiaire entre celui de l'écosystème et celui de la région est souvent privilégiée (Bourgeois, 2015 ; DECHAICHA, 2020). Ce niveau d'analyse vise à saisir de manière optimale les configurations spatiales ainsi que les dynamiques écologiques qui y sont associées (Wiens, 1989). Par exemple, l'observation des déplacements de grands mammifères requiert une emprise spatiale étendue, tandis que l'étude des amphibiens peut se focaliser sur des structures localisées, telles que les mares (Bourgeois, 2015).

Une analyse fine requiert des données à haute résolution, bien que des données haute résolution puissent être agrégées pour des analyses plus grossières (Wu, 2013b; DECHAICHA, 2020). Le grain sémantique, c'est-à-dire la manière dont les éléments paysagers sont distingués, influence également la perception de l'hétérogénéité du paysage (Figure III. 6) (Bourgeois, 2015).

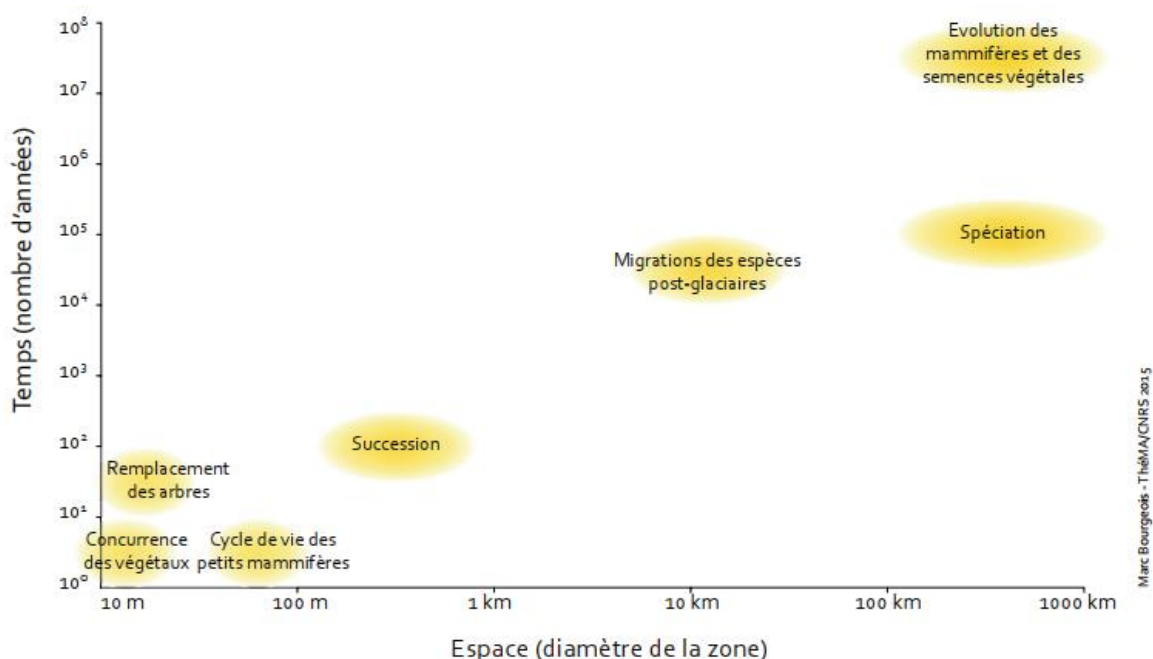


Figure III. 6 Dynamique spatio-temporelle des processus écologiques (Bourgeois, 2015).

Ce principe fondateur est à la base de la théorie de la hiérarchie (O'Neill, 1986; Robert V O'Neill et al., 1986), qui postule que la mosaïque paysagère résulte de formes produites par des processus écologiques agissant à des échelles spatiales et temporelles variées. Ces entités s'agencent au sein d'un système hiérarchisé, organisé en différents niveaux en fonction de leur échelle fonctionnelle (Urban et al, 1987).

À titre d'exemple, un paysage forestier peut être structuré de manière hiérarchique : il comprend des bassins versants, qui intègrent des écosystèmes locaux, lesquels incluent à leur tour des éléments tels que des arbres isolés ou des clairières. Chaque composant, qu'il s'agisse d'un arbre isolé ou de l'ensemble du paysage forestier, constitue une unité fonctionnelle dotée de dynamiques, de contraintes et d'une temporalité propres, tout en étant en interaction avec les autres niveaux à travers les différentes échelles spatiales et temporelles (Bourgeois, 2015).

La sélection de l'échelle d'observation des structures paysagères et des dynamiques écologiques influence de manière déterminante les résultats obtenus lors des analyses. (Bourgeois, 2015).

Des études ont démontré que les résultats d'indices des structures paysagères (diversité, dominance, contagion) varient selon le niveau d'échelle utilisé (Turner et al., 1989). Des recherches plus récentes confirment ces conclusions (Wu, 2004; Wu et al., 2002).

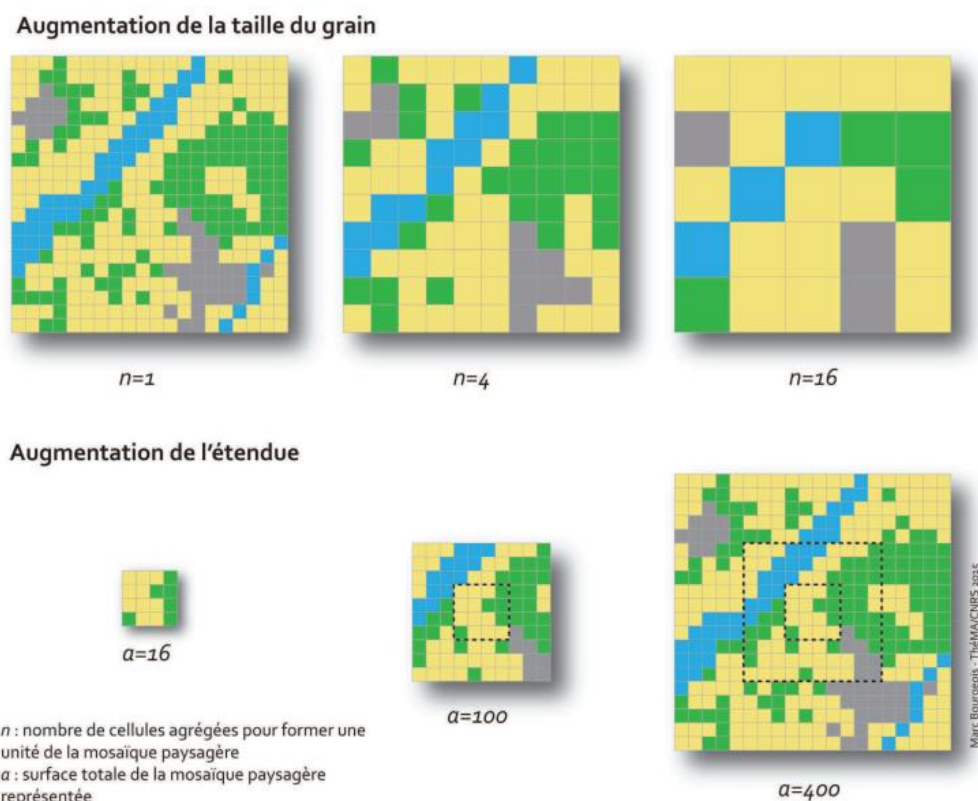


Figure III. 7 Impact du grain et de l'étendue sur la cartographie paysagère (Bourgeois, 2015).

3.3.3. Homme et paysage : dynamiques d'interaction

La dynamique paysagère résulte de l'interaction complexe entre des facteurs naturels et anthropiques. À la différence de l'écologie classique, l'écologie du paysage intègre de manière explicite les effets des activités humaines sur l'organisation et l'évolution des paysages (Bourgeois, 2015).

3.3.3.1. Perturbations et Fragmentation du Paysage

Les transformations observées au sein de la mosaïque paysagère peuvent être induites tant par des perturbations naturelles telles que des événements météorologiques extrêmes que par des interventions anthropiques.

Parmi ces dernières figurent notamment la conversion d'écosystèmes naturels en terres agricoles, l'intensification des pratiques agricoles, les modifications liées à la gestion forestière, ainsi que le développement urbain et l'implantation d'infrastructures de transport (Bourgeois, 2015).

Ces facteurs induisent des altérations significatives dans l'organisation spatiale des paysages, notamment à travers le processus de fragmentation. Selon Forman (1995), ce

phénomène correspond à la division d'un habitat, d'un écosystème ou d'un mode d'occupation du sol en unités plus réduites et spatialement disjointes.

De manière plus large, la fragmentation peut résulter de la création d'infrastructures ou d'espaces bâtis, prenant alors plusieurs formes : perforation, coupure, morcellement, rognage ou ablation (Figure III. 8). La littérature scientifique distingue généralement deux mécanismes majeurs : la fragmentation paysagère, qui inclut les processus de perforation, rognage, morcellement et coupure ; et la perte d'habitat, principalement liée à l'ablation.

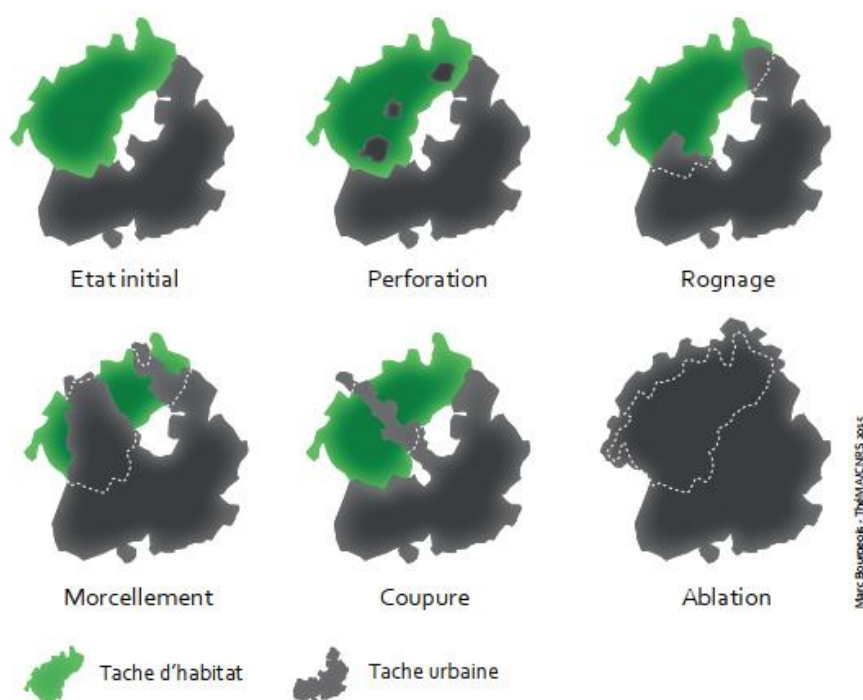


Figure III. 8 Fragmentation paysagère : l'impact de la croissance urbaine sur les habitats (Forman, 1995).

3.3.3.2. Conséquences de l'anthropisation sur la biodiversité

La création de nouveaux espaces anthropisés, tels que les zones bâties, peut avoir des conséquences variées sur la biodiversité. D'un côté, les interventions humaines peuvent appauvrir la diversité biologique de certains écosystèmes naturels (Gilbert, 1989).

De l'autre, de manière paradoxale, la création de milieux urbains peut engendrer une augmentation de la biodiversité dans des zones initialement peu diversifiées (Pickett et Cadenasso, 2008). L'analyse de ces interactions complexes entre sociétés humaines et milieux naturels en contexte urbain s'inscrit dans une discipline complémentaire à l'écologie du paysage : l'écologie urbaine.

3.4. Ecologie urbaine

L'écologie urbaine trouve ses origines dans les années 1920, au sein de l'école de sociologie urbaine de Chicago, qui a transposé les concepts de l'écologie biologique à l'étude des dynamiques urbaines (Hawley, 1944; Park et al., 1925).

C'est dans ce cadre que le terme *urban ecology* a été employé pour la première fois afin de décrire la structure et le fonctionnement des villes selon une approche écologique.

3.4.1. Évolution et approche intégrative de l'écologie urbaine

Depuis ses origines, la définition de l'écologie urbaine a considérablement évolué, tendant vers une approche plus intégrative et multidisciplinaire. Deelstra (1998) note que le programme « Man and Biosphere » lancé par l'UNESCO au début des années 1970 marque un tournant dans l'écologie urbaine, en intégrant pour la première fois trois champs disciplinaires distincts : les sciences naturelles, l'ingénierie et l'aménagement, ainsi que les sciences sociales, notamment à travers la mise en place de ses réserves de biosphère.

Ainsi, l'écologie urbaine repose sur l'articulation de savoirs issus de champs disciplinaires variés qui cherchent à comprendre les structures écologiques et le fonctionnement des villes (Alberti, 2008).

3.4.2. Les différentes perspectives de l'écologie urbaine

L'écologie urbaine cherche à analyser les conditions permettant une coexistence durable entre les êtres humains, la faune et la flore au sein des environnements fortement anthropisés. (Marzluff et al, 2008). Wu (2008) met en évidence le potentiel de l'écologie urbaine pour orienter le développement de villes durables.

Il identifie plusieurs cadres d'analyse, notamment l'écologie dans les villes et l'écologie des villes (voir Figure III.9), chacun apportant une lecture complémentaire des systèmes urbains. (Figure III. 9).

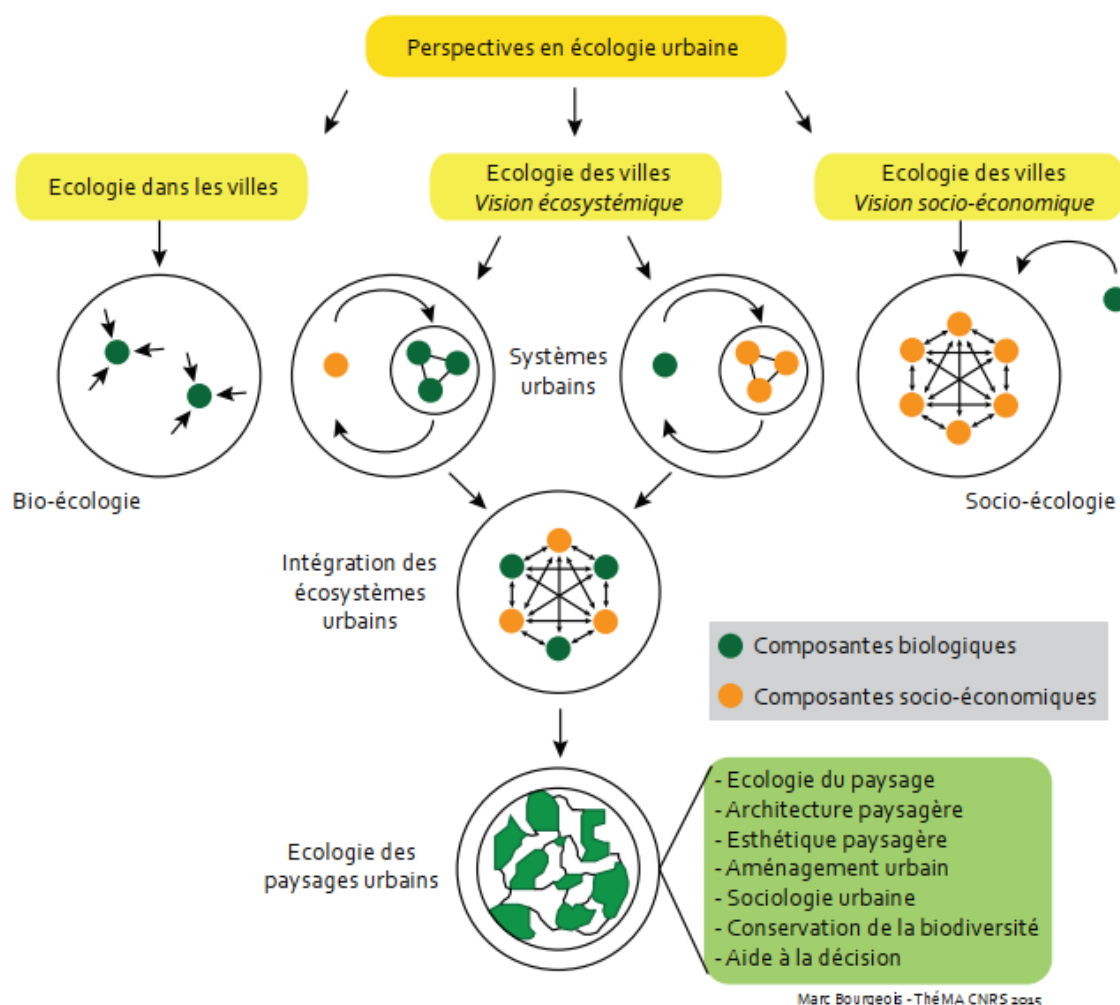


Figure III. 9 Perspectives en écologie urbaine : une évolution conceptuelle (Wu, 2008).

L'écologie *dans* les villes se concentre sur les aspects de la bio-écologie, sans prendre en compte les structures socio-économiques (Bourgeois, 2015).

L'écologie *des* villes peut être abordée sous deux angles principaux. Une vision socio-économique, qui étudie les relations entre les populations humaines et leur environnement urbain (Savard et al., 2000) et une vision écosystémique, qui considère les villes comme des écosystèmes à part entière.

Dans cette optique, les milieux urbains ne sont pas perçus comme antinomiques aux milieux naturels, et les sociétés humaines ne sont pas envisagées comme concurrentes des espèces animales. Au contraire, les interactions entre les différentes composantes biotiques et abiotiques donnent lieu à la formation d'écosystèmes urbains intégrés. (Pickett et al., 1997; Zipperer et al., 2000 ; Ahern, 2005).

3.5. De l'écologie urbaine à l'écologie des paysages urbains

La conception systémique des écosystèmes urbains, telle que formulée par Wu (2008), a ouvert la voie à une spécialisation de l'écologie du paysage : l'écologie des paysages urbains (Alberti et al., 2003).

Cette approche transpose les outils et concepts de l'écologie du paysage aux milieux urbains, tout en s'appuyant sur les fondements théoriques de l'écologie urbaine. L'écologie des paysages urbains considère ainsi la ville comme un paysage spatialement fragmenté, constitué d'un ensemble de « taches » ou unités paysagères en interaction, aussi bien à l'intérieur qu'au-delà des frontières urbaines (Pickett et al., 1997; Zipperer et al., 2000).

Ce domaine de recherche ne s'inscrit donc pas directement dans l'écologie urbaine. À ce titre, l'écologie du paysage est largement considérée comme un champ disciplinaire porteur, capable d'apporter des contributions majeures à la planification territoriale et à la construction de villes durables (Ahern, 2005; Botequilha Leitão et Ahern, 2002; Girling et Kellett, 2005; Wu, 2008).

3.6. Du paysage structuré au paysage en réseau : Nouvelles perspectives pour l'aménagement durable

L'écologie du paysage, en mettant l'accent sur les dimensions spatiales et les interactions humaines, constitue un cadre conceptuel solide pour la formulation de modèles en matière d'aménagement durable du territoire. Les cadres scientifiques élaborés dans ce domaine s'avèrent de plus en plus adaptés à la mise en œuvre des politiques de conservation de la nature, même si leur incorporation dans ce champ reste relativement récente.

3.6.1. Les origines de la protection de la nature

L'histoire de la protection de la nature révèle une prise de conscience progressive du rôle fondamental que joue la végétation dans l'équilibre des systèmes écologiques. Si, pendant longtemps, l'influence de l'homme sur les processus naturels a été perçue comme marginale (Alberti et al, 2003), la forte croissance démographique et l'expansion urbaine au cours des derniers siècles ont profondément altéré la dynamique des milieux naturels.

Cette pression accrue sur les écosystèmes a suscité, dès le XIX^e siècle, les premières initiatives structurées de préservation, marquant une reconnaissance implicite de l'importance du végétal dans l'organisation et la durabilité des territoires.

Dans les pays anglo-saxons, les premières institutions de protection, telles que le *National Trust* et la *Royal Society for the Protection of Birds*, ont émergé en réponse à la dégradation des paysages naturels. Les premières réserves aux États-Unis, comme celles de Hot Springs (1832), Yellowstone (1872) et Yosemite (1890), traduisent un effort de conservation qui dépasse la simple préservation des espèces : ces espaces deviennent des références structurantes dans le rapport à la nature au sein des territoires.

Ces réserves, souvent situées à la lisière ou en marge des zones urbanisées, participent indirectement à la fabrique du tissu urbain en introduisant des continuités végétales, des limites paysagères, voire des principes d'urbanisme fondés sur l'intégration du vivant.

Dans le contexte colonial, ces zones protégées sont également instrumentalisées à des fins politiques, mais elles introduisent dans le débat planificateur l'idée que certains éléments végétaux ou paysages naturels méritent d'être intégrés dans une logique d'organisation territoriale à long terme.

En France, bien que plus tardive, la dynamique de protection s'inscrit elle aussi dans une volonté de préservation des paysages remarquables, comme en témoigne l'exemple de la forêt de Fontainebleau (Figure III. 10), premier site bénéficiant d'une protection formelle dès 1858. Si cette protection répond d'abord à une logique esthétique et patrimoniale, elle souligne également la valeur de l'élément végétal comme repère structurant du paysage.

L'action de Louis Beauquier en 1906, plaidant pour la sauvegarde des beautés naturelles, participe à cette évolution vers une perception du végétal comme élément fondamental de l'aménagement.



Figure III. 10 *La forêt de Fontainebleau (Bourgeois, 2015).*

La création de réserves naturelles à partir de 1913 (Côtes-d'Armor, Camargue en 1928, Néouvielle en 1936) puis l'officialisation du statut de « réserve naturelle » en 1957 confirment cette reconnaissance. Ces dispositifs traduisent une évolution des représentations : du paysage comme décor à préserver, on passe progressivement à une vision fonctionnelle du végétal dans l'espace, porteur d'enjeux écologiques, sociaux et urbanistiques.

Dans ce contexte, l'élément végétal s'impose non seulement comme support de biodiversité, mais également comme composante essentielle de la structuration du tissu urbain, contribuant à définir des formes urbaines plus résilientes, mieux intégrées à leur environnement naturel (Bourgeois, 2015).

3.6.2. Évolution des dispositifs internationaux de protection de la nature

Les dispositifs internationaux de protection de la nature se structurent principalement durant les années 1970, marquant un tournant institutionnel. En 1971, l'UNESCO initie le programme Man and Biosphere (MAB), visant à établir un cadre scientifique pour harmoniser les relations homme-nature.

Ce programme se concrétise par la création de réserves de biosphère, articulées autour de trois zones distinctes : une aire centrale protégée, une zone tampon et une aire de transition dédiée aux activités durables. La même année, la convention de Ramsar cible spécifiquement la conservation des zones humides, introduisant pour la première fois une approche écosystémique à l'échelle mondiale.

En 1972, la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain (Stockholm) institutionnalise les questions environnementales avec la création du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), chargé de coordonner les politiques transnationales.

Parallèlement, la CITES (1973) régule le commerce des espèces menacées, reflétant une approche encore centrée sur la protection in situ des espèces emblématiques, sans intégrer les espèces communes. La France complète ce cadre en 1976 par une loi fondatrice, qui élargit la protection aux milieux naturels et impulse des méthodes d'évaluation des impacts écologiques (Burel et Baudry, 1999).

Les années 1970-1980 voient se multiplier les conventions sectorielles : la convention de Bonn (1979) sur les espèces migratrices et la directive « Oiseaux » (1979) élargissent la protection aux habitats critiques, via des outils comme les ZICO (Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux). Toutefois, ces mesures restent fragmentées, privilégiant une sanctuarisation des espaces sans considérer leurs interconnectivités.

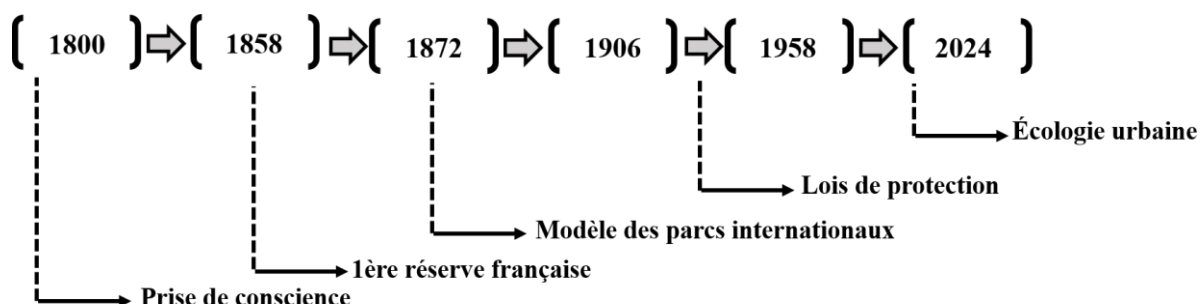


Figure III. 11 Chronologie des protections naturelles (auteur, 2025).

3.6.2.1. Vers une approche intégratrice (fin XX^e siècle)

Les limites d'une protection strictement naturaliste conduisent à l'émergence d'outils plus systémiques. En France, les ZNIEFF (1982) identifient les espaces sensibles, préfigurant la directive « Habitats » (1992) et le réseau Natura 2000.

Le Sommet de Rio (1992) acte un changement de paradigme en liant protection de la nature et développement durable, rompant avec l'exclusion des activités humaines caractéristique des réserves antérieures.

3.6.2.2. Évolution des paradigmes (Depraz, 2008)

- Naturaliste sensible (XIX^e siècle) : Protection des paysages pittoresques et espèces rares.

- Radical (XX^e siècle) : Conservation des écosystèmes pour eux-mêmes.
- Intégrateur (fin XX^e siècle) : Cohabitation société-nature, via des outils comme les corridors écologiques.

3.6.2.3. Vers une vision réticulaire de la nature : pour une intégration écologique du végétal dans la fabrique urbaine

L'émergence d'une approche réticulaire dans la protection de la nature constitue un tournant conceptuel majeur apparu dans le sillage du Sommet de la Terre de Rio en 1992. Cette nouvelle perspective, matérialisée par la création du réseau Natura 2000 par l'Union Européenne, marque une rupture épistémologique avec le modèle traditionnel de protection par aires isolées.

Le réseau Natura 2000 s'appuie sur une articulation innovante des dispositifs existants : (ZSC), (ZPS), et les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) (Bourgeois, 2015).

Cette architecture institutionnelle vise à répondre à un impératif écologique fondamental : assurer la persistance des espèces à long terme en maintenant la connectivité fonctionnelle de leurs habitats, particulièrement cruciale pour les espèces mobiles. En ce sens, Natura 2000 représente une avancée paradigmatique dans la conceptualisation des infrastructures écologiques (Jongman, 1995 ; Bennett, 1999).

Cependant, selon plusieurs analyses critiques (Apostolopoulou & Pantis, 2009 ; Dimitrakopoulos et al., 2004 ; Maiorano et al., 2007), l'implémentation de ce réseau présente des lacunes significatives. L'ambition initiale d'intégrer l'ensemble des sites pertinents pour les déplacements biologiques s'est heurtée à des limites opérationnelles, conduisant à une sélection partielle des espaces protégés.

Ce constat révèle une tension fondamentale entre la théorie des réseaux écologiques et sa traduction politique, mettant en lumière les défis de l'upscaling écologique dans les politiques de conservation (Opdam et al., 2008).

3.7. La notion de réseau écologique

L'émergence du dispositif Natura 2000 matérialise une évolution paradigmatique majeure dans les politiques de conservation, traduisant la volonté scientifique et politique d'appréhender les écosystèmes sous l'angle de leur connectivité fonctionnelle depuis les années

1990. Concept central en écologie du paysage, le réseau écologique offre un cadre théorique et opérationnel pour analyser la fragmentation des habitats et maintenir les flux biologiques au sein des mosaïques paysagères (Forman, 1995 ; Bennett, 1999).

Ce modèle unifié s'inscrit dans la réponse à deux enjeux majeurs identifiés par la biologie de la conservation :

- La persistance des métapopulations dans des paysages anthropisés.
- Le maintien des processus écologiques à différentes échelles spatiales.

Les réseaux écologiques présentent une double nature :

- Émergente : structures préexistantes dans la trame paysagère.
- Construite : éléments restaurés ou créés (haies, corridors, mares).

Mougenot et Melin (2000) en proposent une conceptualisation opérationnelle articulée autour de trois axes d'intervention :

- Protection des noyaux de biodiversité et de leurs connectivités.
- Restauration des continuités écologiques dégradées.
- Planification proactive dans les documents d'aménagement.

3.7.1. Définitions multiples des réseaux écologiques

Le terme « réseau écologique » recouvre des acceptions variées selon les disciplines et les échelles considérées (Figure III. 12) :

- En écologie comportementale : désigne les structures sociales intra-spécifiques (Wey et al., 2008).
- En écologie trophique : synonyme de « réseau alimentaire » (food web) (Fath et al., 2007).
- En écologie du paysage : infrastructure support des flux biotiques (Opdam et al., 2002).
- Système répondant aux besoins fonctionnels des espèces (Mougenot & Melin, 2000).
- Typologie tridimensionnelle :
 - Échelle spécifique : Réseau d'habitats critiques (ex : sites de reproduction/hivernage de la Cigogne noire).
 - Échelle paysagère : Mosaïque de milieux interconnectés.
 - Échelle territoriale : Schéma d'aménagement intégrant les continuités écologiques.
- Illustration conceptuelle : Le cas de la Cigogne noire

L'exemple de la Cigogne noire matérialise cette approche multiscalaire :

- Sites clés : Forêts matures (reproduction), zones humides (alimentation).
- Corridors : Vallées fluviales, réseaux de mares.
- Gestion : Conservation transfrontalière (Afrique/Europe).

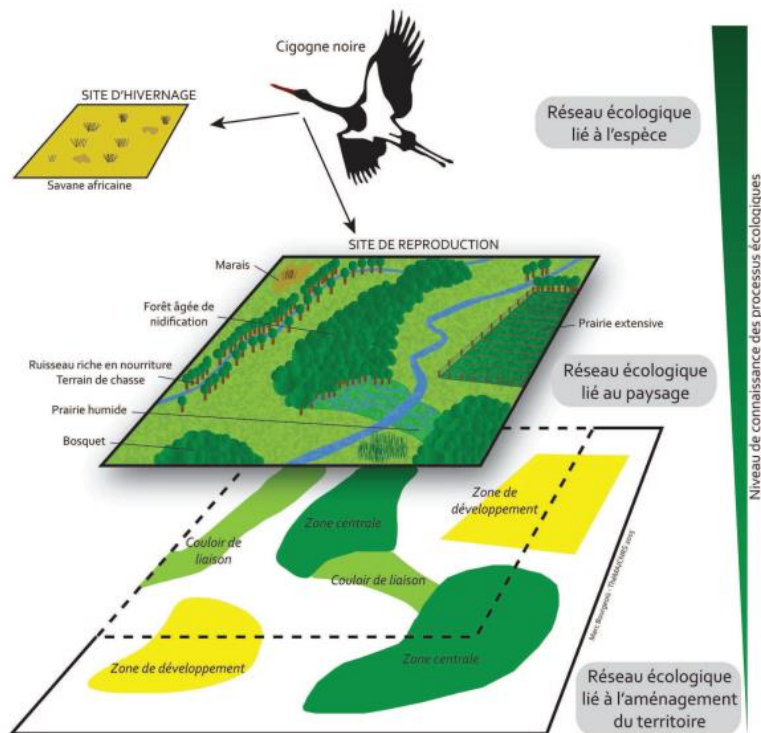


Figure III. 12 Représentations contrastées du réseau écologique de la cigogne noire (Mougenot et Melin, 2000).

3.7.1.1. Paysage et réseau écologique

L'approche paysagère des réseaux écologiques repose sur une intégration multi-espèces permettant de conceptualiser des infrastructures écologiques généralisables (Lefeuvre & Barnaud, 1988). Cette perspective systémique, ancrée dans le cadre théorique de l'écologie du paysage (Mougenot & Melin, 2000), soulève trois défis méthodologiques fondamentaux :

1. Le problème d'échelle : Détermination des échelles spatiales pertinentes.
 2. La sélection des éléments paysagers : Identification des composantes clés de la mosaïque.
 3. L'agrégation interspécifique : Intégration des exigences écologiques multiples.
- Deux paradigmes complémentaires émergent pour modéliser ces réseaux :
- a. Approche structurale (Forman & Godron, 1986)
 - Modèle « matrice-tache-corridor » (Chapitre 4).

- Focus sur la connectivité physique.
 - Applicable à des guildes d'espèces partageant des habitats similaires (ex : espèces forestières).
- b. Approche fonctionnelle
- Intègre les théories biogéographiques (MacArthur & Wilson, 1967) et des métapopulations (Hanski, 1998).
 - Considère la perméabilité différentielle de la matrice paysagère (Chapitre 4).
 - Nécessite la modélisation des déplacements.
- Paramètres clés de la connectivité fonctionnelle :
- Résistance paysagère spécifique (Farina, 2006).
 - Identification des corridors fonctionnels (Gustafson & Gardner, 1996).
 - Variabilité interspécifique des :
 - Exigences d'habitat (Opdam et al., 2002).
 - Capacités de dispersion (Vos et al., 2001).
 - Perceptions de la matrice (Figure III. 13).
- Enjeux opérationnels :
- Besoin de connaissances écologiques fines (traits fonctionnels).
 - Développement d'approches multi-espèces.
 - Articulation avec les outils de planification territoriale.

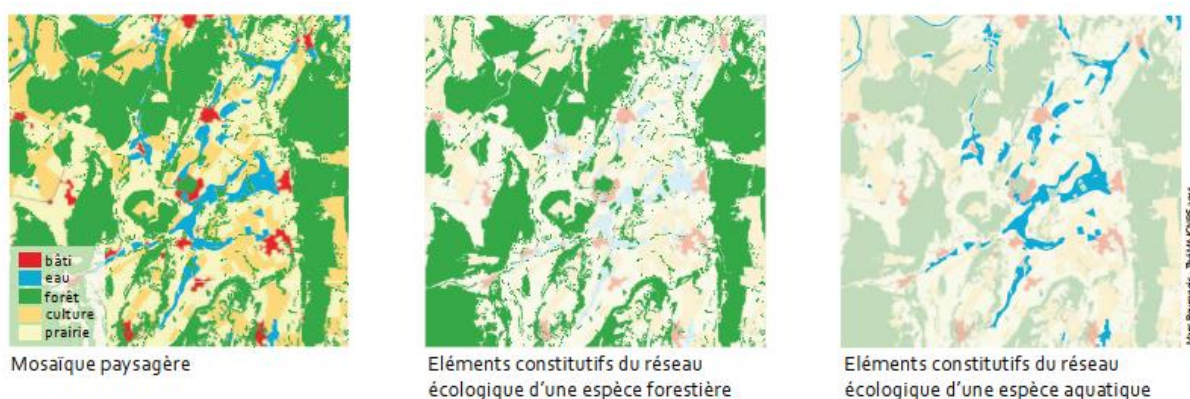


Figure III. 13 Réseaux écologiques multiples pour une mosaïque paysagère unique (Bourgeois, 2015).

3.7.1.2. Le réseau écologique au service de l'aménagement du territoire

3.7.1.2.1. Cadre conceptuel et émergence historique

L'intégration des réseaux écologiques dans l'aménagement du territoire s'est progressivement institutionnalisée depuis les années 1990, marquant une convergence entre écologie du paysage et politiques spatiales (Jongman & Pungetti, 2004).

Ce paradigme s'appuie sur le modèle matrice-tache-corridor (Forman & Godron, 1986) que Bennett (1999) a adapté en un cadre opérationnel triadique :

1. Zones nodales

- Fonction : Réservoirs de biodiversité.
- Statut : Protection réglementaire (ZNIEFF, ZPS).
- Composition : Aggrégats d'habitats critiques.

2. Corridors écologiques

- Typologie : Linéaires continus ou « stepping stones ».
- Fonction : Connectivité inter-nodale.
- Terminologie préférentielle : « Liens écologiques » (Bennett, 1999).

3. Zones tampons :

- Rôle : Interface homme/nature.
- Gestion : Activités durables régulées.
- Dimension : Espèce spécifique.

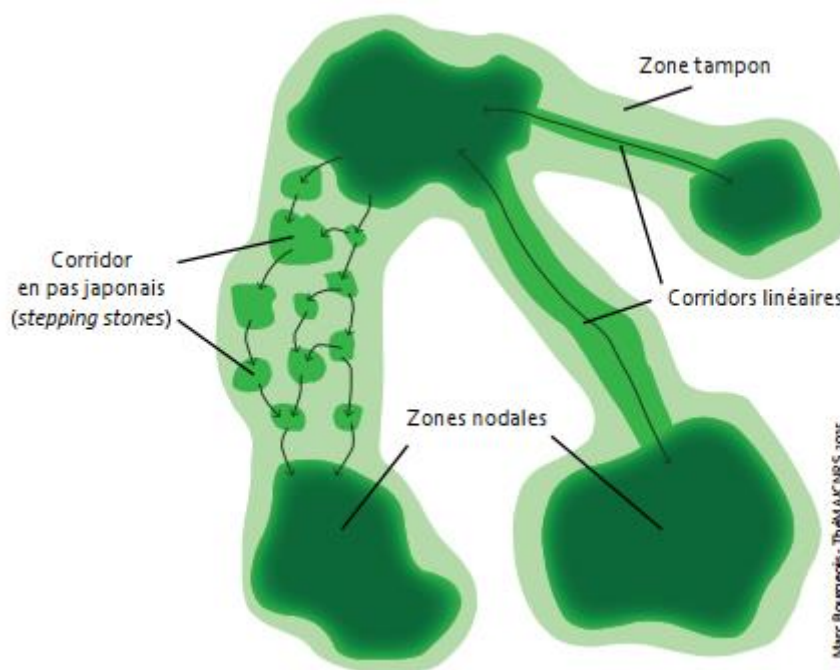


Figure III. 14 Fondements structurels de l'aménagement d'un réseau écologique (Bennett, 1999).

3.7.1.2.2. Exemples Européens de Cartographie et de Structuration des Réseaux Écologiques

Parmi les premiers projets de cartographie écologique à échelle transcontinentale figure la Tentative Ecological Main Structure, élaborée par Bischoff et Jongman (1991) dans le cadre du projet ECONET visant à structurer un réseau écologique européen. Cette initiative a été suivie par le développement du Réseau Écologique Paneuropéen (*Pan-European Ecological Network*, PEEN), Trois grands ensembles régionaux ont servi de cadre à cette déclinaison : le Sud-Est de l'Europe (Biró et al., 2006), l'Europe de l'Ouest (Jongman et al., 2006) et l'Europe Centrale et Orientale (Jongman et al., 2011).

Ces propositions ont vocation à fournir un cadre de référence pour l'identification et la mise en œuvre de réseaux écologiques à des échelles nationales ou infranationales, en adaptant les recommandations initiales aux contextes territoriaux locaux.

Les Pays-Bas ont été les premiers à initier une réflexion structurée sur les réseaux écologiques à l'échelle nationale dès le début des années 1990. Cette démarche répondait à une prise de conscience face à la dégradation rapide des milieux naturels observée depuis le début du XXe siècle (Lammers et van Zadelhoff, 1996).

Le Plan National de Conservation de la Nature, adopté en 1991, repose sur une stratégie de connectivité fondée sur trois composantes majeures : les espaces-cœurs de biodiversité, les zones de restauration écologique, et les corridors assurant la liaison fonctionnelle entre ces espaces (Opdam et al., 1995).

Ce dispositif repose fortement sur les apports de l'écologie du paysage, notamment à travers les travaux portant sur la simulation et l'analyse prospective de stratégies de restauration des écosystèmes. (Harms & Knaapen, 1988 ; Harms & Opdam, 1990 ; Opdam et al, 1995).

Le réseau écologique national néerlandais s'impose ainsi comme le premier exemple d'intégration explicite d'un réseau écologique dans un document national de planification territoriale, bénéficiant d'une reconnaissance juridique et d'un ancrage institutionnel dans les politiques d'aménagement.

3.7.2. Guelma face à la fragmentation écologique : vers une stratégie fondée sur la structure paysagère

L'expérience européenne, en particulier le cas pionnier des Pays-Bas, démontre la pertinence d'une planification écologique articulée autour de la connectivité fonctionnelle des milieux (Beunen, 2006 ; Opdam et al., 2006). Cette approche, fondée sur la lecture fine des structures paysagères : matrice, taches, corridors, constitue une source d'inspiration pour les territoires méditerranéens confrontés à une fragmentation écologique croissante (Commission européenne, 2017).

Dans ce contexte, la ville de Guelma offre un terrain d'analyse pertinent. Située dans une région caractérisée par une mosaïque paysagère riche mais morcelée (zones agricoles, espaces forestiers résiduels, cours d'eau intermittents, espaces verts urbains discontinus), Guelma subit des dynamiques d'urbanisation rapide qui compromettent les continuités écologiques.

La mobilisation du concept de réseau écologique à cette échelle permettrait d'identifier les éléments de structure verte existants (parcs, oueds, forêts périphériques, etc.) et de réfléchir à leur articulation fonctionnelle.

En s'appuyant sur l'approche nodale développée par Bennett (1999), il est possible de réaliser une cartographie locale des noyaux de biodiversité et des corridors écologiques potentiels pour le territoire de Guelma. Cette démarche intégrerait les contraintes physiques et

sociales spécifiques à la région. Une telle lecture paysagère, ancrée dans l'écologie fonctionnelle, permettrait de repenser les pratiques d'aménagement urbain sous l'angle de la résilience écologique.

Pour concrétiser cette approche, une cartographie fine et dynamique de la matrice urbaine de Guelma serait essentielle. Celle-ci s'appuierait sur des photos aériennes de terrain, une analyse multispectrale et une concertation approfondie avec les acteurs locaux. Le résultat serait un socle solide pour un urbanisme biocompatible, capable de concilier harmonieusement la densification urbaine, le bien-être des habitants et la continuité écologique.

Dans la perspective d'une telle analyse, il est essentiel de disposer d'outils quantitatifs précis permettant de caractériser, mesurer et comparer les structures paysagères. C'est dans ce cadre que les métriques paysagères offrent un potentiel méthodologique majeur. Le chapitre suivant sera ainsi consacré à l'application de ces outils à la ville de Guelma, afin d'évaluer quantitativement la configuration, la fragmentation et la connectivité des espaces végétalisés dans le tissu urbain Guelmi.

3.8. Conclusion

Discipline émergente à l'interface de l'écologie et de la géographie, l'écologie du paysage s'attache à étudier les relations entre l'organisation spatiale des milieux et les processus écologiques qui les traversent.

Son essor s'est accompagné d'un renforcement des politiques de conservation, s'appuyant sur des concepts clés tels que la mosaïque paysagère, la fragmentation des habitats ou encore les dynamiques de métapopulations, dans le but de mieux appréhender et préserver les réseaux écologiques.

Ce chapitre a permis d'explorer les fondements théoriques et conceptuels de cette discipline, en abordant notamment : L'écologie du paysage repose sur des fondements théoriques clés, tels que la biogéographie insulaire, les métapopulations, la perturbation intermédiaire et la mosaïque paysagère, qui éclairent les dynamiques spatiales et écologiques.

Il a également mis en lumière les dynamiques d'interaction entre l'homme et le paysage, Elle s'est progressivement élargie aux apports de l'écologie urbaine et de l'écologie des

paysages urbains, jusqu'à intégrer les approches récentes du paysage en réseau, orientées vers un aménagement durable des territoires.

L'application de cette perspective à l'analyse urbaine renouvelle la compréhension des morphologies urbaines en valorisant les aspects écologiques, la continuité des structures paysagères et leur aptitude à absorber les chocs environnementaux. En articulant les dynamiques sociales et environnementales, l'écologie du paysage offre des outils essentiels pour concevoir des stratégies d'aménagement durable.

Dans le cadre de cette thèse, l'écologie du paysage constitue un socle théorique essentiel pour appréhender les interactions entre végétal et tissu urbain. Elle permet de lire la ville à travers la grille des continuités écologiques, offrant ainsi une compréhension fine des enjeux de biodiversité en contexte urbain. Cette approche offre non seulement une base scientifique à l'analyse empirique menée sur la ville de Guelma, mais elle s'affirme aussi comme un outil pertinent pour penser une fabrique urbaine plus durable et respectueuse du vivant.

Ces concepts seront mis à l'épreuve dans le cas de Guelma (Chapitre suivant), où seront analysées les configurations morphologiques locales, les densités bâties et végétales, ainsi que les défis socio-environnementaux spécifiques (étalement, stress hydrique). L'application des indicateurs développés (connectivité verte, surface d'espaces verts/habitant) éclairera les potentialités de renaturation et de planification intégrée, visant à concilier développement urbain et durabilité écologique.

Ce cadre conceptuel ouvre ainsi la voie à l'étude territoriale et paysagère de Guelma, dans une perspective articulant diagnostic spatial et évaluation écologique, afin d'illustrer concrètement l'application de ces principes.

S'appuyant sur les concepts et outils développés dans les chapitres théoriques précédents, le chapitre suivant sera consacré à l'étude de la ville de Guelma. Il visera à analyser les structures paysagères en place, à identifier les potentialités de renaturation et à proposer des orientations de planification écologique adaptées aux dynamiques et contraintes locales.

Chapitre 4

**Guelma : Lecture contextuelle entre
tissu urbain et l'élément végétal**

4.1. Introduction

L'élaboration d'une méthodologie efficace pour analyser la gestion du tissu urbain nécessite une compréhension approfondie des dynamiques qui caractérisent la ville et son territoire. Cette approche repose sur l'accumulation, l'analyse et la diffusion de connaissances contextualisées, tirées à la fois de cadres théoriques et d'études empiriques. Dans cette perspective, plusieurs facteurs clés de succès ont été identifiés à partir des théories existantes. Toutefois, il est crucial de confronter ces indicateurs à la réalité du terrain, non seulement pour les valider, mais aussi pour les enrichir en tenant compte des spécificités locales.

Ce chapitre vise à examiner le contexte global dans lequel se situe notre aire d'intervention, à savoir la ville de Guelma. Cette analyse repose sur une approche qui combine cartographie et observation empirique, permettant ainsi de mettre en lumière les particularités territoriales, sociales et environnementales de la ville. De plus, cette démarche constitue une étape préalable essentielle pour orienter les pratiques et décisions futures en matière d'urbanisme, tout en prenant en compte les principaux enjeux urbains, sociaux et environnementaux auxquels ce territoire est confronté.

Il joue un rôle crucial dans cette recherche en offrant une vue d'ensemble du contexte de la ville de Guelma. En effet, pour analyser l'impact de la végétation sur le tissu urbain, il est essentiel de bien comprendre les caractéristiques géographiques, historiques, démographiques, économiques et urbanistiques de la ville. Ces dimensions contextuelles aident à identifier les dynamiques qui influencent la répartition, l'évolution et le rôle des espaces verts.

Dans cette perspective, ce chapitre se structurera autour des points suivants :

- Contexte géographique et environnemental, pour comprendre les conditions naturelles influençant la végétation.
- Contexte historique et patrimonial, afin de retracer l'évolution urbaine et ses effets sur le paysage.
- Contexte démographique et socio-économique, pour examiner les dynamiques de population et d'activités en lien avec les espaces verts.
- Contexte urbanistique, en vue d'analyser l'organisation spatiale de la ville et l'intégration du végétal dans l'aménagement urbain.

L'objectif de ce chapitre est donc de poser un cadre contextuel solide, qui servira de base pour les analyses méthodologiques et analytiques à venir. En mettant en avant les

spécificités de Guelma, il sera possible d'évaluer plus précisément l'interaction entre la végétation et la structure du tissu urbain.

4.2. Pertinence du cas d'étude : Guelma

La sélection de Guelma comme terrain d'étude est, en partie, guidée par une relation personnelle avec ce cadre territorial, étant ma ville natale, mais aussi par une connaissance approfondie de son territoire acquise au fil des années. Historiquement, l'agglomération de Guelma s'est caractérisée par une forte vocation agricole. Cependant, comme beaucoup de villes moyennes en Algérie, elle a subi les effets d'une croissance urbaine rapide et massive, entraînant d'importantes transformations tant sur le plan spatial qu'économique.

De plus, Guelma joue un rôle urbain stratégique dans la région, influençant de manière significative les localités environnantes. Cette recherche s'inscrit dans une démarche visant à valoriser les potentialités et les spécificités de la ville, avec l'objectif de mettre en avant les éléments qui pourraient servir de leviers stratégiques pour le développement de projets urbains intégrés et durables.

4.3. Présentation de la ville

Guelma, qui a été fondée sur l'ancienne Calama, est une ville qui a vu le jour autour d'un centre colonial en 1845. Son urbanisme bien organisé comprend des espaces publics, une rue commerçante historique et un théâtre romain qui a été reconstruit. La ville se distingue par une forte population vivant dans des quartiers auto-construits (Cote, 1999).

Sur le plan agricole, Guelma est au cœur d'un bassin productif, avec une variété de cultures soutenues par le barrage de Hammam Debagh. Depuis les années 70, elle a également pris une importance industrielle, politique et universitaire. Bien desservie par la route, elle demeure un pôle essentiel entre Annaba et Constantine.

4.3.1. Situation géographique

La wilaya de Guelma se trouve dans le nord-est de l'Algérie, à environ 537 km de la capitale (Figure 01). Elle est définie par les coordonnées géographiques suivantes : une latitude allant de 36°28'12.12" N à 36°26'9.36" N, et une longitude allant de 7°28'10.72" E à 7°23'46.44" E Avec une superficie de 3 686,84 km².

Guelma occupe une position stratégique au cœur de la région nord-est de l'Algérie, facilitant la connexion entre deux grandes villes : Constantine et Annaba. Ses frontières territoriales comprennent les wilayas suivantes : Annaba au nord, El Tarf, au nord-est, Souk

Ahras, à l'est, Oum El Bouaghi, au sud, Constantine, à l'ouest, et Skikda, au nord-ouest (Teqwa et al., 2024).

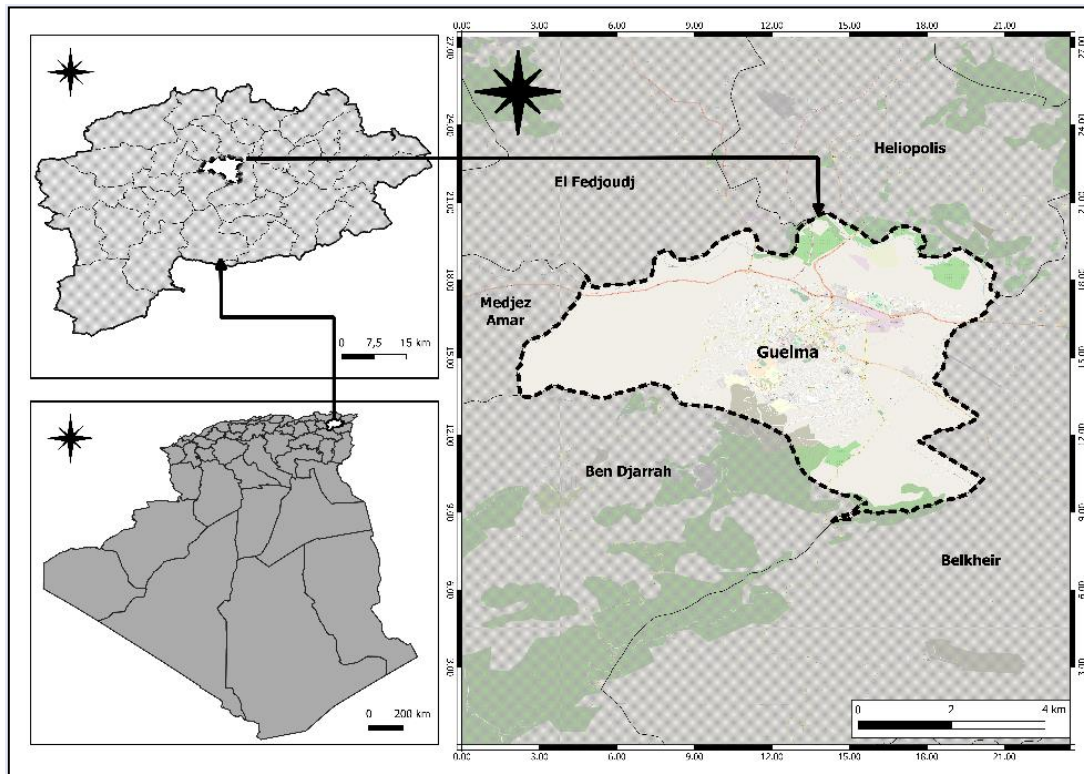


Figure IV. 1 Situation de la zone d'étude. Auteur à partir d'une cartographie Qgis (Auteur, 2024).

L'étude est centrée sur la ville de Guelma, capitale de la wilaya éponyme. Située au cœur d'une vaste zone agricole réputée pour son excellence.

Entourée par les monts Mahouna, Debagh et Houara, la ville de Guelma est bordée par l'Oued Seybouse au nord, l'Oued El Maiz et la commune de Belkebir à l'est, le massif de la Mahouna au sud et les plaines de Ben Tabouche à l'ouest (Teqwa et al., 2024).

4.3.2. Dynamiques historiques de développement urbain

Les sources archivistiques locales attestent que Guelma est l'une des plus anciennes villes du Maghreb. Elle puise ses racines dans la ville numide de Malaca, établie sous le règne de Massinissa, souverain emblématique de la Numidie (Figure IV.4).

Dans les écrits latins, la ville est désignée sous le nom de "Calama". Les récits historiques des campagnes militaires de Jugurtha contre l'Empire romain en 109 av. J.-C. soulignent l'importance stratégique et urbaine de Calama, surtout aux II et III siècles de notre ère.

Selon Possidius, biographe de saint Augustin, Calama devint, après la reconquête byzantine de l'Afrique du Nord, une ville sous l'autorité de Genséric. Au IX^e siècle, des tribus arabes, notamment les Banu Hilal, s'installèrent dans la région.

Cette arrivée marqua le début d'une influence significative de la civilisation arabo-musulmane, dont l'impact historique sur Calama fut, d'après l'historien Ibn Khaldoun, profond et durable. Ainsi, cette région, centrée autour de Calama, a été un carrefour d'échanges et un lieu d'attraction pour diverses civilisations au fil des siècles.

La ville de Guelma connaît un essor significatif durant la période romaine. Connue alors sous le nom de Calama la Royale, elle devient un lieu de résidence prisé pour les dignitaires romains, célèbre pour ses thermes et ses espaces de détente tels que Hamam Debagh, Hamam Oules Ali et Hamam N'Bail. Plusieurs voies romaines structuraient la région et convergeaient vers Hamam Debagh, soulignant l'importance stratégique de la ville (PDAU).

Au cours de la période arabo-musulmane, Calama, désormais appelée « Guelma », se distingue par son activité économique et culturelle florissante, en particulier durant les périodes fatimide et ziride. Selon les chroniques rapportées par Ibn Khaldoun, la ville est colonisée dès le XI^e siècle par des tribus arabes, en particulier les Banou Hilal, ce qui influence durablement son tissu socioculturel (Monographie, 2015).

Sous l'ère ottomane, à partir de 1515, bien qu'aucun bouleversement majeur ne soit observé dans la structure socioculturelle de Guelma, l'influence ottomane laisse quelques traces, notamment à travers des noms de famille encore présents aujourd'hui (PDAU).

Lors de la période coloniale, l'installation des premiers colons allemands est documentée dès 1840, à Guelaate Bou Sbaa, située à 10 km au nord-est de Guelma. Parallèlement, les premières installations militaires françaises se superposent aux vestiges de l'ancienne ville romaine, marquant ainsi la création du centre de la ville coloniale actuelle (archives communales).

En 1854, Guelma obtient le statut de commune mixte, avant d'être désignée comme chef-lieu d'arrondissement en 1858. Au cours de la période évoquée, elle administre un vaste territoire s'étendant jusqu'aux frontières tunisiennes. Enfin, en 1974, la ville accède au statut de chef-lieu de wilaya, consolidant ainsi son rôle administratif et territorial.



Figure IV. 2 Vue du théâtre romain (Benzerari ,2013).



Figure IV. 3 La rue et la place St Augustin-GUELMA.

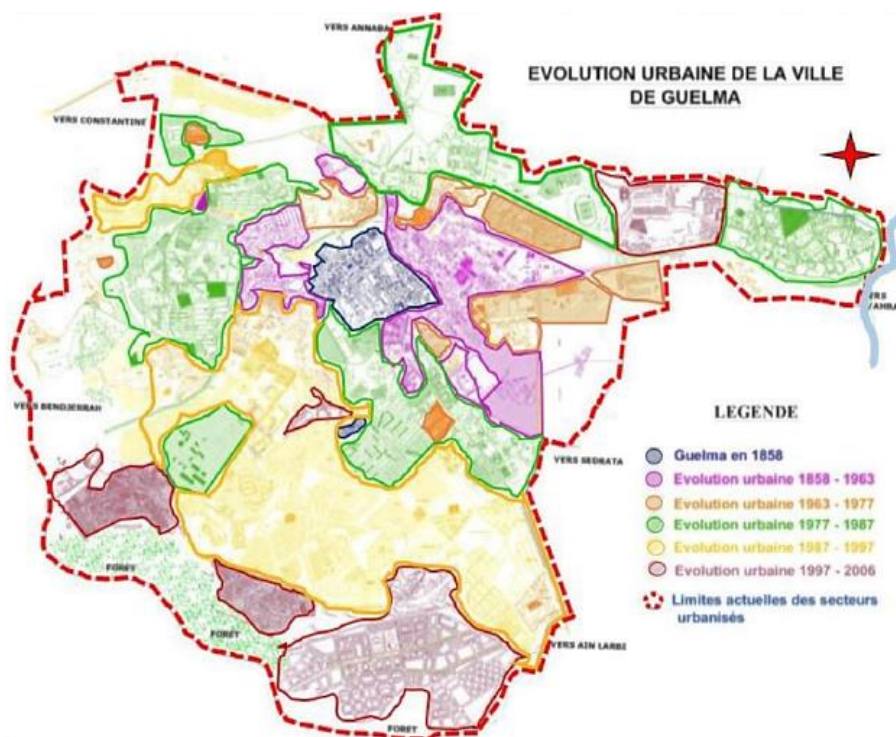


Figure IV. 4 L'évolution urbaine d la ville de Guelma (Archive de l'APC., 2020).

4.3.3. Patrimoine naturel et culturel

4.3.3.1. Végétation, jardins et arbres remarquables

• *Les jardins historiques :*

Plusieurs jardins, souvent hérités de l'époque ottomane, sont présents à Guelma. Le jardin du Palais du Bey constitue un exemple représentatif des jardins conçus durant cette période, intégrant des dispositifs d'irrigation élaborés, des alignements de cyprès et des fontaines (Figure IV.5). Ces jardins, à la fois lieux de repos et d'esthétique, témoignent d'une articulation harmonieuse entre éléments naturels et architecture (Monographie de La Willaya de Guelma, 2015).

• *Les arbres remarquables :*

Guelma est également connue pour ses arbres remarquables. Parmi les essences présentes, on distingue des oliviers centenaires et des palmiers, véritables marqueurs du paysage local. Les oliviers, emblématiques par leur ancienneté, sont souvent associés à des symboles de durabilité et d'abondance, sont présents dans plusieurs lieux publics et privés. Ils font partie intégrante du paysage historique et de l'environnement de la ville. Les palmiers, qui ornent de nombreux jardins et espaces publics, apportent une touche exotique et un ombrage naturel aux bâtiments.

• *Les sources thermales :*

Guelma est aussi réputée pour ses sources thermales naturelles, comme celles de Hammam Debagh, où l'eau chaude est utilisée à des fins thérapeutiques depuis l'Antiquité. Sources intégrées à des paysages végétalisés, propices à la détente et à l'immersion naturelle. (Zerti & Benrachi, 2023).



Figure IV. 5 Jardin Calama et site naturel à Guelma (Zerti & Benrachi, 2023).

4.4. Contexte géographique et environnemental

4.4.1. Topographie et hydrographie

Les principaux éléments concernant le relief, l'hydrographie et les caractéristiques géologiques qui peuvent influencer directement la végétation et le paysage urbain. La majorité

du relief (32,82 %) est formée de montagnes, parmi lesquelles on trouve les suivantes (Kaddour, 2015) :

- Plaines et plateaux (27,22 %).
- Collines et piémonts (26,29 %).
- Montagnes (32,82 %) :
 - Mahouna (1411 m).
 - Houara (1292 m).
 - Taya (Bouhamdane) (1208 m).
 - Débar (1060 m).
- Massifs montagneux notables :
 - Massif du Ras El Alia (chaîne centrale de la Medjerda) comprenant :
 - Dj. Bardou (1261 m).
 - Dj. Zouara (1292 m).
- Vers le sud-est, on trouve les massifs calcaires sénoniens du Dj. El Arous (1160 m) et Dj. Safiet.

La ville de Guelma est implantée au sein d'une vaste région à vocation agricole, à une altitude moyenne de 290 mètres. Elle est encerclée par plusieurs massifs montagneux notamment Maouna, Dbegh et Houara qui lui confèrent une configuration topographique en cuvette, souvent qualifiée de "ville assiette". Cette situation géographique, combinée à la fertilité naturelle des sols, est favorisée par la présence de l'oued Seybouse ainsi que d'un important barrage, garantissant l'irrigation d'un large périmètre agricole (Kaddour, 2015).

Le territoire présente une topographie contrastée (Figure IV.6), avec une altitude moyenne de 455 mètres, une altitude minimale de 92 mètres et un point culminant atteignant 1 396 mètres.

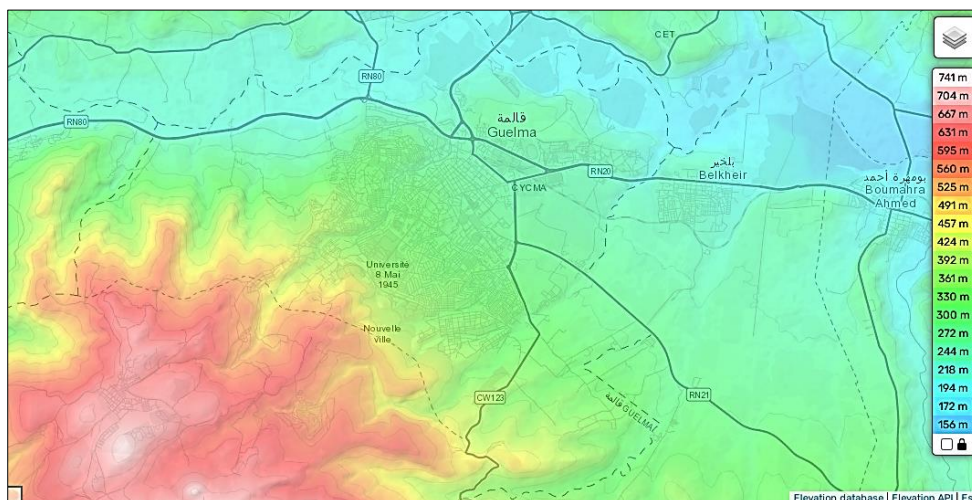


Figure IV. 6 Carte topographique Guelma, altitude, relief (Topographic - Map.com, 2024).

- Hydrographie :

D'après la monographie de la wilaya, la réserve d'eau mobilisable du bassin versant de Guelma s'élève à 151,81 millions de mètres cubes, répartis comme suit (Monographie, 2015) :

- Eaux superficielles :

- Barrage Bouhamdane (Figure IV.7) : qui se trouve dans la commune de Hammam Dabbagh, avec une capacité de stockage de 184.3 Hm³.
- Barrages Medjez El Begar : situé dans la commune d'Ain Makhoulouf, dispose d'une capacité de 2.86 Hm³.
- Barrage de Hajar guefata situé dans la commune de Nechmaya, offre une capacité de 0.44 Hm³.
- 15 retenues collinaires.

- Eaux souterraines :

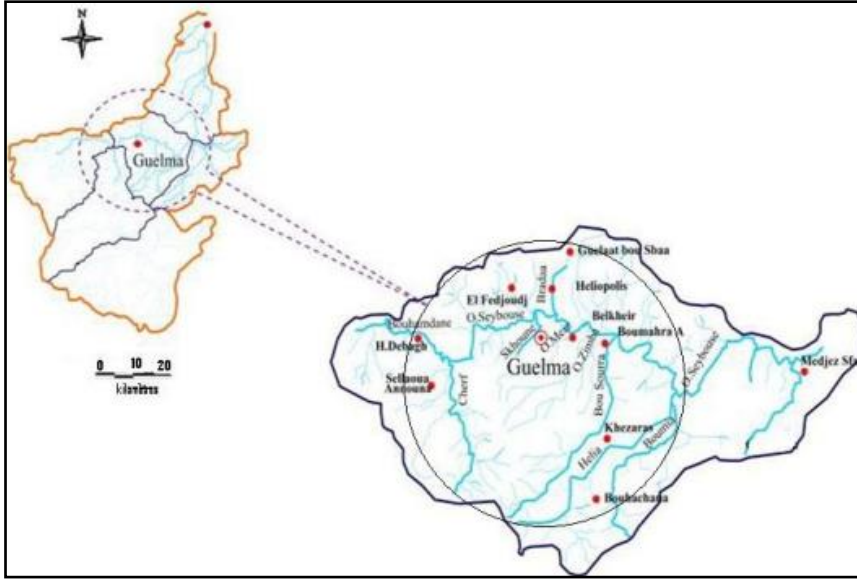
- Une nappe alluviale s'étendant sur trois communes (Guelma, Belkheir et Boumahra Ahmed).
- La nappe calcaire du crétacé supérieur (plaine de Tamlouka).
- Une nappe calcaire à Hammam Bradaa qui traverse entre les communes d'Héliopolis et de Guelaat Bou Sbaa.
- La nappe d'oued Halia.
- La nappe de la plaine de Bouchegouf.



Figure IV. 7 Barrage Bouhamdane à Guelma (elmoudjahid régions, 2024).

- Cours d'eau principaux :

La vallée de l'oued Seybouse traverse l'est de la ville. Au nord se trouve l'oued al-Sharaf et au sud l'oued Bouhamdane (Figure IV.8). Ils influencent la répartition de la végétation, qui est liée aux plaines et aux formations alluviales (A.B.H, 2005).



Les calcaires éocènes et sénoniens sont les plus présents dans les zones montagneuses. La formation gréseuse numide couvre une grande partie des pentes, cette formation a une influence sur la couverture végétale. Des couches de marne et de grès sont également présentes dans les zones qui ont une altitude plus douce (Kaddour, 2015).

Dans les plaines et les vallées alluviales, le sol est profond et riche en limon et en matière organique, ce qui le rend idéal pour l'agriculture et une végétation abondante. Sur les pentes de la montagne, le sol est peu profond, caillouteux et calcaire, ce qui est problématique pour l'agriculture, mais il convient aux plantes résistantes aux climats arides ou semi-arides. Les régions gréseuses-argileuses (Formation numide) ont des sols sableux qui ne sont généralement pas bien drainés, ce qui entraîne une forêt clairsemée ou une prédominance des prairies. Finalement, les sols marneux et gréseux des altitudes douces sont généralement fertiles et abritent une végétation variée composée de plantes herbacées et d'arbustes (Kaddour, 2015).

Le climat de la région de Guelma varie selon les zones : il est subhumide au nord et au centre, tandis que le sud connaît des conditions semi-arides. Cette diversité climatique résulte de plusieurs facteurs qui interagissent simultanément pour influencer le taux d'humidité (Figure IV.9) « Direction (D.P.A.T)».

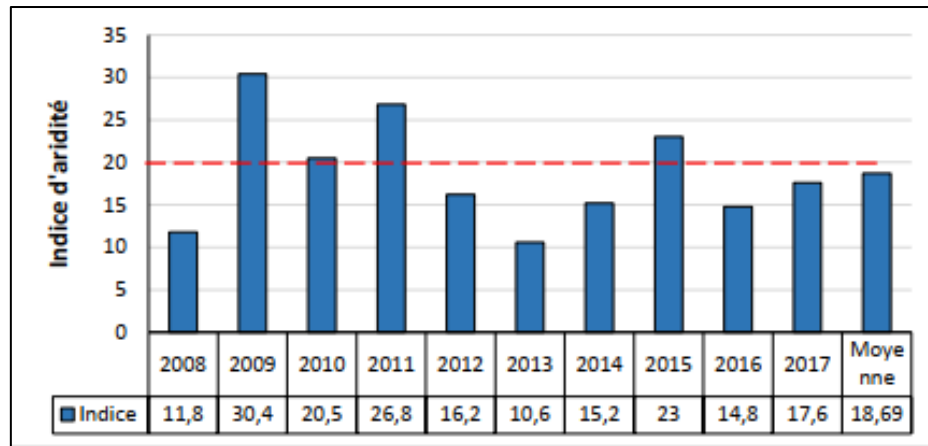


Figure IV. 9 Bilan climatique de la ville de Guelma durant la période 2008-2017 (Sayad,2021) .

Selon l'indice d'aridité établi par l'étude climatique de (Sayad,2021), la région de Guelma se trouve dans un état d'aridité moyen, ce qui la classe dans la catégorie semi-aride. Cette zone se distingue par des hivers froids et des périodes sèches qui durent environ 202 jours par an. La figure IV.10 présente de manière claire les différents paramètres climatiques de la région de Guelma (Sayad ,2021).

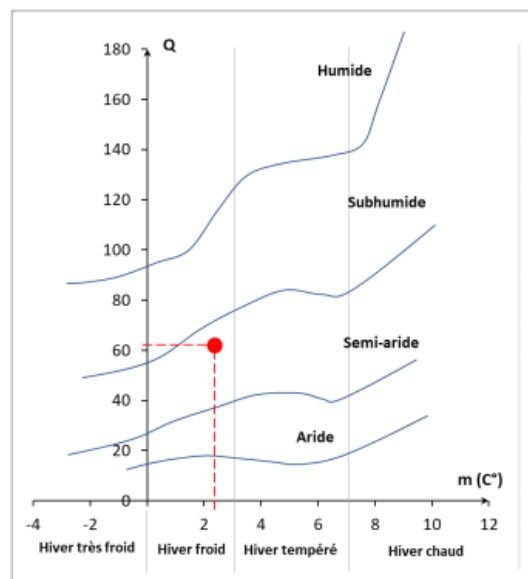


Figure IV. 10 Rapport d'aridité pour la ville de Guelma au cours de la période 2008-2017 (Sayad,2021).

• Température

La figure IV.11 ci-dessous montre comment les températures moyennes mensuelles ont évolué entre 2008 et 2017.

Les températures maximales moyennes vont de 14,2 °C en janvier à 35,1 °C en juillet. Quant aux températures minimales moyennes, elles varient de 4,8 °C en février à 19,6 °C en août. L'écart moyen entre les températures maximales et minimales durant cette période est

d'environ 12 °C, avec un écart maximal de 16 °C observé en juin. Ce modèle thermique met en évidence une variabilité saisonnière significative, typique d'un climat marqué par des contrastes entre les saisons estivales et hivernales (Sayad, 2021).

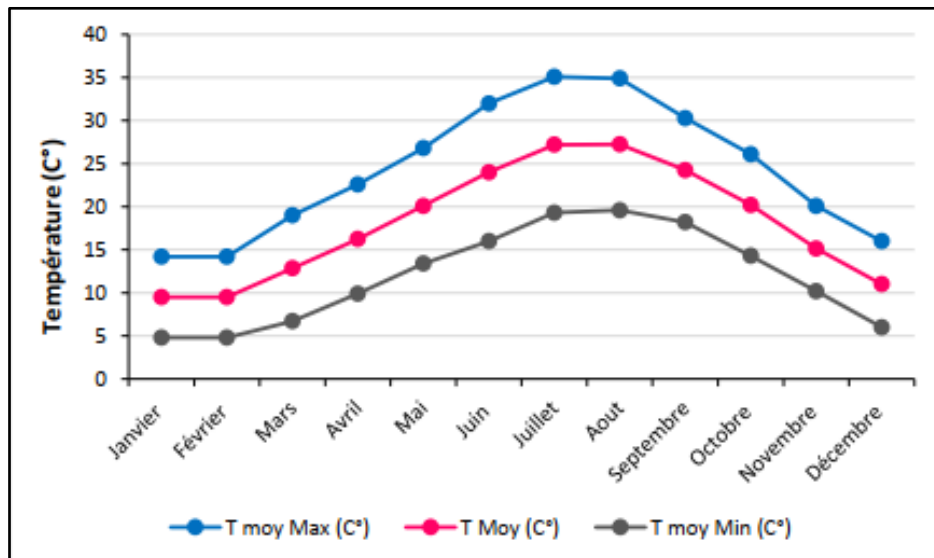


Figure IV. 11 Températures moyennes mensuelles de l'air pour la période 2008-2017(Sayad, 2021).

- **Les précipitations**

D'après l'étude climatique de Sayad (2021), les données climatiques de la région de Guelma, analysées entre 2008 et 2017, montrent une saison estivale particulièrement sèche. Cette analyse, qui sera développée dans les sections suivantes, met en évidence l'indice d'aridité de la région. L'examen des données révèle trois périodes de précipitations distinctes, comme montré dans la figure IV.12.

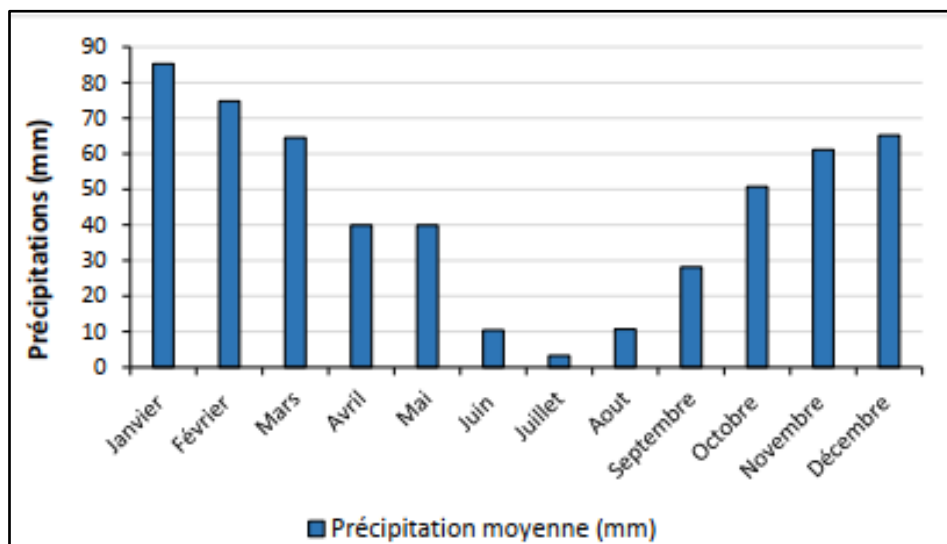


Figure IV. 12 Précipitations mensuelles moyennes pour la période 2008-2017 (Sayad, 2021).

4.5. Contexte démographique et socio-économique

4.5.1. Démographie

La wilaya de Guelma compte une population estimée à 500 000 habitants en 2021. Avec près de 150 000 habitants, Guelma constitue le principal pôle urbain et administratif de la wilaya, ce qui en fait le principal pôle urbain de la région. La croissance démographique y est modérée, avec un taux annuel d'environ 1,5 %, légèrement inférieur à la moyenne nationale algérienne (1,7 %). Comme dans le reste du pays, Près d'un tiers des habitants sont âgés de moins de 20 ans, ce qui témoigne d'une dynamique démographique jeune, reflétant une structure démographique dynamique. Par ailleurs, la wilaya connaît une urbanisation croissante, avec un taux d'urbanisation avoisinant 60 %. Cette transition urbaine s'accompagne de défis en matière d'infrastructures, de logement et d'emploi, particulièrement pour les jeunes (ONS, 2023).

4.5.2. Socio-économie

4.5.2.1. Secteurs économiques dominants

L'économie de Guelma repose sur plusieurs secteurs clés, avec une prédominance de l'agriculture, de l'industrie et un potentiel touristique encore sous-exploité.

- Agriculture : Grâce à ses plaines fertiles, notamment celles de la Seybouse et de Bouhamdane, la région de Guelma est un important bassin agricole. Les principales cultures incluent les céréales (blé, orge), les agrumes, les oliviers et la vigne, contribuant à la production d'huile d'olive et de vin. L'élevage, notamment bovin et ovin, occupe également une place importante dans l'économie locale, approvisionnant les marchés en viande et produits laitiers.
- Industrie : Le secteur industriel, bien que modeste, se structure autour de plusieurs activités :
 - Industries agroalimentaires, avec des minoteries et des huileries transformant les productions agricoles locales.
 - Une cimenterie située à El Fedjoudj.
 - Des PME et PMI soutenant le développement local.
- Tourisme : Malgré un potentiel riche mais sous-exploité, Guelma dispose d'atouts touristiques variés, notamment les thermes romains de Hammam Debagh, les montagnes de Maouna, et des stations thermales naturelles. Une meilleure valorisation de ces sites pourrait dynamiser l'économie locale et créer des emplois (GUECHI, 2018).

4.5.2.2. Infrastructures et développement

Les infrastructures de Guelma présentent des atouts, mais aussi des lacunes nécessitant des investissements accrus :

- **Transport** : La ville est reliée aux grands axes routiers, notamment la RN16, et dispose d'une voie ferrée la connectant à Annaba et Constantine. Cependant, le réseau nécessite des améliorations pour fluidifier les déplacements et soutenir le développement économique.
- **Éducation** : Guelma abrite plusieurs établissements universitaires, dépendant principalement de l'Université d'Annaba. Toutefois, l'offre de formation reste limitée, avec un manque de diversification dans les filières, ce qui pousse de nombreux étudiants à se déplacer vers d'autres villes pour des études spécialisées.
- **Santé** : Bien que la ville dispose d'un hôpital régional et de structures de santé locales, les habitants doivent souvent se rendre vers les grands centres urbains voisins (Annaba, Constantine) pour accéder à des soins spécialisés ou à des équipements médicaux plus performants. Cette situation souligne la nécessité de renforcer les capacités hospitalières locales.

La région de Guelma présente une vocation agro-sylvo-pastorale marquée, avec 266 000 hectares de terres agricoles (dont 187 338 hectares exploitées) sur un territoire à relief principalement montagneux (38 %). Le couvert forestier représente 28,45 % de la superficie, avec une dominance de chêne-liège sur 24 437 hectares, offrant un fort potentiel de valorisation économique (DPAT, 2020).

Enfin, La partie sud-ouest de la wilaya de Guelma, notamment les plaines de Oued Zenati et Tamlouka, se distingue par ses terres fertiles favorables à l'agriculture et à l'élevage. La vallée de l'oued Seybouse offre un fort potentiel pour les cultures irriguées et l'élevage bovin. Le sous-sol riche en ressources minières (marbre, kaolin, argile) soutient un secteur industriel en croissance. La région dispose aussi d'un patrimoine touristique diversifié, combinant stations thermales, sites naturels et vestiges archéologiques majeurs (Kaddour, 2015).

4.6. Contexte urbanistique

4.6.1. Morphologie Urbaine

4.6.1.1. Forme urbaine de la ville

Guelma se caractérise par une morphologie urbaine semi-compacte, marquée par une dynamique d'étalement progressif en périphérie. Le développement spatial de la ville s'est initialement structuré de manière radioconcentrique autour de son noyau historique, correspondant à l'antique site de Calama. Par la suite, l'expansion urbaine s'est orientée le long des principaux axes de communication, notamment la Route Nationale 16 ainsi que les routes en direction de Hammam Debagh et Bouchegouf. Ce processus a abouti à une configuration urbaine de plus en plus allongée comme illustré dans la figure IV.13 (Guechi., 2018).

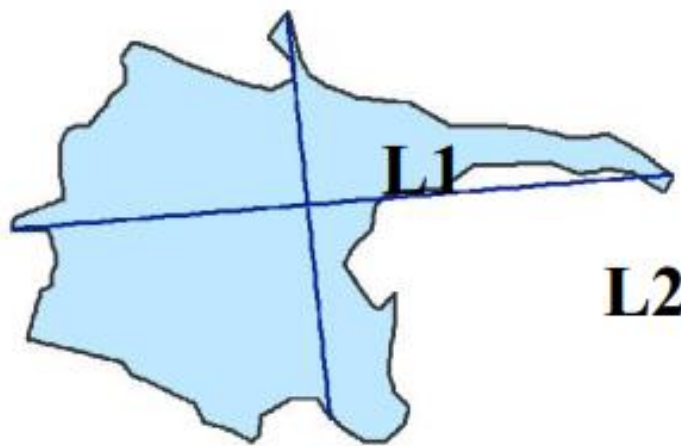


Figure IV. 13 Tache urbaine de la ville de Guelma (GUECHI., 2018).

4.6.1.2. Influence des différentes périodes historiques sur l'urbanisme

Le couvert végétal est généralement associé au processus d'urbanisation, qui correspond à l'organisation et à l'expansion d'un espace habité (Figure IV.14) (BENZERARI, 2013).

Stratégie militaire - avant 1850

Dans le contexte de l'urbanisme militaire avant 1850, les vestiges romains de la ville dévoilent des informations précieuses sur la présence d'un établissement humain intra-muros datant de l'époque romaine. Cette localisation stratégique, qui a servi de fondement à l'établissement subséquent, illustre une approche méthodique et organisée, caractéristique de la logique militaire (BENZERARI, 2013). La cité militaire qui s'est développée à cet emplacement a repris les caractéristiques de ses homologues romaines, en mettant l'accent sur la convivialité sociale et la centralité des espaces urbains. L'emplacement du futur forum romain, situé à la jonction des deux axes majeurs de la ville, témoigne de cette influence architecturale. Outre le théâtre romain, qui servait de lieu polyvalent pour des activités telles

que des spectacles et des expositions, la cité militaire abritait de nombreux édifices à fonction thématique.

Stratégie coloniale 1852- 1962

La période coloniale à Guelma, s'étendant de 1852 à 1962, fut marquée par une réorganisation urbaine d'envergure, à la fois sur le plan juridique et physique. Cette transformation avait pour objectif de structurer la ville selon les principes coloniaux, en établissant une distinction claire entre les zones intra-muros et extra-muros (Archives nationales d'outre-mer (ANOM)).

- Réorganisation foncière :

Dans le cadre de la réorganisation foncière, la distribution des terres s'est opérée par le biais de lots comprenant des lots urbains pour l'habitat, des lots jardins pour l'agriculture de proximité, et des lots ruraux pour l'exploitation agricole à plus grande échelle. Ce système de parcellisation a favorisé la redessine du paysage urbain et rural, en attribuant les terres selon les impératifs de la colonisation (Peyroulou, 2009).

- Aménagement des espaces publics :

En outre, l'aménagement des espaces publics a bénéficié d'une attention particulière, ces derniers étant vecteurs de l'empreinte coloniale. À titre d'illustration, le centre-ville de Guelma reflète aujourd'hui cette diversification typologique, avec des lieux emblématiques tels que la place Saint-Augustin, le square et la place du théâtre (Peyroulou, 2009).

Ces interventions ont induit des transformations majeures dans la structure urbaine, laissant ainsi un héritage urbanistique encore perceptible à ce jour (Pervillé, 2009).

Stratégie populaire entre 1962 et 1966

La période post-indépendance immédiate (1962-1966) dans la ville de Guelma, comme dans de nombreuses autres villes algériennes, a été marquée par une dynamique urbaine spontanée. Cette dynamique reflétait les besoins et les aspirations de la population locale et des nouveaux arrivants. Les principaux aspects de cette « logique populaire » peuvent être résumés comme suit (Archives locales et nationales algériennes) :

- Croissance démographique rapide :

La croissance démographique rapide de la région est principalement attribuable à deux facteurs : l'exode rural et le retour des Algériens ayant quitté le pays pendant la guerre d'indépendance. Ces mouvements de population ont entraîné une augmentation significative de

la population urbaine. Cette croissance démographique a exercé une pression considérable sur les infrastructures naturelles que pose une augmentation rapide de la population.

- Urbanisation spontanée :

L'urbanisation spontanée, définie comme le développement urbain non planifié et non réglementé, est une réponse à la pénurie de logements et à l'absence de planification urbaine adéquate. Elle se caractérise par la construction illégale de nombreux bâtiments en périphérie des centres urbains, entraînant une extension désordonnée de l'habitat.

- Maintien de la structure coloniale :

En dépit des transformations démographiques et de l'expansion urbaine non planifiée, la structure urbaine datant de l'ère coloniale a été largement préservée. Le centre-ville, caractérisé par ses édifices et ses espaces publics de style colonial, a maintenu son rôle central dans la vie urbaine.

- Adaptation et appropriation :

Il est important de noter que la population locale a su s'adapter et s'approprier l'espace urbain. En somme, la période 1962-1966 à Guelma a été marquée par une transition démographique et urbaine significative, caractérisée par une appropriation spontanée de l'espace urbain.

Stratégie de l'Algérie indépendante entre 1966 et 1989

La période post-indépendance de l'Algérie, et plus précisément la période s'étendant de 1966 à 1989, a été marquée par une volonté étatique significative de restructurer et de développer les villes algériennes. Cette logique, que l'on peut qualifier de « volontariste institutionnelle », se caractérise par plusieurs éléments clés ((Rocherieux, 2001) :

- Une planification centralisée et dirigée par l'État :

Dans le contexte de l'Algérie, l'État a assumé un rôle de premier plan dans la planification urbaine. Cette planification, caractérisée par une approche centralisée, visait à répondre aux besoins de la population et à moderniser le pays. La mise en œuvre de plans de développement ambitieux, axés sur la construction de logements, d'infrastructures et d'équipements publics, a marqué cette période.

- La priorité accordée au logement social :

Dans le contexte d'une demande de logements croissante, liée à l'effet de la dynamique migratoire interne et de la pression démographique croissante, la construction de zones d'habitation urbaines nouvelles (ZHUN) et de lotissements est devenue une priorité. Cette politique de logement social, qui visait à garantir un accès égalitaire au logement pour les différentes classes sociales, s'est concentrée sur la priorité accordée au logement social.

- Un urbanisme fonctionnel :

Dans le contexte de l'urbanisme fonctionnel de cette période, l'approche méthodique et rationnelle des urbanistes s'est concentrée sur la division systématique des espaces en fonction de leurs usages spécifiques, que ce soit pour le logement, le travail ou les loisirs. En effet, l'objectif était de maximiser l'efficacité et l'organisation de l'urbain.

- La création d'espaces publics :

Dans le cadre de l'aménagement urbain, une attention particulière a été portée à la création d'espaces publics. Bien que leur réalisation ait parfois été différée, ces espaces ont été conçus comme des lieux de rencontre et de convivialité. Ils ont ainsi contribué à renforcer le lien social.

Stratégie de 1990 jusqu'à nos jours

L'urbanisation post-1990 en Algérie se caractérise par une complexité induite par l'interaction de divers facteurs et logiques. Cette étude propose une analyse de cette période, en mettant l'accent sur les différentes logiques d'urbanisation et les efforts déployés pour l'amélioration des espaces publics (Archives nationales APC).

- Logiques d'urbanisation :

L'État continue de jouer un rôle prépondérant dans la planification urbaine, mais adopte une démarche plus diversifiée. Des programmes de logements sociaux sont maintenus, tandis que des incitations sont données aux acteurs privés.

En parallèle, la législation urbaine est révisée pour s'adapter aux défis posés par une urbanisation rapide. Par ailleurs, l'urbanisation informelle persiste comme un phénomène prépondérant, notamment dans les grandes villes. La pénurie de logements, la croissance démographique et les difficultés économiques alimentent l'essor de l'habitat précaire.

Parallèlement, l'exode rural se poursuit, contribuant à la croissance des villes et exerçant une pression sur les infrastructures urbaines. En réponse à ce phénomène, des politiques de développement rural sont mises en œuvre pour freiner l'exode et améliorer les conditions de

vie en milieu rural. En outre, la création de nouvelles villes a pour objectif de décongestionner les grandes agglomérations et de promouvoir le développement régional.

Conçues avec des infrastructures modernes et des espaces verts, ces villes connaissent des fortunes diverses en termes de succès.

- Amélioration des espaces publics :

Dans le cadre des politiques urbaines, un accent particulier est mis sur l'amélioration des espaces publics, qui sont identifiés comme un facteur déterminant de la qualité urbaine.

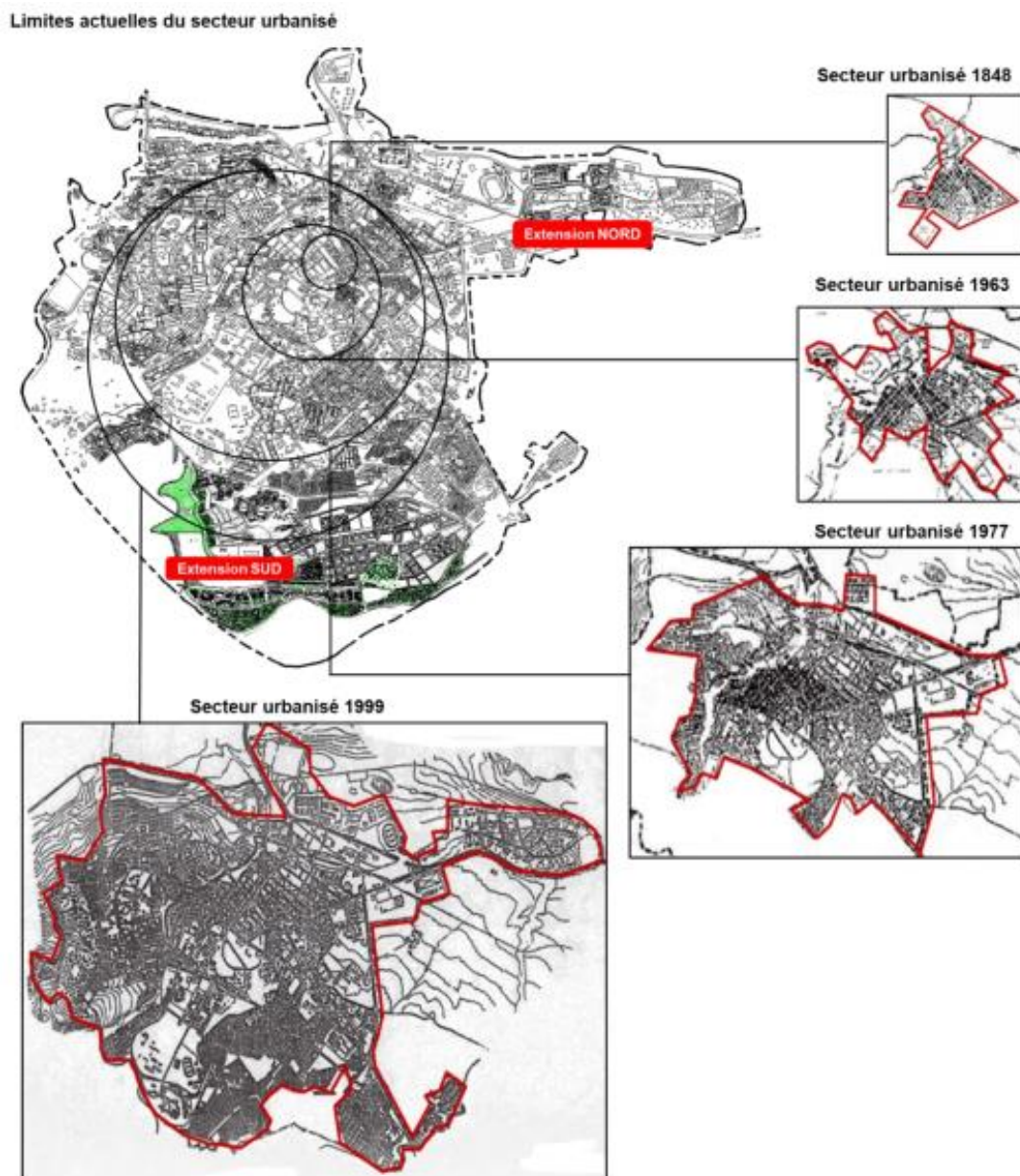


Figure IV. 14 Évolution de la morphologie urbaine de la ville de Guelma (Archives de l'APC).

4.6.2. Processus d'urbanisation sur le tissu urbain actuel

La ville de Guelma, située au cœur d'une vaste région agricole à une altitude de 290 mètres, constitue le territoire le plus étendu de sa Wilaya. Son évolution urbaine a été marquée par plusieurs phases d'urbanisation distinctes, qui ont façonné sa configuration actuelle. Cette trajectoire peut être appréhendée à travers trois périodes majeures : précoloniale, coloniale et post-coloniale, chacune correspondant à des typologies d'urbanisation spécifiques (Figure IV.15).

Les zones nordiques et orientales de Guelma sont majoritairement boisées, contrairement au sud du territoire, où les atteintes répétées aux milieux naturels ont conduit à une quasi-disparition du couvert forestier. La ville est enclavée par des montagnes, et les vastes plains de l'Oued Seybouse, reconnues pour leur valeur agricole, ainsi que la présence de sources thermales, constituent des atouts physiques considérables pour la croissance territoriale projetée. (Sadaoui Hamlaoui, 2018).

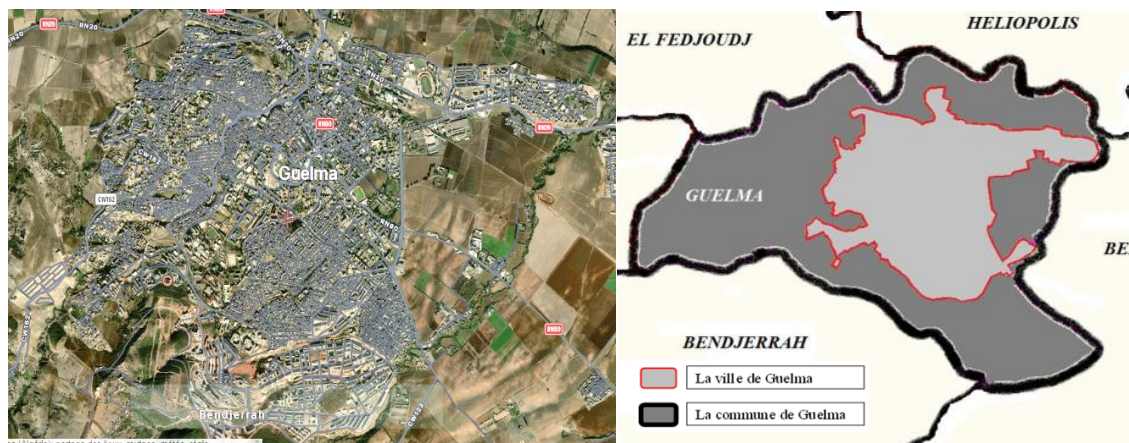


Figure IV. 15 Vue Actuelle et Délimitation du Tissu Urbain de Guelma (Sadaoui Hamlaoui, 2018).

4.6.2.1. Le noyau européen en damier

Le développement initial de Guelma s'est articulé autour d'un noyau urbain colonial (Figure IV.16) caractérisé par une trame en damier. Ce système d'organisation spatiale, dont l'héritage remonte à la période coloniale et qui a perduré au-delà de l'indépendance, a conféré à la ville une compacité remarquable. La structure en damier instaurée une hiérarchisation claire des composantes urbaines, définissant précisément les îlots, les places et les rues (Guechi, 2018).

La régularité de ce tracé, intrinsèquement liée à une gestion parcellaire rigoureuse, a non seulement optimisé l'organisation spatiale mais a également contribué à l'uniformité des façades, conférant aux rues une esthétique ordonnée. L'urbanisme colonial se distinguait par

un caractère déterminant, ne laissant aucune initiative à l'habitant et présentant des plans d'aménagement achevés (BENZERARI, 2013).

Les quartiers issus de cette planification présentaient une diversité de cadres physiques et une richesse architecturale, façonnant un paysage urbain distinct. Au sein de ces espaces, les activités et les échanges publics généraient une ambiance urbaine vivante, magnifiant l'image de la ville. Une attention particulière était portée au traitement des bâtiments situés sur des perspectives visuelles stratégiques. (BENZERARI, 2013).

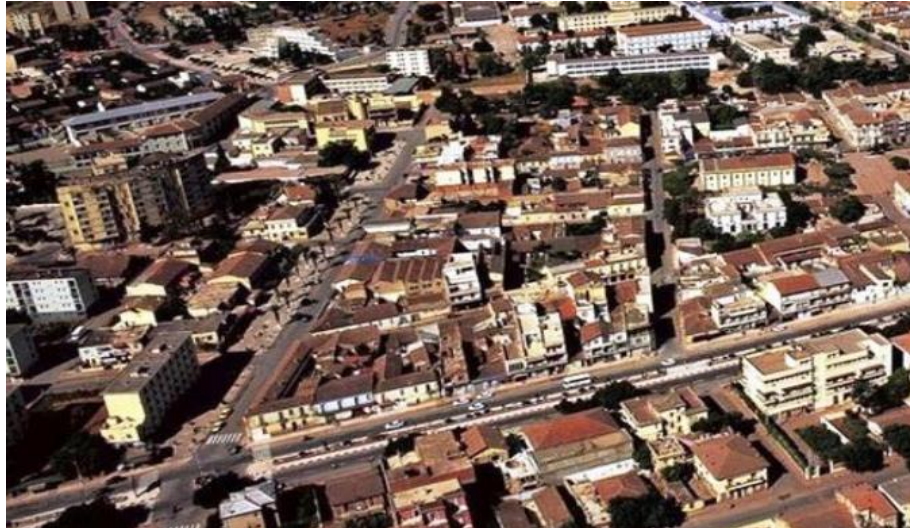


Figure IV. 16 Le noyau européen en damier de la ville de Guelma (PDAU 2007).

4.6.2.2. L'urbanisation spontanée

Parallèlement, une urbanisation spontanée s'est développée, concrétisée par l'implantation de bâtis illégaux et de quartiers spontanés (figure IV.17). La guerre de libération a rapidement été accompagnée par l'émergence de formes d'habitat précaire, particulièrement à la suite d'un événement marquant à Oued Skhoune. Il convient de souligner que les zones interdites aux constructions par la puissance coloniale, visant à isoler les moudjahidines dans les zones rurales, ont eu pour conséquence un exode massif de populations, principalement vers Oued Skhoune et Ain Defla (Guechi, 2018).

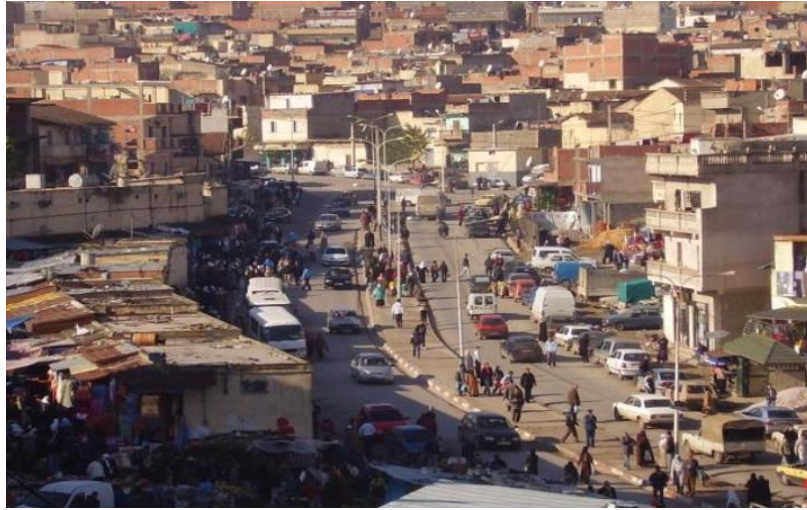


Figure IV. 17 Urbanisation spontanée de la ville de Guelma (PDAU 2007).

4.6.2.3. L'urbanisation planifiée

Après l'indépendance, et particulièrement à partir des années 1970, l'habitat collectif a connu un essor significatif. On observe une forte concentration de programmes d'habitat collectif mis en œuvre à grande échelle, souvent en mitoyenneté avec l'habitat spontané d'Oued Skhoune (notamment les cités 8 mars et Bara). Des extensions isolées se sont également développées à l'est de la ville, comme dans la Cité Agabi, et au nord-est, à proximité des pôles industriels, dans la Cité Bensouillah (Guechi, 2018).



Figure IV. 18 La ZHUN d'Ain Defla (PDAU 2007).

Durant les années 1980, Le tissu urbain de Guelma s'est densifié par la mise en place successive d'ensembles résidentiels collectifs, notamment les ZHUN d'Ain Defla et de Gahdour (figure IV.18) et de lotissements individuels, ces derniers apparaissant en périphérie. On assiste par la suite à un abandon progressif de la politique des ZHUN au profit de nouveaux instruments d'urbanisme, tels que le Plan d'Occupation des Sols (POS), qui prend en charge aussi bien l'habitat collectif qu'individuel (Figure IV.19).

L'avènement du Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU) et du POS au début des années 1990 visait à encadrer l'existant et à affecter des terrains à l'aménagement de logements et services sociaux.



Figure IV. 19 Les lotissements Ain Defla (PDAU 2007).

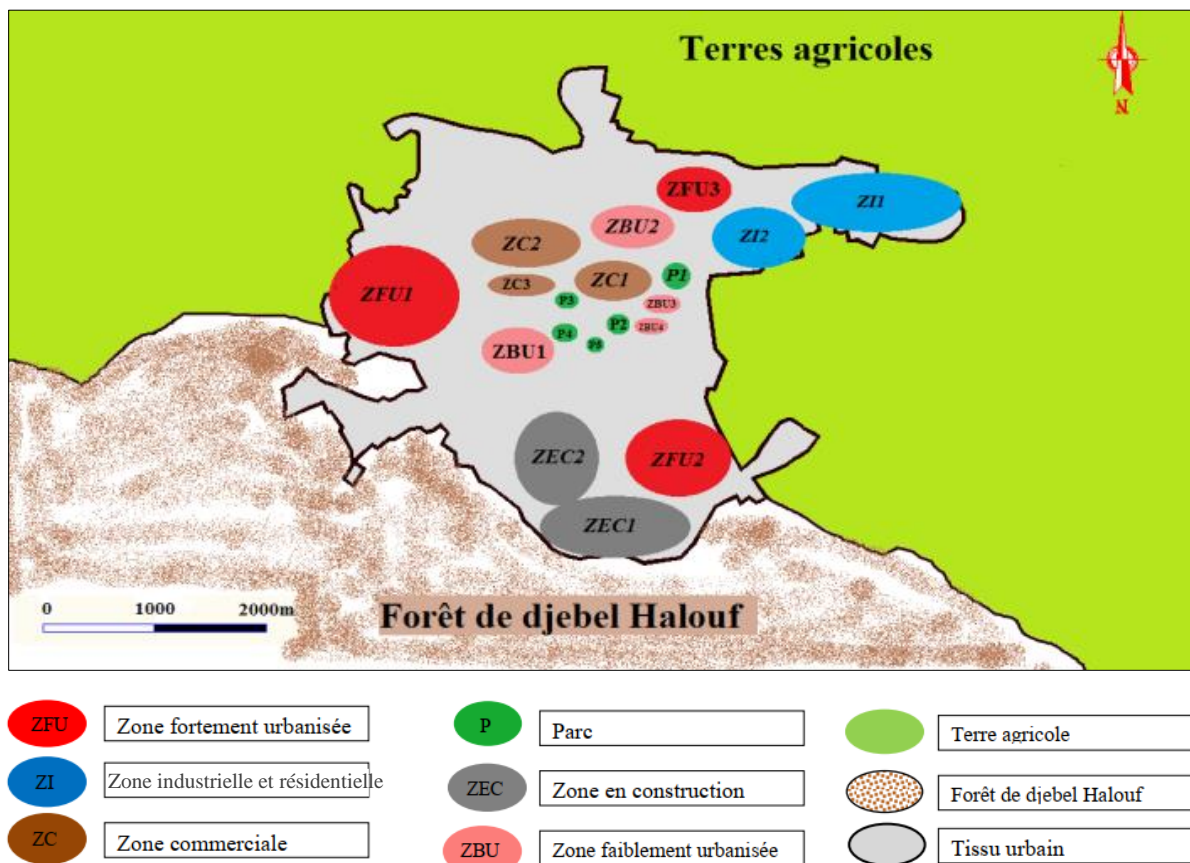


Figure IV. 20 Zones d'Occupation du Sol et Dynamique Urbaine de Guelma (Sadaoui Hamlaoui, 2018).



4.6.3. Richesse végétale




Guelma se trouve au centre d'une vaste région à vocation agricole et tire parti de la fertilité de ses sols, en grande partie favorisée par la présence de *l'oued Seybouse*, un cours d'eau important. La région est également caractérisée par un relief diversifié avec des montagnes, des collines et des plaines, incluant une couverture forestière significative (Table IV.1 et Table IV.2).




4.6.3.1. Espèces végétales utilisées dans l'aménagement paysager à Guelma

La ville de Guelma, soumise à un climat méditerranéen semi-aride, oriente ses choix d'aménagement paysager vers des espèces végétales résistantes à la sécheresse, tout en répondant à des objectifs esthétiques, écologiques et fonctionnels. Cette approche repose sur une gestion adaptée du patrimoine arboré urbain, en tenant compte des pratiques nationales et des spécificités locales. L'étude de ces choix végétaux permet de mieux comprendre les dynamiques paysagères en milieu urbain semi-aride. Parmi les espèces les plus couramment utilisées dans l'aménagement paysager (Voir Annexe 01), on trouve :

- Arbres d'alignement et d'ombrage les plus représentatifs du paysage urbain de Guelma

Espèce	Présentation	Avantages	Problèmes
Ficus (nitida, retusa)  Ficus retusa  Ficus nitida	Elles constituent des éléments récurrents du paysage urbain de Guelma, où elles sont plantées tant dans les parcs que le long des voies structurantes. En raison de leur feuillage dense et de leur capacité à fournir de l'ombre. -Hauteur : 10-15 m -Utilisation Paysagère : Alignements urbains (avenues), places publiques	- Offre une ombre dense ; - Résistant à la pollution urbaine ; - Peu coûteux ; - Stabilise les sols ; - Faible besoin en arrosage.	- Racines invasives pouvant endommager les trottoirs ; - Croissance rapide nécessitant un entretien fréquent ; - Coûts d'entretien à long terme plus élevés ; - Perte continue de feuilles, entraînant des besoins accrus en entretien et

			des risques d'encombrement des réseaux d'eaux pluviales.
Micocoulier <i>(Celtis australis)</i> 	<p>également connus sous le nom d'arbres aux feuilles d'ortie, constituent un genre regroupant environ 60 à 70 espèces d'arbres à feuillage caduc.</p> <p>Hauteur moyenne : de 12 à 20 mètres.</p> <p>-Utilisation Paysagère : Parcs ombragés, grands espaces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Résistance extrême à la sécheresse - Stabilisation des sols (érosion) - Peu d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'ombre (feuillage persistant mais clairsemé) - Risque incendie (résine inflammable) - Acidification des sols
Palmier washingtonia 	<p>Doté d'une croissance rapide et d'un port vigoureux, ce palmier peut s'élever jusqu'à 10 mètres. Il présente une bonne rusticité, supportant des gels modérés jusqu'à - 12 °C, et s'adapte particulièrement bien aux zones côtières atlantiques, où il supporte également les embruns marins.</p> <p>-Utilisation Paysagère : employé en priorité pour structurer les entrées de ville et souligner les axes symboliques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Résistant à la pollution urbaine, feuillage ornemental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu connu, besoins en sol bien drainé.
Févier d'Amérique <i>(Gleditsia triacanthos)</i> 	<p>Il s'agit d'une espèce dicotylédone appartenant à la famille des Fabaceae (légumineuses). Ce sont des arbres de grande taille, épineux, à feuillage caduc, pouvant atteindre une hauteur de 10 à 15 mètres.</p> <p>Utilisation paysagère : adaptés à l'aménagement</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Résistant à la sécheresse et à la pollution urbaine ; - Fixation de l'azote. 	<ul style="list-style-type: none"> - Épines dangereuses. - Peut devenir envahissant.

	des rues résidentielles, en raison de leur bonne tolérance à la pollution urbaine.		
Platane d'occident <i>(Platanus occidentalis)</i> 	<p>Cette espèce d'arbre ornemental, appartenant à la famille des Platanacées, est caractérisée par un feuillage caduc, aux feuilles larges, alternes et plus étalées que longues.</p> <p>Hauteur : entre 20 et 30 mètres.</p> <p>-Utilisation Paysagère : Berges d'oueds, grands axes routiers.</p>	<p>-Croissance rapide ;</p> <p>- Ecorce décorative ;</p> <p>- Idéal pour les avenues.</p>	<p>- Sensible à l'anthracnose et aux tailles fréquentes.</p>
Saule blanc <i>(Salix alba)</i> 	<p>Issu de la famille des Salicacées, cet arbre est largement répandu dans les régions tempérées. Il est traditionnellement taillé en forme de « têtard » pour la production d'osier.</p> <p>Hauteur : entre 15 et 25 mètres.</p> <p>Utilisation paysagère : idéal pour les milieux humides, notamment en bordure de l'oued Seybouse.</p>	<p>- Croissance rapide ; -Adapté aux zones humides ;</p> <p>-Utilisé pour l'osier.</p>	<p>-Fragile (branches cassantes) ;</p> <p>-Racines invasives.</p>
Sophore du Japon <i>(Styphnolobium japonicum)</i> 	<p>- Membre de la famille des Fabaceae, cet arbre est emblématique des abords de pagodes. Il se distingue par son élégance discrète.</p> <p>Hauteur : entre 10 et 15 mètres.</p> <p>Valorisation paysagère : prisé pour les aménagements d'espaces calmes et symboliques, tels que les universités et les cimetières.</p>	<p>-Résistant à la pollution ;</p> <p>-Fleurs mellifères ;</p> <p>-Culture facile.</p>	<p>-Croissance lente ; -Peu adapté aux sols secs.</p>

Frêne <i>(Fraxinus excelsior)</i> 	<p>Issu du genre <i>Fraxinus</i> (famille des Oléacées), cet arbre est représenté par une soixantaine d'espèces réparties dans les régions tempérées. Il atteint généralement une hauteur de 15 à 20 mètres.</p> <p>Valorisation paysagère : apprécié pour son port élancé et son ombrage léger, il s'intègre parfaitement dans les pelouses en plein soleil ou les grands espaces ouverts.</p>	<p>-Arbre robuste adapté aux forêts tempérées, fournit une ombre dense.</p>	<p>-Sensible à la chalarose (maladie fongique dévastatrice).</p>
Olivier de Bohême <i>(Eleagnus angustifolia)</i> 	<p>Arbre rustique de la famille des Élæagnacées, originaire d'Asie centrale, reconnu pour son feuillage argenté et sa résistance à la sécheresse.</p> <p>-Hauteur : 4-7 m</p> <p>-Utilisation Paysagère : Haies brise-vent en périphérie</p>	<p>- Résistance aux vents secs - Feuillage argenté décoratif</p>	<p>- Croissance lente - Fruits salissants</p>
Caroubier <i>(Ceratonia siliqua)</i> 	<p>Arbre méditerranéen de la famille des Fabacées, résistant à la sécheresse, à feuillage persistant, apprécié pour ses fruits (caroubes) et son usage en aménagement paysager.</p> <p>-Hauteur : 8-15 m</p> <p>-Utilisation Paysagère : Haies méditerranéennes</p>	<p>- Floraison colorée longue durée</p>	<p>- Toxique</p>
Eucalyptus <i>(Globulus)</i>	<p>Arbre à croissance rapide de la famille des <i>Myrtacées</i>, résistant à la sécheresse, utilisé en reboisement et pour ses propriétés médicinales.</p> <p>-Hauteur : 20-40 m</p> <p>-Utilisation Paysagère :</p>	<p>-Croissance rapide - Résistance extrême à la sécheresse - Propriétés antiseptiques (feuilles)</p>	<p>- Racines invasives (détruit canalisations) - Feuilles toxiques pour le bétail</p>

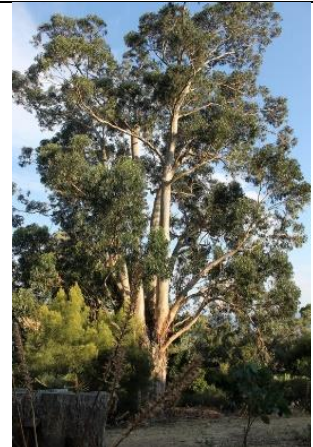


	<ul style="list-style-type: none"> - Brise-vent en périphérie agricole - Drainage des zones humides (oueds) - Plantations contrôlées (éviter près des habitations) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bois utile (construction, chauffage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque incendie (huiles essentielles inflammables)
---	---	--	--

Table IV. 1 Arbres d'alignement et d'ombrage (Direction des foret, 2023; INRF Algérie, 2023; Sayad et al., 2021).

• Principaux arbustes et haies présents à Guelma

Espèce	Présentation	Avantages	Problèmes
<p>Laurier-rose (<i>Nerium oleander</i>)</p> 	<p>De la famille des Apocynacées, cette espèce arbustive, typique du climat méditerranéen, se développe surtout sur la rive sud.</p> <p>Hauteur : entre 2 et 6 mètres.</p> <p>Utilisation Paysagère : idéale pour structurer les ronds-points et les séparations centrales des axes routiers, grâce à sa résistance et son aspect ornemental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Floraison colorée longue durée ; - Résistant à la sécheresse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toxique en ingestion ; - Sensible aux pucerons.
<p>Troène du Japon (<i>Ligustrum japonicum</i>)</p> 	<p>Ce troène japonais, à port compact et à écorce gris-beige, se présente sous forme d'arbuste ou de petit arbre atteignant jusqu'à 6 mètres.</p> <p>Hauteur recommandée : entre 3 et 5 mètres.</p> <p>Usages paysagers : particulièrement adapté aux haies taillées dans les</p>	<p>Haie dense et facile à tailler ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Résistant à la pollution. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baies toxiques pour les animaux ; - Croissance invasive.


	jardins privés, pour leur densité et leur esthétique.		
Lilas des Indes (Lagerstroemia indica) 	Arbre ornemental asiatique de la famille des Lythracées, apprécié pour sa floraison estivale colorée et son adaptation aux climats chauds. -Hauteur : 3-6 m -Utilisation Paysagère : Jardins publics, alignements	- Écorce décorative - Floraison spectaculaire	- Nécessite des tailles régulières - Sensible à l'oïdium

Table IV. 2 Principaux arbustes et haies présents à Guelma (Direction des forêts, 2023; INRF Algérie., 2023; Sayad et al., 2021).

Le Ficus nitida joue un rôle central dans le paysage urbain de Guelma grâce à sa longévité, son adaptation au climat semi-aride et sa capacité à fournir une ombre dense. Présent notamment le long du boulevard Souidani Boudjemaa, il contribue à améliorer le confort thermique, à structurer l'espace urbain et à renforcer la dimension sociale des lieux publics. Cet arbre, à la fois fonctionnel et symbolique, constitue un véritable patrimoine végétal à préserver et valoriser dans les politiques d'aménagement urbain.

Les concertations menées avec la Direction de la Conservation des Forêts et la Direction de l'Environnement de Guelma ont permis de recueillir plusieurs observations relatives à l'usage du Ficus dans le cadre urbain. Bien que cette espèce ait été largement plantée, les services concernés ont relevé des problèmes environnementaux et économiques déjà mentionnés précédemment : racines invasives, besoins fréquents en entretien, etc.

Par ailleurs, les responsables ont indiqué que bien que deux types de Ficus soient présents sur le territoire communal, leurs moyens techniques et financiers actuels ne leur permettent pas de différencier ou de gérer ces espèces de manière appropriée.

En réponse à ces limites, une nouvelle expérimentation a été lancée l'année dernière avec une autre espèce : le Troène du Japon (Ligustrum japonicum). Cette initiative a donné lieu à des résultats jugés satisfaisants par les techniciens.

- Avantages du Troène du Japon :
 - Environnementaux : taille modérée adaptée au contexte urbain, peu d'entretien requis, absence d'effets nocifs sur la santé des habitants, pas de perte continue de feuilles gênante.

– Économiques : entretien réduit (moins de taille, d'arrosage, de traitements), ce qui diminue les coûts à moyen et long terme.

– Paysagers : grâce à son port compact, sa forme harmonieuse et son feuillage persistant, il contribue à la qualité esthétique du paysage urbain tout au long de l'année.

- Inconvénients :

- Coût initial plus élevé que celui du Ficus.

- Croissance plus lente, bien que les agents aient mis en place une technique de culture préalable en pépinière permettant d'accélérer sa croissance avant transplantation sur site.

En somme, le Troène du Japon représente une alternative prometteuse, plus durable et mieux adaptée aux enjeux contemporains de l'aménagement urbain à Guelma.

4.6.4. La place de la végétation à Guelma

La végétation à Guelma joue un rôle crucial à plusieurs niveaux, tant pour l'environnement que pour la qualité de vie des habitants. Voici une vue d'ensemble de sa place :

4.6.4.1. Importance écologique et climatique

- **Atténuation de la chaleur** : Guelma, étant une ville du nord-est algérien, connaît des étés chauds. La végétation, en particulier les arbres et les forêts, contribue à **abaisser** les températures par l'ombrage et l'évapotranspiration.
- **Biodiversité** : Guelma abrite une biodiversité végétale significative. On y trouve des espèces endémiques et une variété de plantes communes dans ses parcs, jardins et forêts.
- **Gestion de l'eau et qualité atmosphérique** : la couverture végétale favorise l'infiltration des eaux pluviales, limite l'érosion des sols et contribue à l'épuration de l'air ambiant.

4.6.4.2. Espaces verts urbains et qualité de vie

- **Zones récréatives et de convivialité** : Guelma compte plusieurs espaces verts notables qui illustrent l'intégration réussie du végétal dans le tissu urbain :
 - Jardin public Mustapha-Seridi : S'étendant sur plus de 9 000 m², un lieu de détente prisé des habitants ;
 - Jardin archéologique de Calama : Alliant patrimoine historique et végétal, ce jardin offre un cadre unique où ruines antiques et plantations coexistent harmonieusement ;
 - Forêt urbaine Essanoubert : Boisement situé en bordure de la ville

Ces espaces témoignent de l'importance accordée par la municipalité à la création et à l'entretien des zones végétalisées, essentielles pour le bien-être des citoyens.

- **Amélioration du cadre de vie** : Ces espaces verts contribuent grandement à l'amélioration du cadre de vie dans les différentes agglomérations de la ville, offrant un environnement plus agréable et esthétique.
- **Fonction sociale** : Les forêts environnantes et les espaces verts sont perçues comme une échappatoire pour les familles face à la chaleur, soulignant leur rôle social important.

4.6.4.3. Défis et perspectives

- **Entretien et gestion** : L'entretien des espaces verts à Guelma est confronté à des difficultés liées au manque de moyens humains, matériels et à la dégradation causée par les incivilités. Certains jardins récemment réhabilités souffrent d'un manque d'arrosage et de suivi, compromettant leur durabilité.
- **Urbanisation et développement durable** : l'urbanisation rapide menace le patrimoine végétal de la ville. Intégrer la végétation dans une démarche de développement durable. L'Université de Guelma s'implique activement dans la recherche sur la biodiversité et les milieux naturels urbains.
- **Sensibilisation** : La préservation du couvert végétal nécessite des actions de sensibilisation, notamment face aux incendies et aux comportements destructeurs. Les services forestiers mettent l'accent sur la prévention et l'éducation environnementale.

En résumé, la végétation à Guelma est une composante essentielle de son patrimoine naturel et de son cadre de vie. Si son rôle est reconnu et valorisé, des efforts continus sont nécessaires pour sa protection, son entretien et son intégration harmonieuse dans le développement urbain durable de la ville.

• Considérations spécifiques pour Guelma

- **Disponibilité de l'eau** : Le choix des espèces est fortement influencé par la gestion de l'eau. Les plantes xérophiles (adaptées aux milieux secs) sont privilégiées.
- **Résistance aux maladies et ravageurs** : Les espèces robustes qui nécessitent moins d'entretien phytosanitaire sont souvent préférées par les municipalités.
- **Fonctionnalité** : Au-delà de l'esthétique, les plantes sont choisies pour leur capacité à fournir de l'ombre, à stabiliser les sols, à réduire la poussière et à améliorer la qualité de l'air.
- **Coût d'entretien** : Les espèces nécessitant moins de taille, d'arrosage ou de traitements sont économiquement plus viables pour l'aménagement à grande échelle.

4.7. Conclusion

L'étude de cas présentée dans ce chapitre, centrée sur la ville de Guelma, a contribué d'établir un cadre analytique rigoureux en vue d'examiner les interactions complexes entre le tissu urbain et les composantes végétales.

L'analyse, structurée autour de plusieurs dimensions complémentaires telles que contexte géographique et environnemental, cadre historique et patrimonial, dynamiques démographiques et socio-économiques ainsi que organisation urbanistique, a permis de dégager les spécificités structurelles et fonctionnelles de ce territoire. L'étude du contexte géographique et environnemental a permis de comprendre comment les caractéristiques naturelles du site influencent les dynamiques végétales.

L'analyse historique et patrimoniale a mis en évidence les héritages urbains et paysagers qui façonnent encore aujourd'hui la structure de la ville. Les données démographiques et socio-économiques ont éclairé les interactions entre populations, activités économiques et espaces verts.

En outre, l'analyse du contexte urbanistique a mis en évidence les modalités d'intégration du végétal dans l'espace urbain qui varie selon les logiques d'aménagement et les dynamiques de transformation du tissu urbain.

Dans cette perspective, une attention particulière a été portée à deux dimensions fondamentales : d'une part, la morphologie du tissu urbain, et d'autre part, la distribution et le rôle de la végétation, éléments constitutifs du paysage urbain et déterminants pour l'analyse des dynamiques paysagères.

Par ailleurs, la ville de Guelma se distingue par un relief contrasté, un patrimoine historique d'une grande richesse et une dynamique démographique polarisée autour de son noyau central. Son économie repose sur une structure diversifiée, combinant activités agricoles, exploitation forestière, thermalisme et industrie minière.

La végétation occupe ici un rôle transversal : elle structure les paysages urbains, soutient les activités économiques (agriculture, production de liège, tourisme vert) et reflète l'histoire du territoire à travers les forêts classées, les jardins anciens et les espaces verts publics. Elle

apparaît ainsi comme un indicateur à la fois écologique, historique et spatial, révélateur des modes d'occupation et de l'évolution du tissu urbain.

Par ailleurs, l'identification des types de végétation dominants dans le tissu urbain a permis de dégager des premières tendances sur le rôle qu'occupe le végétal au sein de la ville de Guelma, à la fois comme composante écologique, patrimoniale et sociale. Ces éléments confirment la pertinence de ce terrain d'étude pour interroger, de manière approfondie, les interactions entre processus d'urbanisation et dynamiques végétales.

Ce chapitre constitue un socle pour la suite de la recherche, qui s'appuiera successivement sur les analyses spatiales, les indicateurs paysagers et les résultats de l'enquête qualitative, afin de mieux cerner les logiques d'intégration ou de fragmentation du végétal dans le tissu urbain et d'en évaluer les impacts sur la qualité environnementale et paysagère de la ville.

Chapitre 5

**L'Apport de la Végétation dans
l'Analyse des Paysages Urbains
par les Métriques Paysagères –
Application à Guelma**

5.1. Introduction

Les transformations spatio-temporelles qui affectent les configurations et les structures du paysage permettent d'analyser l'impact de la végétation sur le tissu urbain dans le cadre de l'écologie du paysage urbain. Dans ce contexte, la méthodologie employée repose principalement sur l'analyse de données dérivées de la télédétection spatiale et sur l'utilisation d'algorithmes intégrés dans des systèmes d'information géographique (SIG) (Dechaicha, 2020).

Lors du Sommet de Rio de Janeiro sur le développement durable en 1992, la biodiversité a été un sujet central des discussions. L'objectif de cette rencontre était de créer un fonds mondial de conservation pour protéger les espèces. La biodiversité est essentielle pour la régulation des écosystèmes (O'CONNOR, M. I, 2024), elle contribue à l'équilibre des environnements urbains et touche à diverses dimensions culturelles, comme la valeur esthétique des paysages, les bénéfices sociaux des espaces naturels et la transmission des connaissances sur les organismes vivants (Bolund & Hunhammar, 1999). Cette prise de conscience croissante a récemment conduit à des initiatives de politique publique visant à encourager les corridors verts et les infrastructures écologiques pour soutenir la conservation de la biodiversité (Bennett, 1991).

Les éléments végétaux jouent un rôle fondamental dans l'aménagement du territoire. Ils servent d'espaces de transition écologique, facilitant la connectivité entre les habitats et les corridors écologiques. Ces zones de transition, également appelées espaces tampons, offrent des habitats favorables à la biodiversité tout en aidant à la préservation des écosystèmes.

Dans les milieux urbains, les éléments végétaux sont cruciaux pour le développement de continuités naturelles. Ces continuités, qui peuvent varier en densité, sont analysées à travers des disciplines comme la géographie et les sciences sociales.

Bien que la végétation urbaine soit étroitement liée à l'émergence des réseaux écologiques, sa complexité nécessite l'engagement d'une variété de disciplines et d'acteurs, en raison de son contexte social et de son cadre de planification à grande échelle (Arrif et al., 2011).

À cet égard, la télédétection spatiale et les systèmes d'information géographique (SIG) ont permis de mettre au point de nouvelles approches pour suivre et contrôler l'évolution rapide des tissus urbains. Dans le cadre de cette partie, le chapitre susmentionné aborde l'application

des métriques spatiales dans les paysages urbains comme une démarche pertinente pour l'étude des phénomènes terrestres (Armand, 2016 ; Donnay et al., 2003).

Dans le cadre de ce chapitre, deux objectifs ont été définis. Dans un premier temps, à cartographier la régression des habitats naturels à Guelma entre 1987 et 2019, et, Dans un second temps, à quantifier l'expansion urbaine à partir d'une analyse post-classification des évolutions spatiotemporelles. Cette analyse permettra de comprendre les répercussions de cette croissance sur la végétation (Dechaicha et Alkama, 2020).

Pour commencer, nous allons exposer la méthodologie des métriques paysagères que nous avons mise en œuvre. Nous l'appliquerons ensuite à la ville de Guelma.

5.2. Théorie de la métrique du paysage

5.2.1. Les métriques du paysage et leurs fondements

Les métriques paysagères représentent un ensemble d'indicateurs qui nous aident à quantifier, évaluer et analyser la structure ainsi que la dynamique des paysages (Herold et al., 2005). Elles ont vu le jour en réponse à notre besoin croissant de comprendre comment les éléments naturels et humains interagissent dans ces paysages, dans le but de favoriser une gestion durable des ressources. D'après Oszwald et ses collègues, pour évaluer les services écosystémiques, il est essentiel d'utiliser des indicateurs paysagers synthétiques (IPS).

Ces indicateurs doivent aller au-delà de la simple cartographie de l'occupation du sol pour capturer la complexité des mosaïques paysagères (Oszwald et al., 2011).

Dans le cadre des métriques paysagères, un ensemble de concepts clés se déploie, parmi lesquels la fragmentation, la connectivité et la diversité occupent une place prépondérante. La fragmentation, entendue comme la division des habitats, peut avoir des répercussions défavorables sur la biodiversité.

Une étude approfondie menée par (Zoungrana et al., 2023) met en exergue la dynamique agricole et son influence sur la connectivité des habitats naturels, soulignant comment cette dynamique peut contribuer à la fragmentation. Ainsi, saisir la notion de fragmentation est essentiel pour comprendre la dynamique des paysages, car elle affecte directement les déplacements des espèces, leur capacité à se reproduire et leurs interactions.

Dans l'ensemble, les concepts de fragmentation, de connectivité et de diversité offrent un cadre d'analyse vraiment utile pour évaluer les paysages. Face aux pressions environnementales actuelles, cet enjeu s'impose comme un pilier central de la gouvernance territoriale.

5.2.2. Moyens d'analyse de la structure spatiale

Le modèle paysager est un outil important pour étudier la composition et la configuration d'un paysage. Grâce à des méthodes quantitatives, elles permettent de mesurer avec précision les différentes composantes d'un paysage et leur organisation spatiale.

Ces analyses vont bien au-delà d'une simple description : elles offrent une compréhension approfondie des dynamiques écologiques et des effets des activités humaines sur notre environnement.

5.2.2.1. Composition du paysage

La composition d'un paysage fait référence à la nature et à la proportion des divers éléments qui le forment. Il est important de noter que les métriques de composition peuvent s'appliquer à une variété d'habitats naturels, qu'ils soient naturels ou modifiés par l'homme, constituent des éléments d'étude pertinents dans le cadre de cette recherche.

Ces métriques fournissent des outils essentiels pour évaluer la répartition du couvert végétal, la proportion de surfaces imperméables et la diversité des structures paysagères.

Cette analyse s'avère fondamentale pour appréhender les mécanismes par lesquels l'hétérogénéité du paysage influe sur la biodiversité locale. Selon Turner et Gardner (2015), la richesse spécifique des espèces est étroitement liée à la diversité des écosystèmes, qui offre une variété de ressources (Turner & Gardner, 2015).

5.2.2.2. Configuration spatiale

La configuration d'un paysage peut être définie comme l'agencement spatial de ses composantes, prenant en considération leurs formes, leurs dimensions, leur répartition et leurs interactions. Deux paramètres clés doivent être pris en compte dans le cadre de cette analyse : la connectivité et la fragmentation.

La connectivité est définie comme le degré d'interconnexion entre les habitats. Elle constitue un facteur essentiel pour les déplacements des espèces et la circulation des flux écologiques, tels que l'eau et les nutriments.

En revanche, La fragmentation est un concept écologique qui désigne la rupture des habitats naturels due aux activités anthropiques, c'est-à-dire liées à l'homme. Ces activités, telles que l'urbanisation, la déforestation et la construction d'infrastructures, conduisent à la fragmentation du territoire et à l'isolement des populations animales (Fahrig, 2003).

5.2.3. Valeur des métriques du paysage

5.2.3.1. *Écologie du Paysage*

Les métriques paysagères sont un outil clé pour analyser comment la structure des paysages interagit avec les processus écologiques. En examinant la composition et la configuration des paysages, les écologistes peuvent mieux comprendre l'impact de ces structures sur la biodiversité, les flux de matière et d'énergie, ainsi que sur la dynamique des écosystèmes (Forman, 1995).

5.2.3.2. *Planification et Gestion du Territoire*

Elles fournissent des informations indispensables pour évaluer comment les activités humaines affectent les paysages, ce qui aide à prendre des décisions éclairées en matière d'aménagement et de conservation.

Par exemple, grâce à ces métriques, les planificateurs peuvent repérer des zones sensibles qui nécessitent une protection ou des corridors écologiques à préserver pour maintenir la connectivité entre les habitats (Lausch & Herzog, 2002).

5.2.3.3. *Modélisation et Prédiction*

En fin de compte, les métriques paysagères sont essentielles pour modéliser et prédire les changements futurs des paysages. Des outils comme les systèmes d'information géographique (SIG) et les modèles de dynamique des paysages permettent d'analyser les tendances actuelles et de simuler les impacts potentiels des projets d'aménagement ou des changements d'utilisation des terres.

Ces prévisions sont cruciales pour anticiper les effets environnementaux et orienter les stratégies de conservation et de gestion durable des ressources.

5.2.4. Les métriques paysagères appliquées aux environnements urbains et périurbains

L'utilisation des métriques spatiales pour l'étude des paysages naturels a véritablement ouvert la voie à leur application dans l'analyse des transformations des paysages urbains et périurbains. Ces outils de mesure suscitent un intérêt croissant (Aguejdad & Hubert-Moy, 2016 ; Sun et al., 2013).

Dans le cadre des dynamiques spatiales qui influencent nos villes, et plus particulièrement face à la croissance urbaine rapide qui se fait souvent au détriment des espaces naturels et agricoles, les indicateurs paysagers se révèlent être des outils précieux pour comprendre et évaluer ces changements.

Dans ce contexte, la végétation joue un rôle clé en aidant à réguler l'écologie des territoires urbains et périurbains. Les métriques spatiales permettent d'examiner ces transformations en adoptant une approche spatiotemporelle qui met en lumière les changements du couvert végétal et leur impact sur l'environnement.

L'écologie du paysage, en s'appuyant sur ces outils, facilite le suivi de l'évolution urbaine, l'identification des modifications écologiques qu'elle entraîne et l'évaluation de ses conséquences sur la résilience environnementale des territoires.

Les approches interscalaires permettent d'évaluer l'impact de l'élément végétal sur la fabrique de tissu urbain à différentes échelles, allant du niveau des quartiers (micro) à celui de l'ensemble de la région (macro). L'intégration du végétal dans cette analyse est essentielle, car la régression des espaces verts et des surfaces naturelles sous l'effet de l'étalement urbain influence directement la qualité environnementale et la biodiversité (Aguejdad, 2009).

5.2.5. Les indices paysagers

Dans le contexte contemporain marqué par une montée des préoccupations écologiques, l'emploi des métriques paysagères en milieu urbain connaît une progression significative. Cette tendance s'inscrit principalement dans une démarche d'analyse et de valorisation de la végétation au sein et aux abords des zones urbaines.

Ces métriques permettent l'identification et la caractérisation des structures végétales à diverses échelles, qu'il s'agisse d'espaces verts intra-urbains ou de continuités écologiques à l'échelle régionale. En outre, ces métriques contribuent à une meilleure compréhension des

dynamiques d'évolution du couvert végétal face aux transformations urbaines (Zipperer et al., 2000 ; Alberti et Waddell, 2000 ; Sun et al., 2015 ; Hassan, 2017).

Les systèmes d'information géographique (SIG) et l'imagerie satellitaire, lorsqu'ils sont associés à l'analyse métrique spatiale, offrent la possibilité d'obtenir des informations détaillées sur la répartition et la fragmentation du couvert végétal.

Selon Herold et al. (2005), l'articulation de ces deux outils contribue à affiner l'analyse spatiale et à enrichir la représentation cartographique. Elle constitue également un levier pertinent pour soutenir les démarches de planification et de gestion durable des paysages urbains.

Dans le contexte de cette étude, un ensemble d'indicateurs a été développé, testé et adapté à différents contextes à partir des travaux de (O'Neill et al., 1988 ; McGarigal et Marks, 1994 ; Hargis et al., 1998). Cependant, il convient de noter que la complexité des paysages analysés peut conduire à des corrélations entre ces indicateurs.

En effet, la formulation de ces indicateurs repose sur des mesures quantitatives simples des taches, incluant le type de tache, ses propriétés géométriques telles que le périmètre et la surface, ainsi que son contexte environnant. Ces mesures fondamentales servent de base à la construction de métriques paysagères.

5.2.6. Typologie des indices

Dans le cadre de l'étude du paysage, plusieurs méthodologies d'évaluation ont été élaborées. En fonction de leurs protocoles de mise en œuvre, ces méthodologies se classent en trois grandes catégories : les indices de forme, les indices de composition et les indices de configuration (Neel et al., 2004 ; O'Neill et al., 1988).

5.2.6.1. Les indices de composition

Ces éléments permettront de caractériser la mosaïque paysagère à travers le nombre, la densité et la taille des taches, ainsi que la diversité et la répartition des classes d'occupation du sol. (Dechaicha, 2020).

5.2.6.2. Les indices de forme

Ces indicateurs sont des outils d'analyse qui permettent de décrire la morphologie du paysage, c'est-à-dire ses formes et ses structures. Dans le cas de Guelma, ces indicateurs tels

que l'indice de compacité, le ratio périmètre/surface et la dimension fractale permettent d'évaluer la complexité morphologique des taches paysagères. Cette analyse est essentielle pour comprendre les dynamiques écologiques locales et orienter les stratégies d'aménagement en lien avec la structure spatiale de l'environnement. (Dechaicha, 2020).

5.2.6.3. Les indices de configuration

Les indices de configuration sont des outils méthodologiques qui permettent d'analyser l'organisation spatiale des paysages. Ils servent à évaluer des variables telles que la fragmentation, la compacité et l'agencement des éléments qui composent ces paysages. En outre, ces indices mesurent des paramètres clés tels que la connectivité, l'isolement et la dispersion des taches. Parmi les indices étudiés,

Ces indices se classent en deux catégories : ceux basés sur la texture, fondés sur les caractéristiques géométriques des taches, et ceux mesurant l'espacement entre taches, reposant sur l'analyse des relations spatiales entre pixels. (Aguejda et Hubert-Moy, 2016 ; Gustafson, 1998).

5.2.7. Métriques appliquées

Les recherches en géographie et en urbanisme s'accordent pour dire que l'analyse de la configuration spatiale d'un paysage urbain peut être effectuée à l'aide de plusieurs indicateurs. Parmi ceux-ci, on peut citer le nombre de fragments constitutifs du paysage, la taille moyenne de ces éléments, ainsi que leurs formes et leurs agrégations (ou fragmentations).

Dans le cadre de cette étude, l'accent est mis sur les transformations urbaines en relation avec la dynamique des palmeraies. À cette fin, l'analyse s'appuie sur deux catégories principales : le bâti et la végétation urbaine.

Dans le cadre de cette étude, l'accent est mis sur les transformations urbaines en relation avec la dynamique des palmeraies. À cette fin, l'analyse s'appuie sur deux catégories principales : le bâti et la végétation urbaine.

Ensuite, à partir des trois cartes thématiques produites par la classification et en considérant l'échelle d'étude pertinente pour la tâche urbaine, six indices spatiaux ont été sélectionnés pour initier l'analyse. La description de ces indices selon les critères de Aguejda et Hubert-Moy (2016) ; McGarigal et al., (2012) et Skupinski et al., (2009).

5.2.7.1. *Le nombre de fragments NP (Number of Patch)*

Cet indice fournit une estimation du nombre d'entités qui composent le paysage, ou ce que l'on nomme la « mosaïque ». Le suivi de cet indice permet d'observer d'éventuelles variations dans la composition du paysage au fil du temps. En effet, il est possible d'analyser si certains fragments apparaissent ou disparaissent au cours d'une période donnée. (Dechaicha, 2020).

5.2.7.2. *La portion occupée dans le paysage (PLAND)*

La portion occupée dans le paysage (PLAND) est un indicateur essentiel qui mesure la part d'un type de patch spécifique dans un paysage donné (McGarigal et al., 2012). En d'autres termes, il indique en pourcentage la surface totale que ce type de patch occupe, ce qui permet d'évaluer à quel point il est dominant ou rare.

Cet indicateur est crucial en écologie du paysage, car il aide à analyser l'abondance relative des habitats et leur impact sur la biodiversité.

Il est également fondamental en conservation, car il permet d'identifier les habitats prioritaires et d'évaluer les effets de leur fragmentation. En matière de planification territoriale, le PLAND est utilisé pour suivre les changements d'occupation du sol et orienter l'aménagement urbain.

Enfin, dans la gestion des ressources naturelles, il joue un rôle clé en mesurant l'impact des activités agricoles et forestières sur la structure du paysage (Turner, 1989).

5.2.7.3. *L'indice du plus large fragment LPI (Largest Patch Index)*

Le Largest Patch Index (LPI) évalue la part du paysage qui est occupée par le plus grand fragment d'un type de patch particulier. Un LPI élevé signifie qu'un fragment prédominant façonne le paysage, tandis qu'un LPI faible indique une fragmentation importante.

Cet indice est crucial en écologie du paysage pour examiner la dominance des habitats et en conservation pour repérer les grands fragments à protéger. En matière de planification territoriale, il aide à mesurer l'impact de l'urbanisation sur la taille des espaces naturels (Aguejdad & Hubert-Moy, 2016).

5.2.7.4. *La taille moyenne des fragments AREA_MN*

L'indice AREA_MN est un indicateur qui évalue la taille moyenne des fragments d'un type de patch dans un paysage. Un AREA_MN élevé signifie qu'il y a moins de fragmentation, tandis qu'un AREA_MN faible indique une fragmentation plus marquée. Cet indice joue un rôle essentiel en écologie du paysage, car il permet d'évaluer comment la fragmentation affecte la biodiversité.

Il est également important en conservation pour repérer les habitats les plus viables, et en planification territoriale pour examiner les impacts de l'urbanisation sur la structure des paysages (Dechaicha et Alkama, 2020).

5.2.7.5. *L'indice de forme du paysage LSI (Landscape Shape Index)*

L'indice de forme du paysage (LSI) est un outil qui mesure la complexité des fragments d'habitat en comparant leur périmètre total à une forme standard, généralement un carré. Un LSI élevé signifie que les formes sont irrégulières et complexes, tandis qu'un LSI faible indique des formes plus simples et compactes.

En matière de sauvegarde, il aide à repérer les habitats aux contours complexes, qui sont souvent plus bénéfiques pour certaines espèces. Enfin, dans le cadre de la planification territoriale (Long et al., 2016).

5.2.7.6. *L'indice d'agrégation (AI)*

L'indice d'agrégation (AI) est un outil qui évalue à quel point les fragments d'un même type d'habitat sont regroupés dans un paysage. Un AI élevé signifie que ces fragments sont bien concentrés en blocs compacts, tandis qu'un AI faible indique qu'ils sont plus dispersés. Cet indice joue un rôle essentiel en écologie du paysage, car il permet d'analyser la structure spatiale des habitats et leur influence sur la biodiversité.

En matière de conservation, il aide à repérer les habitats agrégés qui sont bénéfiques pour certaines espèces. Dans le cadre de la planification territoriale, il est utile pour suivre les changements dans l'utilisation des sols et pour évaluer comment les infrastructures peuvent affecter la cohésion des paysages (McGarigal et al., 2012).

Chapitre 5. L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

Métrique	Formule	Intervalle	Interprétation
NP (unités)	$NP = n_i$ <p>n_i : nombre de fragments composant la classe i</p>	$NP \geq 1$	<p>NP représente un indice de composition qui reflète l'abondance ou la fréquence d'un composant spécifique au sein d'un paysage donné</p> <p>$NP \geq 0$</p>
PLAND (%)	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$ <p>P_i : la proportion occupée dans le paysage par la classe i a_{ij} : l'aire (m²) des fragments ij A : la surface totale (m²)</p>	$0 \leq PLAND \leq 100$	<p>Le calcul de PLAND offre la possibilité de déterminer la composition de la mosaïque paysagère. Afin de mettre en exergue l'impact du changement spatiotemporel de l'occupation du sol, il est nécessaire de procéder à un suivi diachronique de cet indice.</p>
LPI (%)	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$ <p>a_{ij} : aire d'un fragment ij (m²) A : aire totale du paysage (m²)</p>	$0 \leq LPI \leq 100$	<p>L'indice de LPI (Landscape Patch Index) atteint un seuil proche de 0 lorsque la plus grande entité paysagère est extrêmement réduite par rapport à l'ensemble. L'indice s'établit à 100 lorsque le paysage est constitué d'un seul fragment et que ce dernier occupe la totalité de l'espace étudié.</p>
AREA_MN (ha)	$AREA_MN = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$ <p>x_{ij} : surface totale des fragments constituant la même classe i n_i : nombre de taches composant la classe i</p>	$AREA_MN > 0$	<p>L'indice de fragmentation du paysage, tel que mesuré par le nombre de fragments NP, fournit une première estimation de l'évolution de la fragmentation. L'indice AREA_MN, qui est un indicateur de la fragmentation du paysage, montre une tendance à la baisse, indiquant que le paysage devient plus fragmenté.</p>

LSI (%)	$LSI = \frac{0.25 \sum_{k=1}^m e_{ik}^*}{\sqrt{A}}$ <p> <i>a_{ij}</i> : longueur totale de bordures entre fragments de classe <i>i</i> et <i>k</i> (m) <i>A</i> : aire totale du paysage (m²) </p>	LSI ≥ 1, sans limites	<p>Dans le cadre de cette étude, LSI s'établit à 1 lorsque le paysage est constitué d'un seul fragment de forme carrée. Il est observé que LSI augmente en présence d'irrégularités accrues dans les fragments ou d'une augmentation significative des bordures.</p>
AI (%)	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max_j g_{ij}} \right] (100)$ <p> <i>g_{ij}</i> : nombre de d'arêtes adjacentes des fragments de la classe <i>i</i> <i>max_j g_{ij}</i> : nombre maximum d'arêtes adjacentes des fragments de la classe <i>i</i> </p>	0 ≤ AI ≤ 100	<p>Dans le cadre de cette analyse, il est important de noter que lorsque l'AI est égal à 0, cela indique que les fragments ne sont pas connectés et que la classe ciblée est extrêmement fragmentée. En revanche, lorsque l'AI tend vers l'augmentation, cela signifie que la classe tend à la compacité. Enfin, lorsque l'AI atteint 100, la classe concernée est constituée d'un seul fragment intégralement compact.</p>

Table V. 1 Présentation et identification des mesures de paysage adoptées. D'après (Dechaicha et Alkama, 2020; Aguejdad et Hubert-Moy, 2016 ; McGarigal et al., 2012 ; Skupinski et al., 2009).

5.3. Méthodologie de l'étude

La méthodologie présentée dans le diagramme de la figure V.1 correspond aux finalités attribuées à ce travail.

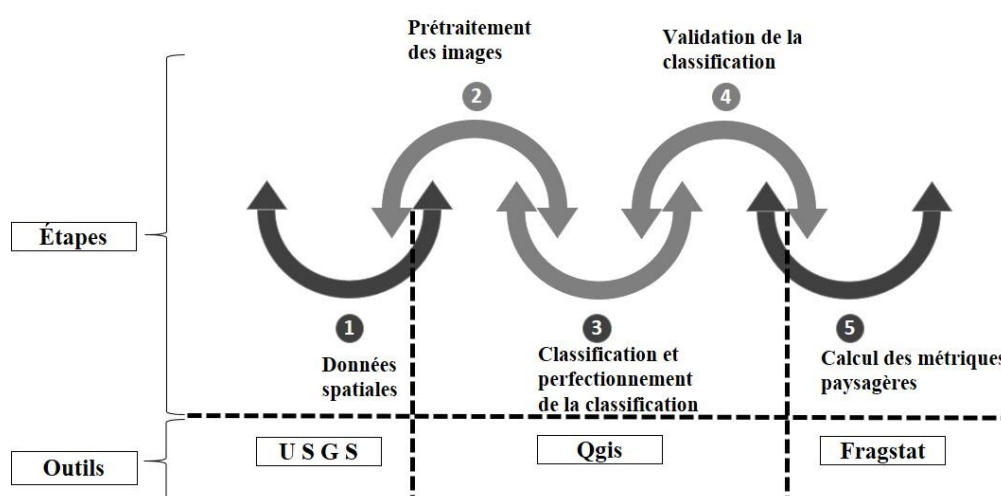


Figure V. 1 Diagramme des étapes à suivre (Auteur, 2024).

Cet organigramme montre les étapes depuis la collecte de données jusqu'à l'atteinte de l'objectif (Bechaa et al., 2024 ; Ban et Yousif, 2016 ; Dechaicha et Alkama, 2020 ; Dengsheng Lu et Weng, 2007 ; Nath et al., 2014).

5.3.1. Données et matériel

5.3.1.1. *Données spatiales*

Avant d'aborder l'analyse de la valeur et des transformations paysagères, il est nécessaire de mesurer leur composition à travers une approche cartographique. (McGarigal and Marks 1994).

Dans le cadre de ce travail, les images satellites des capteurs TM et ETM+ ont été utilisées pour établir des cartes d'occupation du sol et détecter les transformations survenues.

En effet, avant d'être mises à disposition par l'USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>), les images sélectionnées pour ce travail ont été géométriquement autocertifiées et géodiffusées selon le système de référence géographique WGS 84, Nord 31. La zone d'étude est établie au moyen de clips contenant le périmètre de la ville actuelle.

Au cours de cette étude, un processus dynamique de détection des transformations à partir de multiples données spatio-temporelles d'images Landsat entre 1987 et 2019 . Par conséquent, les plans auxiliaires sont utilisés comme supports de référence.

On a donc utilisé trois photos aériennes de 1986, 2001 et 2014 de INCT (National Institute of Cartography and Remote Sensing) , et trois images "Geotif" en couleurs naturelles de l'USGS (United States Geological Survey), correspondant à 1987, 2003 et 2019 successivement.

Trois mois ont été sélectionnés (Mars, Avril, et Mai) pour explorer la façon dont la végétation consomme durant la saison du Printemps, depuis 1987 à 2019. Afin de rendre les conditions climatiques et physiologiques plus homogènes. Le tableau suivant présente les propriétés des images obtenues (Tableau V.2).

Chapitre 5. L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

Image	Capteur	Date	Bandes	Nébulosité	Rés. spatiale (m)
Image 01	Landsat 4-5TM	28-03-1987	1-2-3-4-5-7	0.00	30
Image 02	Landsat 7 ETM+	19-05-2003	1-2-3-4-5-7	0.00	30
Image 03	Landsat 8 OLI TIRS	07-05-2019	1-2-3-4-5-6-7	0.02	30

Table V. 2 Propriétés des images Landsat adoptées (Auteur, 2024).

Les techniques de préparation des images ont été exécutées à l'aide du logiciel libre Qgis (Congedo, 2016; Leroux et al., 2018), notamment pour extraire, améliorer la cohérence géométrique ou le géoréférentiel, corriger les variations atmosphériques, rectifier la topographie, et superposer les couches.

La mise en place de la zone concernée par l'étude se fait par le moyen de clips contenant le périmètre de la ville actuelle. En outre, les métriques relatives à l'espace sont mesurées à l'aide du logiciel FRAGSTAT.

5.3.1.2. Prétraitement des images

Une série de prétraitements a été effectuée sur chaque image ce qui permet de comparer les données obtenues au moyen de différents capteurs, à des dates et dans des contextes différents.

Avant leur diffusion par l'USGS, les images retenues (L1TP level collection) sont géométriquement autorectifiées et géocodées en fonction du système de référencement géographique WGS 84 Zone 32 Nord.

La première étape a consisté à découper ces images par l'intermédiaire d'une fenêtre de coupe comprenant le périmètre de la commune de Guelma. La résolution spatiale est ensuite améliorée par une correction TOA (Top Of Atmospheric), puis par la soustraction des éléments non affectés à l'aide du modèle DOS1 (Dark Object Subtraction). Après cela, un processus de rehaussement est effectué sur les images afin de mieux les interpréter visuellement et d'en élever la qualité.

5.3.1.3. Classification et perfectionnement de la classification

La méthodologie adoptée repose sur une classification supervisée des données satellitaires, une approche reconnue pour son efficacité dans l'extraction de l'information spatiale. Cette

Chapitre 5. L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

méthode consiste à attribuer chaque pixel à une catégorie spécifique en fonction de l'occupation du sol.

Dans cette étude, la classification supervisée a été mise en œuvre selon les travaux de (Girard et Girard, 2010 ; D Lu et Weng, 2007). De plus, la nomenclature de la FAO (2016) a été utilisée pour définir cinq classes d'occupation des sols. La description détaillée de ces classes est présentée dans le tableau ci-après (Tableau V.3) :

- 1- Bâti (aires construites et aménagées) 2- Végétation+ terre agricole cultivée
- 3- Sols à usage agricole 4- Sols nus (Sols non construits et non cultivés)
- 5- Forêt.

N° classe	Labelle	Présentation du labelle
1	Bâti	Aires construites et aménagées.
2	Végétation+ terre agricole cultivée	La végétation et les terres agricoles cultivées englobent l'ensemble des surfaces couvertes par des formations végétales naturelles ou anthropiques, incluant les prairies, maraichages et les cultures agricoles.
3	Sols à usage agricole	Les sols à usage agricole, destinés à la production végétale ou animale, sont restés inoccupés et sans couverture végétale durant les années d'étude, sans pour autant être considérés comme des sols nus.
4	Sols nus	Les sols non bâtis et non cultivés se distinguent par leur diversité, pouvant être sablonneux, rocheux ou limoneux, notamment dans les lits d'oued.
5	Forêt	Une forêt est un écosystème terrestre dominé par des arbres et caractérisé par une forte densité de végétation.

Table V. 3 Définition et caractérisation des classes sélectionnées (Auteur, 2024).

Les zones d'entraînement, utilisées comme zones de test, ont été échantillonnées par photo-interprétation d'images dans des compositions colorées. Cette démarche a été conduite en corrélation avec les cartes de référence, conformément aux méthodologies établies par

(Hugerot et al., 2017 ; Lillesand et al., 2014 ; Munafò et Congedo ,2017 ; Tailor et al., 1986). L'algorithme « Region Growing » a été utilisé pour générer des polygones représentatifs des différentes classes. Cette technique permet de délimiter des régions homogènes en regroupant, à partir d'un pixel initial, les pixels adjacents présentant des valeurs spectrales similaires (Congedo, 2016 ; Rajendran et Mani, 2015).

L'analyse des signatures spectrales a mis en évidence certains chevauchements, notamment entre le sol nu et les Sols à usage agricole. Afin de corriger cette anomalie, un affinement des classes a été réalisé en multipliant les sous-classes dans les zones de confusion. Cette approche a été complétée par un seuillage automatique, permettant d'améliorer la séparabilité spectrale des différentes classes (Congedo, 2016 ; Sezgin & Sankur, 2004).

Dans le cadre du processus de classification, l'algorithme du « Maximum de vraisemblance » est utilisé pour attribuer chaque pixel à la classe la plus probable, conformément aux travaux de (Mather et Tso, 2016 ; Nath et al. 2014 ; Phiri et Morgenroth ,2017). Une phase d'optimisation est ensuite appliquée pour améliorer le post-traitement des cartes résultant de la classification en trois étapes :

- **Clarification** : Cette étape inclut la correction des ambiguïtés liées à la classification ainsi que la suppression des pixels isolés à l'aide d'un filtre spatial de 3x3 pixels, afin d'améliorer la qualité des résultats. (Dengsheng Lu et Weng, 2007).
- **Fluidité** : Cette opération a consisté en la fusion des sous-classes « Végétation » et « Terre agricole cultivée » pour aboutir à la création d'une classe unique.
- **Cohérence terminologique** : La distinction entre la végétation et les forêts a été effectuée afin d'assurer une meilleure cohérence en termes de hauteur et de densité du couvert végétal. Cette différenciation permet une classification plus précise des formations végétales en fonction de leurs caractéristiques structurelles et écologiques.

5.3.1.4. *Validation de la classification*

L'évaluation de la classification constitue une étape fondamentale dans le cadre de toute analyse thématique. Elle permet d'évaluer la précision des cartes obtenues (Congalton et Green, 2008) par le biais d'une comparaison entre les données classifiées et la réalité. Cette validation s'appuie sur un échantillon sélectionné.

La méthode adoptée repose sur l'élaboration d'une matrice dans laquelle les colonnes correspondent aux données issues de la classification, tandis que les lignes représentent les

données de référence. L'objectif principal est d'évaluer la précision de la classification en calculant le pourcentage de pixels correctement classés, tant à l'échelle globale (précision globale) qu'à celle de chaque classe spécifique.

Les matrices de confusion et le coefficient de Kappa de Cohen (K) ont été utilisés pour mesurer la qualité des cartes élaborées par la classification. Lorsque la variable Khat a une valeur supérieure ou égale à 0,8, cette classification a une signification statistique très forte (Congalton et Green, 2008 ; Landis et Koch, 1977).

Pour en évaluer la précision, 250 points de vérification ont été établis et diffusés sur toute la zone d'étude de façon aléatoire. La matrice de confusion est obtenue à l'issue d'un calcul matriciel de comparaison effectué au sein d'un système d'information géographique (SIG).

5.3.1.5. *Calcul des métriques paysagères*

Le changement spatiotemporel de la ville de Guelma est généralement évalué sur la base de cartes d'occupation des sols. Dans ce but, les classifications précédentes ont été adoptées pour mesurer les métriques paysagères en fonction du niveau des classes.

Pour limiter la génération de données redondantes, cette étude s'est appuyée sur une sélection pertinente de métriques, portant à la fois sur les classes et sur le paysage, choisies après un examen approfondi des recherches scientifiques (Wang et al. 2011 ; Wu et Lin 2007 ; Herold et al. 2005), ainsi que sur l'expertise d'acteurs spécialisés, la pertinence des mesures par rapport aux objectifs de l'étude, et le souci de cohérence conceptuelle entre les indicateurs retenus. Le Tableau V.2 décrit les métriques utilisées dans la recherche, ainsi que la formulation et de ses unités. Dans cette étude, le logiciel FRAGSTATS a été utilisé pour calculer les mesures du paysage.

La démarche suivie s'organise en plusieurs étapes : elle débute par la présentation et l'analyse des indicateurs de surface, se poursuit avec l'étude de l'évolution des indicateurs de distance, puis s'achève par l'examen des indices synthétiques de configuration. Enfin, une lecture globale sera réalisée afin de mettre en évidence les tendances générales qui caractérisent l'évolution des paysages urbains de notre corpus d'étude.

5.4. Résultats et interprétations

5.4.1. Validation of classification

La classification des images produite trois cartes thématiques, qui sont illustrées aux figures V. 2 ; V. 3 et V. 4. Elles correspondent successivement aux années 1987, 2003 et 2019. Le tableau V.4 ci-dessous présente les résultats de l'évaluation de la classification (Voir Annexe 02).

Type d'évaluation	1987	2003	2019
Précision globale (%)	93.73%	95.45%	94.30%
Précision Classe « Tissu bâti » (%)	98.40%	94.21%	97.42%
Précision Classe « Végétation+ terre agricole cultivée » (%)	91.48%	93.36%	94.86%
Précision Classe « Forêt » (%)	100%	100%	87.54%
Khappa index (K_{hat})	0.87	0.90	0.93

Table V. 4 Précision de la classification des trois images 1987, 2003, 2019 (Teqwa B et al., 2024).

La précision des matrices de confusion obtenues pour ces trois cartes est relativement satisfaisante, notamment pour les zones urbanisées, les forêts et les "friches et végétation", tant en termes de précision globale que de précision par classe. Par conséquent, l'indice de Kappa (K_{hat}) atteint un niveau de précision acceptable avec des valeurs de 0,87, 0,90 et 0,93. Une synthèse de cette appréciation est présentée dans le Tableau V.4.

Dans le cadre de ce processus d'évaluation de la précision des images, l'objectif principal est de fournir des indications sur la confiance que les utilisateurs peuvent accorder aux cartes et sur la manière dont les planificateurs et les gestionnaires les utilisent dans leur processus décisionnel.

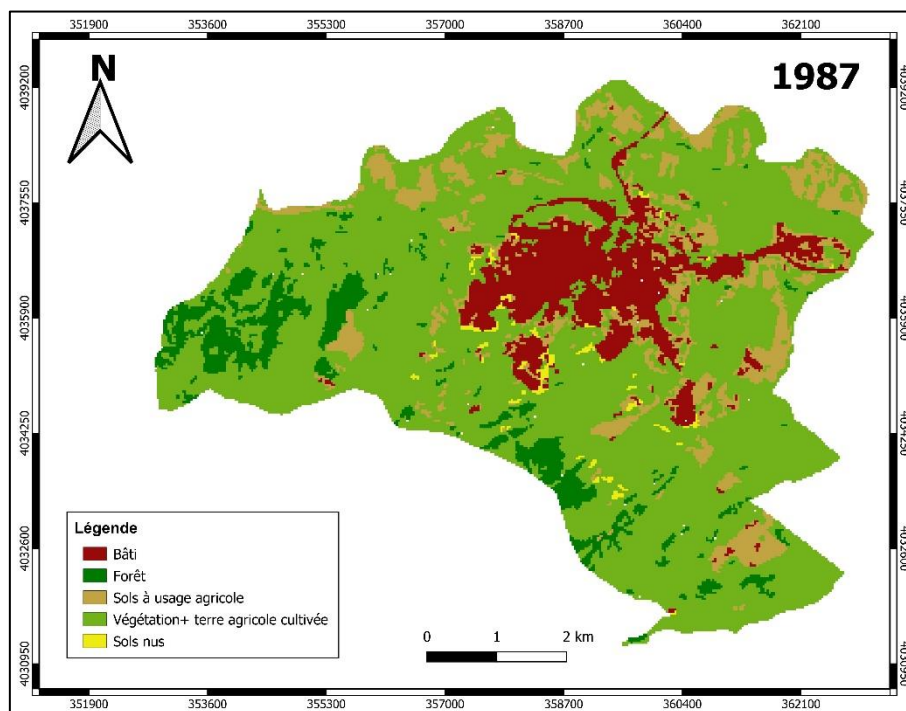


Figure V. 2 Distribution chronologique des classes d'utilisation des sols en 1987 (Auteur, 2024).

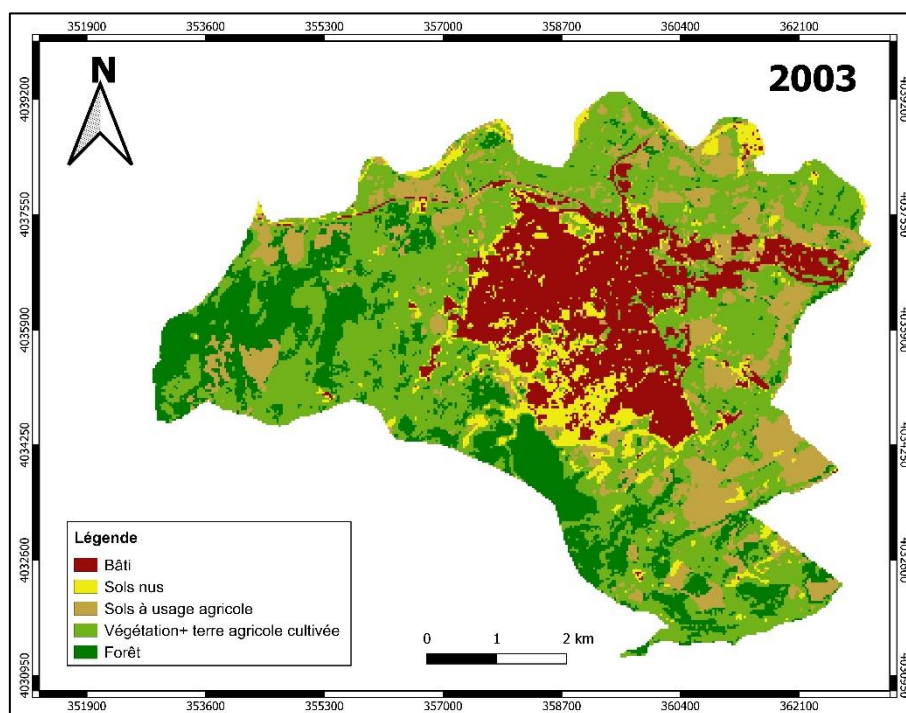


Figure V. 3 Distribution chronologique des classes d'utilisation des sols en 2003 (Auteur, 2024).

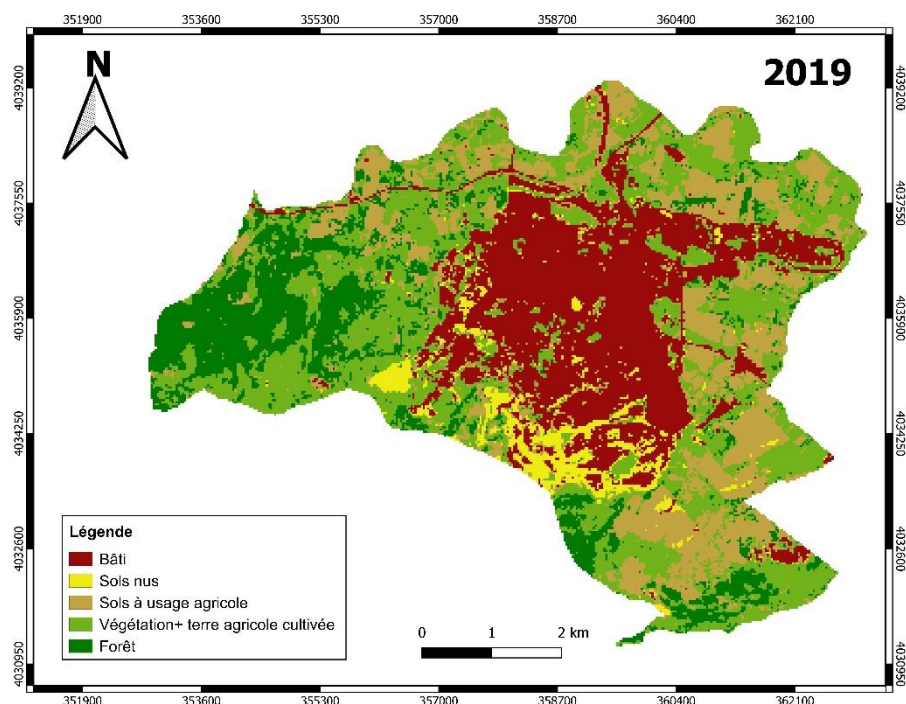


Figure V. 4 Distribution chronologique des classes d'utilisation des sols en 2019 (Auteur, 2024).

5.4.2. Visualisations cartographiques des changements spatio-temporels : La dynamique du couvert végétal entre 1987 et 2019.

La classification supervisée a produit trois cartes thématiques, présentées dans les figures suivantes (Figures V.2, V.3 et V.4), afin d'évaluer la consommation du végétal aux trois dates à l'échelle de la ville.

D'un point de vue diachronique, ces cartes révèlent une nette prolifération des zones bâties au cours de la période étudiée, contre un déclin significatif de la végétation au cours des 32 années dernières. En Algérie, Guelma est considérée comme l'une des villes ayant les fonctions urbaines les plus importantes. Celles-ci exercent une influence sur les communes adjacentes et même sur le reste des communes de la province.

Conformément à ce qui est précisé dans le (PDAU 2013). Une classification supervisée de l'image de base de cette étude a été réalisée pour confirmer cette première analyse. Les figures V.2, V.3 et V.4 illustrent les diverses unités d'utilisation du sol dans la ville de Guelma.

Le phénomène de croissance spatiale de la ville de Guelma a été marqué par deux courants tout au long de la première période. D'une part, les extensions continues vers le sud et le nord-est, à travers les terres agricoles cultivées et la végétation, ont été le résultat d'un processus de fragmentation, qui s'est intensifié au cours de la deuxième période (2003 -2019).

Chapitre 5. L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

Et d'autre part, une forte augmentation de la couverture forestière suivant deux directions : du nord-ouest au sud.

De 2003 à 2019, cette deuxième période est également marquée par une forte croissance spatiale de l'étalement urbain. La fragmentation des terres agricoles cultivées et de la végétation s'est poursuivie, avec un empiètement sur ces zones, en particulier au sud où les extensions urbaines ont atteint la couverture forestière. Cette dernière est également grignotée dans sa partie sud par l'étalement urbain, mais parallèlement elle se densifie dans sa partie nord-ouest.

Les superficies des différentes couvertures terrestres et leurs changements ont été calculés pour mieux expliquer l'urbanisation au cours de la période étudiée dans la classification de la ville de Guelma, et sont présentés dans le Tableau V.5 et la Figure V. 5.

Classe d'occupation du sol	Surface	1987	2003	2019	1987-2003	2003-2019
Tissu Bâti	Area (ha)	662.72	819.68	1319.72	156.96	500.04
	Area (%)	7.6	9.4	15.2	1.8	5.8
Sols nus	Area (ha)	65.25	555.57	307.05	490.32	-248.52
	Area (%)	0.8	6.4	3.5	5.6	-2.9
Sols à usage agricole	Area (ha)	1312.79	1511.39	2043.74	198.60	532.35
	Area (%)	15.1	17.4	23.5	2.3	6.1
Végétation+ terre agricole cultivée	Area (ha)	5729.65	3524.17	3635.72	-2205.48	111.55
	Area (%)	65.8	40.5	41.8	-25.3	1.3
Forêt	Area (ha)	931.59	2291.53	1395.04	1359.94	-896.49
	Area (%)	10.7	26.3	16	15.6	-10.3

Table V. 5 Répartition des classes d'occupation des sols par superficie et par pourcentage (Auteur, 2024).

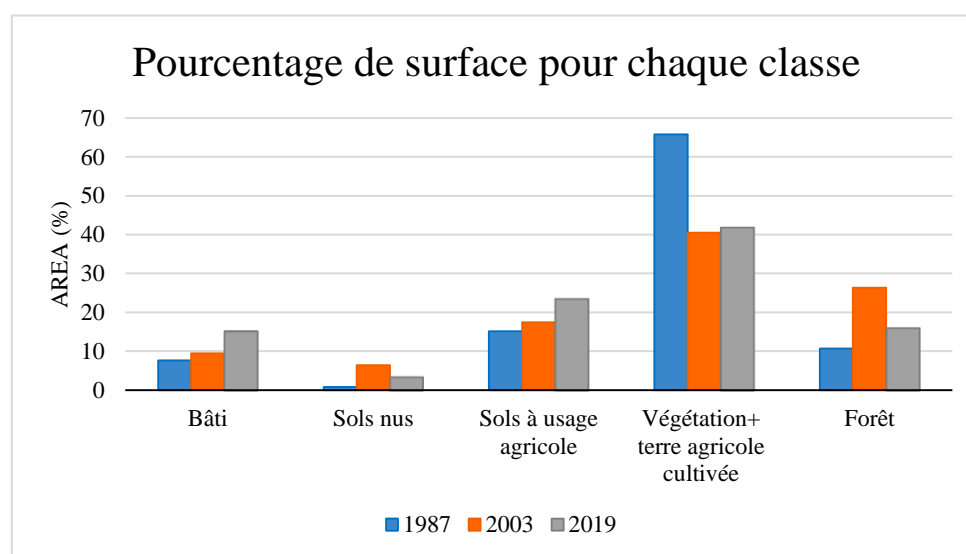


Figure V. 5 Pourcentage de surface pour chaque classe (Auteur, 2024).

La figure ci-dessus indique également le pourcentage de variation de la superficie. Selon ces résultats, la superficie des terres vertes a diminué de 65,8 % en 1987 à 40,5 % en 2003, puis a légèrement augmenté pour atteindre 41,8 % en 2019 (Figure V. 5). D'autre part, la couverture forestière a augmenté de façon remarquable au cours de la période 1987-2003, avant de reculer fortement entre 2003 et 2019. Inversement, la zone urbaine a connu une croissance régulière au cours de la période étudiée. Son taux de superficie est passé de 7,6 % en 1987 à 9,4 % en 2003, et atteindra 15,2 % en 2019.

Une synthèse des données relatives à des changements dans l'utilisation et la couverture des sols au cours de la période étudiée est présentée dans le Tableau V.5, cependant que la figure V. 5 illustre avec précision les différentes affectations spatiales de l'utilisation des sols dans la zone d'étude. La proportion remarquable de terres agricoles, de couverture végétale et de forêts signifie que la ville de Guelma possède un caractère écologique important.

Ces résultats ont permis de constater que les terres vertes et les forêts constituaient les types de paysages dominants dans la zone d'étude. En effet, les surfaces cultivées et la végétation ont diminué et ont été converties principalement en terres forestières et en zones urbaines.

5.4.3. Évaluation des changements dans paysage naturel : Émergence de modèles spatiaux contrastés.

Cette carte spatio-temporelle des changements d'affectation et d'utilisation des sols a illustré deux dynamiques spatiales clairement contrastées : urbanisation massive des zones bâties et recul tout aussi considérable du couvert végétal et des forêts.

Une comparaison entre les cartes thématiques générées par la classification supervisée et les facteurs descriptifs du paysage vise à mettre en évidence l'impact de l'évolution des zones bâties sur les terres agricoles cultivées et les forêts.

5.4.3.1. Analyse de rendement des indicateurs de surface

La métrique PLAND correspond au pourcentage de la classe dans le paysage total. En 1987, la valeur de cette métrique dans la classe des terres construites était de 11,16, en 2003 elle a atteint 17,26, et en 2019 elle est passée à 25,12. Par conséquent, le taux de croissance du nombre et de la densité des parcelles bâties de même que la superficie totale de ce type représentent la réduction de la fragmentation de la classe des terres bâties et la naissance de futures zones bâties. En effet, le déséquilibre de la région est dû à cette réduction et le mode de

Chapitre 5. L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

croissance ne correspond pas à celui des autres classes, et considérés comme un élément perturbateur.

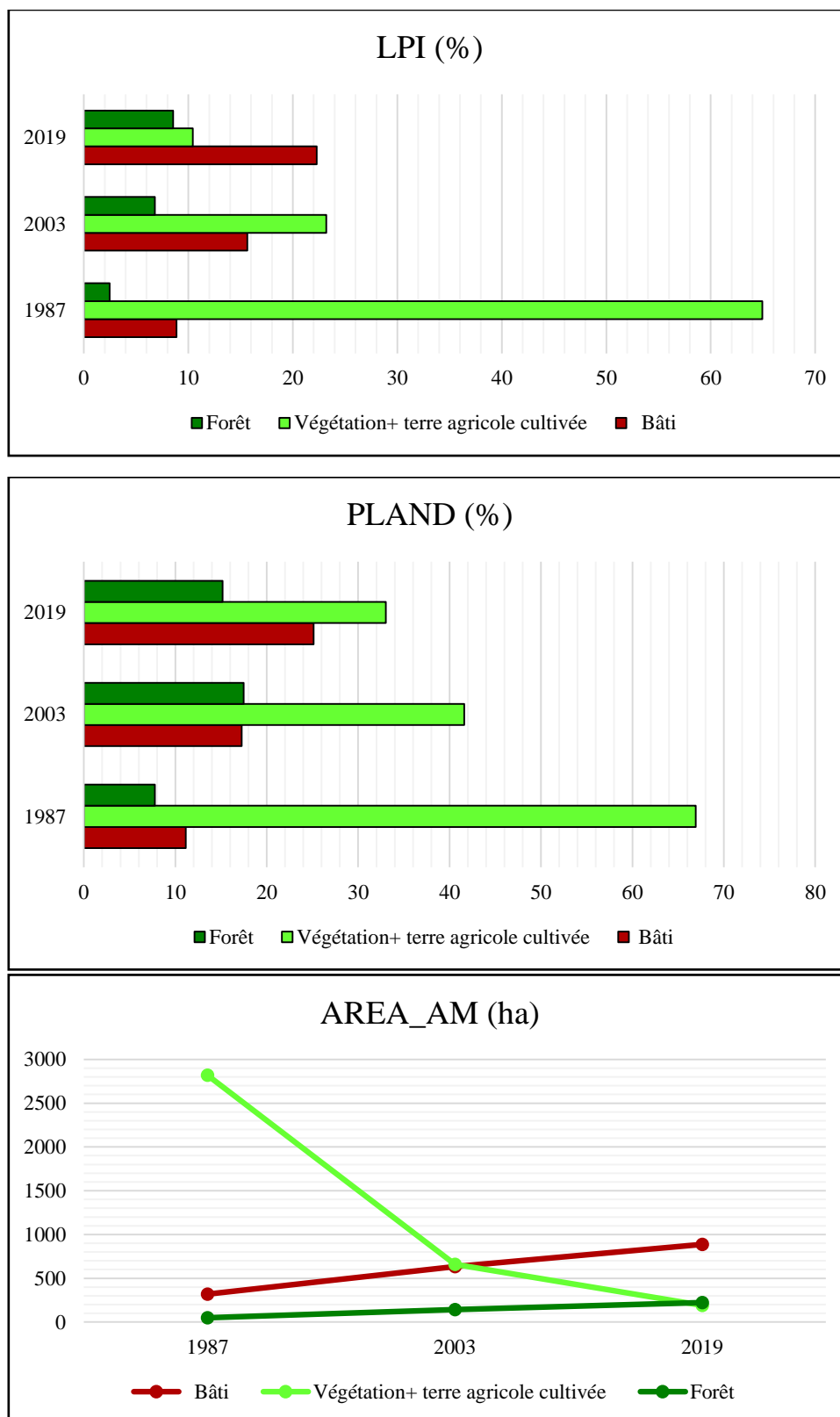


Figure V. 6 Indicateurs de superficie sur la période 1987 – 2019 (Auteur, 2024).

Le pourcentage du paysage couvert par la classe des terres vertes a diminué et, tout au long des années étudiées, il était successivement de 66.92%, 41.62% et 33.04% pour les terres vertes. En revanche, la classe forestière a marqué une augmentation entre 1987 et 2003 (7,75 % et 17,47 %) et une légère diminution entre 2003 et 2019 (17,48 % et 15,17 %) Cela confirme que la forêt est consommée entre 2003 et 2019.

De plus, l'indice LPI est un indicateur de la taille totale de la plus grande parcelle. Selon cet indice, la réduction de la taille de la plus grande parcelle dans la classe des terres vertes peut être un facteur de réduction de la superficie des terres vertes. En 1987, le niveau de cet indicateur dans la classe des terres cultivées était de 64.93 %, en 2003 de 23.21 % et en 2019 de 10.42 %.

Dans la classe urbaine et des forêts, une augmentation de la valeur de cet indice indique la fusion des parcelles qui en constituent une plus grande, le taux de cet indice de 1987 à 2003 passant de 8,86 % à 15,63 % et atteignant 22,28 % pour la classe urbaine, avec un taux identique pour la classe des forêts : 2,46 % en 1987, 6,81 % en 2003, et 8,53 % en 2019.

Ce recul de la classe des terres vertes correspond à la dégradation et à la transformation de terres dans des écosystèmes importants, et le fait que les terres ouvertes sont converties en terres bâties.

AREA-MN représente la taille moyenne des taches. Cette réduction correspond au niveau des classes d'interspersation. Cette métrique a notamment progressé dans la classe urbaine et forestière et régressé dans la classe des terres cultivées. Donc la valeur de la métrique pour les terrains bâtis en 1987 est de 317,62 ha, en 2003 il est de 634,51 ha, et en 2019 il est de 885,41 ha. Sur une note positive, il y a eu une augmentation continue de la classe de forêt tout au long de la période d'étude allant de 1987 à 2019 en passant par 2003 (48 2208 ha, 143 1729 ha et 222 0972 ha).

Le déclin de la superficie moyenne des parcelles de terres vertes renforce donc la perméabilité et la sensibilité de ces terres à la dégradation et intensifie la pression écologique dans ces espaces. En 1987, la taille moyenne des îlots de terres vertes était de 2821,32 ha, de 660,1472 ha en 2003 et de 191,7051 ha en 2019.

5.4.3.2. Analyse de rendement des indicateurs de distance

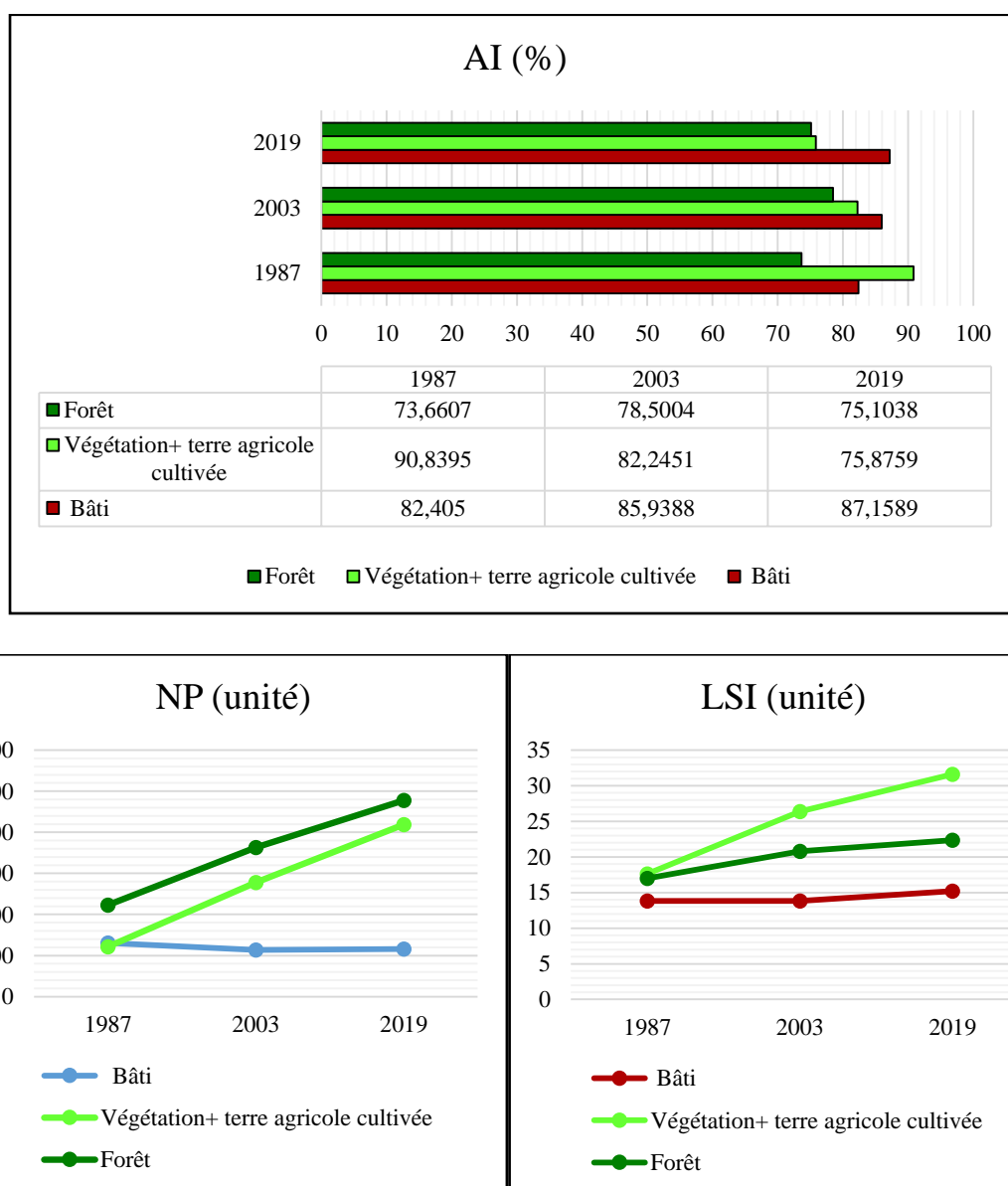


Figure V. 7 Indicateurs de distance sur la période 1987 - 2019 (Auteur, 2024).

Tout au long de la période abordée, les valeurs de la métrique NP a augmenté dans les terres vertes et les forêts par un mode de croissance continu, de 121/223 en 1987 à 287/363 en 2003 et 419/478 en 2019. La métrique NP a connu une réduction dans les terres bâties, de 131 en 1987 à 114 en 2003 et 116 en 2019.

La portion occupée par la couverture verte et les forêts représentée l'indice du plus grand fragment LSI a également affiché une augmentation continue de ses valeurs. Deux modes de variation caractérisent l'indice AI pour les classes "terres vertes" et "forêts". De 1987 à 2003,

il existe un mode d'augmentation par opposition à un mode de diminution au cours de la période allant de 2003 à 2019.

La combinaison des métriques spatiales révèle un nombre croissant de taches vertes et la diminution des taches bâties signifient le passage de l'espace résidentiel à une extension de la ville et à une occupation des sols, notamment des espaces verts et ouverts, ainsi que l'intégration du corps urbain et la fragmentation et l'interversion des forêts. En effet, la dynamique de l'évolution de cette mesure peut indiquer la tendance à un changement de l'utilisation des sols.

À la lumière de plusieurs études et de l'analyse de paramètres appropriés, il apparaît clairement que la fragmentation du paysage est souvent interprétée à travers des mesures paysagères spécifiques (Stenhouse 2004 ; Carvalho et al., 2009).

De plus, la fragmentation est un mécanisme anthropique qui implique la dégradation d'un habitat, d'un type d'utilisation des sols, d'un écosystème continu (Asgarian et al. 2015 ; Saeedeh Nasehi¹ & Aysan Imanpour namin, 2020 ; Boubaker Khallef, 2019).

De nombreuses tentatives (Dechaicha et Alkama, 2020 ; Keyghobadi et al., 2005) ont montré que la superficie moyenne des parcelles (AREA MN), PLAND, LPI ,AI, NP sont généralement des paramètres de base.

Plus généralement, de nombreuses recherches ont également identifié l'urbanisation à titre de facteur principal contribuant à la fabrication d'un environnement hétérogène et intergénérationnel, cet environnement constituant certainement le type de couvert végétal le plus complexe (Anderson, 2006).

Dans cette perspective, la présente étude, indépendamment de l'effet de la configuration spatiale de la croissance urbaine sur la modification du paysage, la présente étude a donc été spécialement élaborée pour étudier les effets de la composition, de la configuration et de la structure des parcelles du couvert végétal sur le paysage urbain de la ville de Guelma.

5.5. Conclusion

L'analyse spatio-temporelle, reposant sur l'utilisation combinée de la télédétection et des indicateurs issus des métriques paysagères, a permis de détecter et de mesurer avec précision les transformations spatiales engendrées par l'évolution urbaine de la ville de Guelma sur une période de plus de trente ans (1987-2019).

Les résultats issus des analyses cartographiques et des indicateurs (PLAND, LPI, NP, AREA_MN, LSI, AI) révèlent des dynamiques marquées de régression et de fragmentation du couvert végétal. La proportion des terres agricoles et végétalisées a fortement chuté, passant de 65,8 % en 1987 à 41,8 % en 2019. Après une phase d'expansion entre 1987 et 2003, les surfaces forestières ont également connu un recul significatif. Parallèlement, les zones urbanisées n'ont cessé de croître, atteignant 15,2 % en 2019.

Les indicateurs de structure spatiale mettent en évidence une fragmentation croissante : réduction de la taille moyenne des parcelles végétales (AREA_MN), augmentation du nombre de fragments (NP), complexification des formes (LSI) et affaiblissement de l'agrégation (AI).

Ils révèlent non seulement une réduction de la taille moyenne des îlots végétalisés, mais aussi une intensification de leur morcellement. Ces transformations traduisent une artificialisation accrue du paysage urbain, perturbent les continuités écologiques et compromettent la lisibilité.

Le suivi diachronique met en évidence une évolution en deux temps : entre 1987 et 2003, une légère progression des surfaces forestières a été observée, avant de céder place, entre 2003 et 2019, à une phase marquée de régression, en lien avec l'intensification de l'artificialisation.

Dans le même temps, les surfaces urbanisées ont connu une croissance continue sur l'ensemble de la période, atteignant 15,2 % en 2019, traduisant un processus soutenu d'étalement urbain aux dépens des terres agricoles et des espaces végétalisés.

Ces tendances temporelles confirment que l'urbanisation croissante de Guelma s'accompagne d'une érosion progressive du patrimoine végétal et des paysages agricoles, soulignant la nécessité de mesures de préservation pour enrayer cette dynamique.

Cependant, malgré cette pression urbaine continue, Guelma conserve encore une partie de son identité verte, notamment en périphérie, grâce à la présence de structures végétales majeures telles que les forêts et les terres agricoles. Ce constat met en lumière à la fois la

Chapitre 5. L'Apport de la Végétation dans l'Analyse des Paysages Urbains par les Métriques Paysagères – Application à Guelma

vulnérabilité de ce patrimoine écologique et l'opportunité stratégique d'en préserver les composantes les plus structurantes.

L'utilisation des métriques paysagères s'est révélée particulièrement pertinente pour évaluer de manière objective les mutations de l'espace végétalisé urbain. Le modèle développé dans cette étude constitue un outil d'aide à la décision, utile pour diagnostiquer l'état de conservation des espaces verts et orienter les politiques de planification urbaine en faveur d'un développement plus équilibré.

Enfin, une relation plus équilibrée entre la ville et son environnement naturel apparaît comme un facteur déterminant pour assurer la durabilité et la résilience territoriale de Guelma face aux dynamiques d'urbanisation à venir. L'analyse spatiale a également mis en évidence une forte consommation des ressources naturelles au sein du tissu bâti.

Afin de confronter ces résultats aux perceptions des habitants et d'en vérifier la pertinence sur le terrain, une enquête pilote sera menée à l'échelle d'un quartier périphérique, marqué par un contraste entre un centre bâti ayant largement consommé ses ressources naturelles et des franges périphériques encore préservées.

Le chapitre suivant présentera la méthodologie de cette enquête, destinée à éclairer les dynamiques de consommation et de préservation des ressources naturelles dans le tissu urbain de Guelma.

Chapitre 6

Perception Du Végétal En Milieu Urbain : Enquête Pilote Dans Un Quartier Périphérique De Guelma

6.1. Introduction

En urbanisme, le végétal est perçu comme un composant essentiel de l'espace naturel, en lien avec une conception écosystémique de la ville (D.U.V.I.G.N.A.U.D.P., 1974). Au-delà de sa dimension écologique, il contribue au confort urbain et au bien-être des habitants, en générant des ambiances, en facilitant les interactions sociales, et en offrant des qualités sensibles telles que l'ombre, la fraîcheur ou la présence de la faune.

La perception du végétal en ville dépasse l'analyse experte et s'ancre dans l'expérience quotidienne des habitants, pour qui il représente un facteur clé du bien-être et de la qualité esthétique du cadre de vie (Balaÿ, 2012;Balaÿ & Bruneau, 2013).

À l'échelle du quartier unité urbaine regroupant de 2 500 à 25 000 habitants (Agboola et al., 2018) , les espaces végétalisés jouent un rôle essentiel face aux déséquilibres induits par l'urbanisation rapide (Tok et al., 2020). Ils participent à renforcer le lien social, à favoriser le bien-être collectif et à maintenir un cadre de vie sain (Broadbent, 1990 ; Song & Knaap, 2003 ; Peter et al., 2010 ; Middleton, 2010 ; Francis et al., 2012 ; French et al., 2014 ; Sallak, 2019 ; Bechaa et al., 2024 ; Lamari & Lazri, 2024).

Contrairement à la planification classique, la planification écologique intègre les composantes biophysiques pour préserver les équilibres naturels (F.A.L.Q.U.E.M., 1972), en se fondant sur les usages quotidiens et les valeurs perçues par les usagers.

Ce chapitre vise à exposer la méthodologie adoptée dans le cadre de cette recherche. Il s'agit de définir une approche scientifique rigoureuse, combinant des méthodes qualitatives et quantitatives, afin de répondre aux objectifs fixés. Le modèle d'analyse repose sur une complémentarité méthodologique, mobilisant diverses techniques de collecte de données, et permettant une mise en regard entre les perceptions des usagers et les résultats issus de l'analyse spatiale.

Cette démarche poursuivait un double objectif : d'une part, amorcer un premier échange avec les habitants afin d'évaluer leur disponibilité et leur réceptivité à l'enquête ; d'autre part, confronter les représentations subjectives des usagers aux dynamiques spatiales objectivées par l'analyse précédente.

6.2. Investigation in situ des perceptions habitantes

Cette étape vise à confronter les représentations subjectives des usagers aux dynamiques spatiales mises en évidence par l'analyse précédente. L'étude porte sur un quartier urbain périphérique situé au nord-est de la ville de Guelma, appréhendé à travers une enquête pilote menée auprès des habitants, et étayé par une observation préalable orientée selon des critères d'analyse spatiale.

6.2.1. Justification scientifique de l'enquête pilote

- **Articulation entre analyse spatiale et perception habitante :**

L'analyse cartographique, reposant sur l'utilisation de métriques paysagères, offre une lecture objectivée de l'évolution de la végétation urbaine à travers le temps. Cependant, ces données quantitatives, bien qu'indispensables, ne traduisent pas la manière dont les habitants perçoivent, expérimentent et s'approprient les espaces végétalisés.

L'enquête pilote vient ainsi enrichir l'analyse spatiale en introduisant une dimension sensible et sociale, indispensable à une compréhension plus globale et intégrée du paysage urbain.

- **Approfondissement des résultats cartographiques par l'exploration in-situ :**

La mise en relation des résultats cartographiques avec les perceptions habitantes permet d'évaluer la pertinence des indicateurs utilisés, notamment en ce qui concerne leur impact réel sur la qualité du cadre de vie.

Un quartier identifié comme fortement végétalisé sur le plan spatial peut, par exemple, ne pas être perçu comme tel par les usagers si les espaces verts y sont peu accessibles, mal entretenus ou faiblement intégrés aux usages quotidiens.

- **Du macro au micro : de la ville au quartier**

L'analyse spatiale menée à l'échelle de la ville, à partir des métriques paysagères, fournit une vision globale des dynamiques de végétalisation et des déséquilibres territoriaux. Toutefois, cette approche objectivée nécessite d'être complétée par une lecture située, à l'échelle de la vie quotidienne des habitants.

Dans cette perspective, l'enquête pilote menée dans un quartier périphérique de Guelma constitue une déclinaison méthodologique à l'échelle locale. Elle permet de tester les outils de collecte (questionnaires, entretiens, observations), d'en évaluer la clarté, la recevabilité et la pertinence auprès des usagers, tout en identifiant les éventuels biais d'interprétation.

Ce passage de l'échelle macro à l'échelle micro participe ainsi à une meilleure compréhension des interactions entre formes urbaines, perceptions habitantes et qualité écologique perçue, tout en préparant l'adaptation des outils d'analyse à d'autres contextes urbains similaires.

6.2.2. Critères de sélection du quartier périphérique POS-Nord

- **Cohérence temporelle avec les données cartographiques**

Le quartier POS-Nord a été initialement occupé en 1986, ce qui le rend pleinement intégré dans les trois périodes d'analyse cartographique retenues (1987, 2003 et 2019). Cette ancienneté garantit une lecture temporelle cohérente des transformations végétales à l'échelle locale.

Implanté sur un sol historiquement agricole réputé pour sa fertilité le quartier a connu plusieurs phases d'extension successives : la première a occupé un tiers de la surface initiale, puis les extensions ultérieures ont progressivement grignoté les terres agricoles restantes, malgré leur valeur productive.

Toutefois, l'expansion de l'urbanisation a été contenue dans cette direction, du fait de deux contraintes majeures : d'une part, les réglementations limitant la consommation des sols agricoles (dans un souci de lutte contre leur artificialisation) ; d'autre part, la proximité du lit majeur de l'Oued Seybouse, qui agit comme une frontière physique et écologique.

Ainsi, le POS-Nord constitue un terrain d'étude particulièrement pertinent, en raison de sa stabilité morphologique sur le temps long, qui permet une lecture fiable des transformations paysagères entre 1987, 2003 et 2019.

Cette continuité spatiale, conjuguée à la complexité des interactions entre urbanisation planifiée, potentialité agricole des sols et contraintes géomorphologiques notamment la proximité de l'Oued Seybouse en fait un cas exemplaire pour l'analyse diachronique de l'évolution du végétal en contexte urbain.

- **Cas typique d'une urbanisation périphérique planifiée**

Le POS-Nord incarne un exemple représentatif de l'urbanisation périphérique issue des politiques post-indépendance, caractérisée par une trame urbaine planifiée, une densité modérée et une dominante d'habitat social.

- **Accessibilité spatiale et valeur sociale des aménagements**

L'accessibilité du quartier, combinée à son occupation résidentielle stable, a facilité la mise en œuvre logistique de l'enquête de terrain.

Par ailleurs, la densité moyenne de population et la diversité modérée des profils sociologiques offrent des conditions propices à l'analyse des interactions entre forme urbaine, végétation et perception habitante dans un cadre représentatif des périphéries algériennes.

- **Présence d'enjeux paysagers et écologiques**

Enfin, L'analyse diachronique du POS-Nord révèle une densification progressive du bâti et une régression des espaces végétalisés, conséquence des extensions urbaines successives depuis 1986.

Implanté sur un sol agricole fertile, le POS-Nord illustre les tensions entre urbanisation planifiée et préservation des terres productives, l'extension progressive du bâti ayant entraîné une forte consommation d'espaces naturels.

L'artificialisation croissante du quartier est désormais limitée par des réglementations protégeant les terres agricoles et par la présence naturelle de l'Oued Seybouse, qui agit à la fois comme barrière à l'urbanisation et élément clé à préserver dans le cadre d'une trame verte et bleue.

Dès lors, Le POS-Nord constitue un cas d'étude exemplaire pour analyser les défis actuels de l'écologie urbaine, notamment l'équilibre entre développement urbain, conservation écologique et adaptation des formes urbaines aux spécificités environnementales.

6.3. Méthodologie du travail

La méthodologie adoptée dans ce travail de recherche repose sur l'articulation de trois composantes fondamentales :

1- *Le quartier résidentiel comme cadre spatial de référence*

Le quartier constitue l'unité spatiale d'observation au sein de laquelle se manifestent les phénomènes étudiés. Il intègre à la fois des composantes bâties (bâtiments, voirie, infrastructures, mobilier urbain...) et naturelles (espaces verts, végétation, plans d'eau...), représentant ainsi un écosystème urbain dans lequel les dynamiques paysagères prennent forme.

2- *Les usagers comme acteurs perceptifs*

Les habitants ou usagers réguliers du quartier sont considérés comme des acteurs essentiels dans la production de sens autour du paysage urbain. Leur expérience quotidienne leur permet de percevoir et d'évaluer les phénomènes physiques et esthétiques liés à la présence végétale, ce qui justifie leur mobilisation dans l'enquête.

3- *Le scénario méthodologique*

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

La démarche s'inscrit dans une perspective de conception urbaine attentive à la qualité des éléments végétaux. Il s'agit de définir, en amont, les attributs souhaitables de la végétation urbaine, afin de promouvoir un modèle d'aménagement respectueux des dynamiques écologiques. Les usagers et le questionnaire forment ainsi les deux instruments centraux de cette stratégie méthodologique.

La Figure VI.1 illustre la structure de cette étude méthodologique.

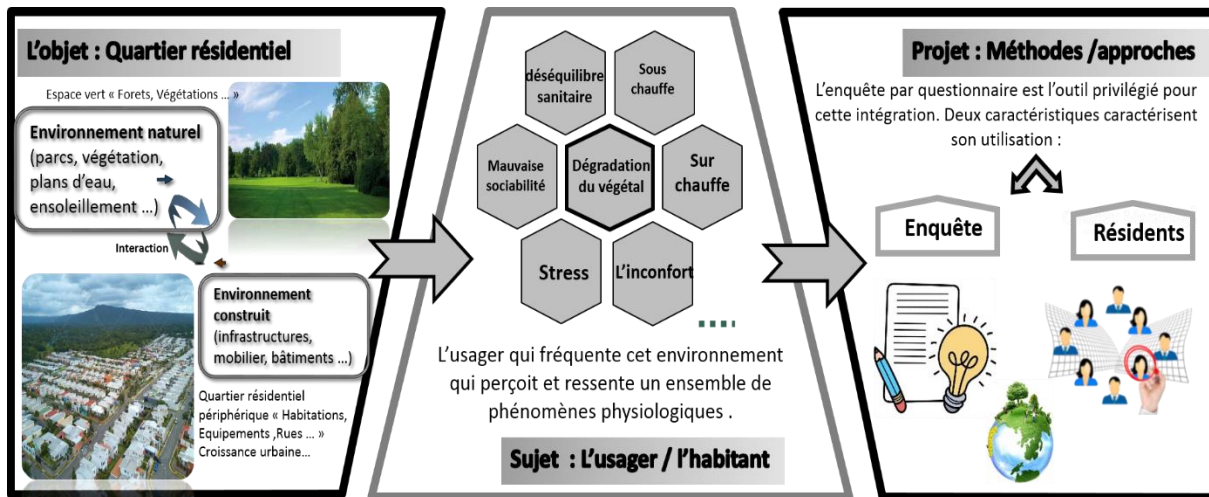


Figure VI. 1 Structure de l'étude (Auteur, 2022).

6.3.1. Cadre spatial de l'étude

6.3.1.1. Localisation géographique de la ville

La wilaya de Guelma, située dans le Nord-Est algérien, occupe une position stratégique entre les Hautes Plaines et la bande tellienne. Elle se distingue par un relief vallonné, un climat méditerranéen semi-humide, ainsi qu'une forte vocation agricole. Une présentation détaillée des caractéristiques géographiques, climatiques et socio-économiques de la ville a été développée dans le chapitre 4.

6.3.1.2. Localisation géographique du quartier

Le périmètre d'analyse est défini par le POS-Nord, couvrant la partie nord-est de la commune de Guelma. Ce quartier résidentiel, implanté à partir de 1986, constitue l'une des extensions urbaines planifiées en périphérie, en réponse aux besoins croissants en logements dans la période post-indépendance.

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

Bordé au nord par des terres historiquement agricoles et à l'est par le lit de l'Oued Seybouse, le POS-Nord est caractérisé par une trame urbaine rationnelle, une densité modérée, et des enjeux paysagers significatifs en lien avec la présence de végétation et la proximité de ressources naturelles.

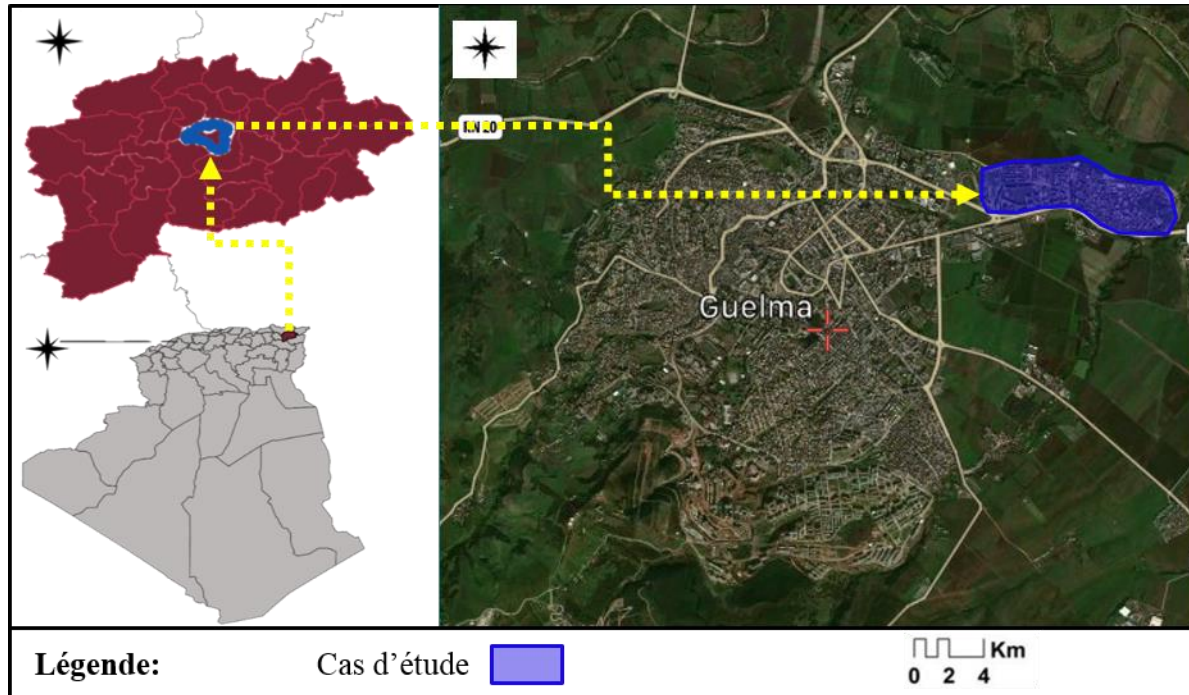


Figure VI. 2 Situation géographique de l'aire d'étude (Auteur, 2022).

6.3.2. Méthode

6.3.2.1. Protocole d'enquête pilote

L'enquête a été réalisée au début du mois de mars 2022, ciblant sur les trois extensions successives du quartier POS-Nord de la ville de Guelma. Le protocole d'investigation a consisté à administrer un questionnaire structuré à un échantillon aléatoire d'utilisateurs du quartier, en privilégiant d'abord les participants volontaires afin d'assurer une bonne réceptivité.

La figure VI.3 (page suivante) présente le périmètre couvert par l'enquête ainsi que la répartition des répondants au sein du quartier. La méthodologie de cette étude s'articule autour de quatre étapes principales, allant de la préparation du sondage à l'analyse des résultats.

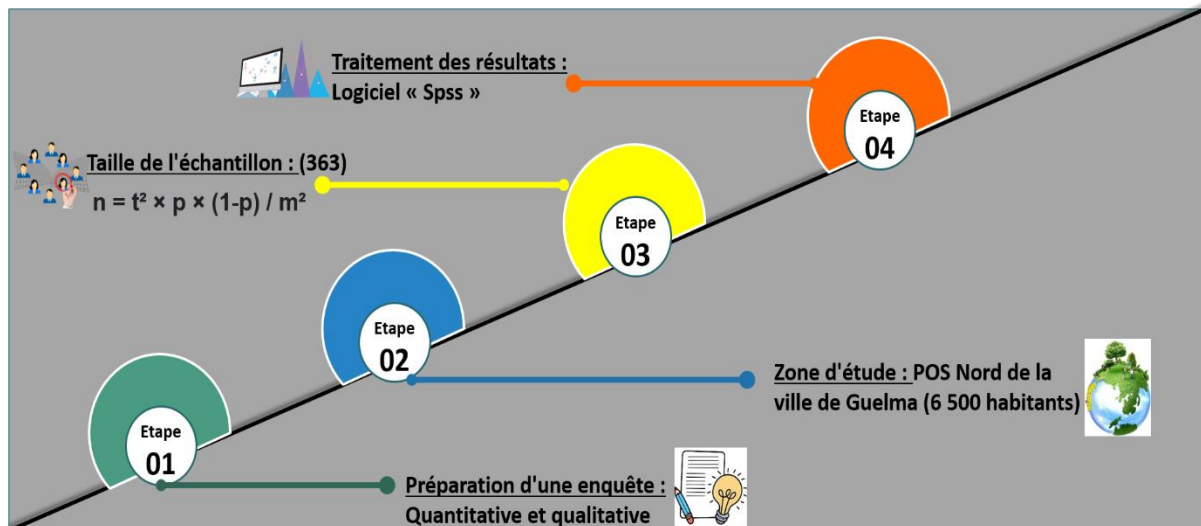


Figure VI. 3 Schéma du processus méthodologique (Auteur, 2022).

1- Étape 01 : Élaboration du questionnaire (Approche Quantitative et Qualitative)

Cette première phase méthodologique est dédiée à la conception de l'outil de collecte des données, à savoir un questionnaire structuré combinant des volets quantitatifs et qualitatifs. Ce questionnaire (Voir Annexe 03) a été conçu pour explorer les différentes dimensions de la valeur attribuée aux espaces végétalisés, en lien avec le bien-être résidentiel.

- Structure du questionnaire :

Le questionnaire a été conçu de manière exhaustive pour recueillir des informations multidimensionnelles, essentielles à l'étude des valeurs de la végétation. Il est organisé en cinq rubriques principales et a été élaboré en français et en arabe pour garantir une meilleure accessibilité et compréhension. Chaque rubrique vise à explorer un aspect spécifique :

- Informations sur l'interviewé(e) :

Cette section initiale est dédiée à la collecte des données sociodémographiques des participants (genre, âge, lieu de résidence, comme détaillé précédemment). Ces informations sont cruciales pour établir le profil de l'échantillon, analyser la représentativité des réponses et identifier d'éventuelles corrélations entre les caractéristiques des répondants et leurs perceptions ou opinions.

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

- Informations théoriques :

Cette rubrique aborde les connaissances générales des répondants sur des concepts fondamentaux liés à l'environnement, la végétation urbaine, le bien-être, ou d'autres notions théoriques pertinentes pour l'étude. Elle permet d'évaluer le niveau de sensibilisation et de compréhension des enjeux par la population interrogée.

- Informations sur Guelma :

Cette partie du questionnaire s'intéresse à la manière dont les répondants perçoivent la ville de Guelma, en mettant l'accent sur leur connaissance et leur regard sur la place et la qualité des composantes végétales dans le tissu urbain, ainsi que leur perception des principaux enjeux environnementaux urbains (pollution, fragmentation des espaces naturels, gestion des ressources).

L'exploitation de ces informations vise à mettre en lumière la relation entre les dynamiques de développement urbain et les aspirations citoyennes en matière de durabilité environnementale et de qualité paysagère.

- Informations sur le Quartier :

Plus spécifiquement, cette rubrique explore les perceptions et les expériences des habitants relatives à leur quartier de résidence (le Pos Nord). Les questions peuvent porter sur la quantité et la qualité de la végétation présente, les usages des espaces verts locaux, les problèmes spécifiques au quartier, ou encore le sentiment d'appartenance et la qualité de vie ressentie au niveau local.

- Informations sur votre avis dans la gestion du site :

Cette rubrique vise à recueillir des avis sur les priorités d'action, les améliorations souhaitées, le rôle des autorités locales, et potentiellement la participation citoyenne à la prise de décision. Cette rubrique est essentielle pour formuler des recommandations concrètes et adaptées aux attentes de la population par l'ensemble des répondants.

- Axes explorés par le questionnaire :

Indicateurs	Objectif	Questions
• Valeur de bien-être	• Évaluer la perception de la végétation	• La végétation est-elle présente dans votre quartier ?

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

environnemental	comme indicateur de qualité de vie.	<ul style="list-style-type: none"> ● Selon vous, quel est le pourcentage de végétation par rapport à la surface bâtie ?
<ul style="list-style-type: none"> ● Valeur de conscience écologique 	<ul style="list-style-type: none"> ● Apprécier la sensibilité des habitants à la préservation végétale et leur engagement personnel. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Avez-vous pris des initiatives privées pour végétaliser votre environnement ? ● À vos yeux, la présence de végétation en ville est-elle indispensable, secondaire ou négligeable ?
<ul style="list-style-type: none"> ● Valeur paysagère 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mesurer l'attachement esthétique ou fonctionnel aux éléments végétaux. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Souhaitez-vous voir disparaître complètement les espaces végétalisés pour permettre de nouvelles constructions ? ● Quels sont, selon vous, les principaux problèmes liés à la végétation dans votre quartier ?
<ul style="list-style-type: none"> ● Valeur de satisfaction résidentielle 	<ul style="list-style-type: none"> ● Identifier la satisfaction globale des habitants en lien avec la présence végétale. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Comment évaluez-vous votre quartier en général ? ● La végétation dans votre quartier vous semble-t-elle suffisante pour assurer un cadre de vie agréable ?

Table VI. 1 Indicateurs utilisés pour estimer les valeurs environnementales (Auteur, 2022).

Les espaces verts sont systématiquement considérés comme un indicateur de la qualité environnementale en milieu urbain. Dans cette perspective, l'analyse du rôle de la végétation à l'échelle du quartier repose sur un ensemble de critères d'évaluation et d'indicateurs de durabilité.

À cet égard, les quatre fonctions fondamentales de la ville habiter, se déplacer, travailler, se recréer sont retenues comme critères d'analyse. Les indicateurs associés sont représentés par les réactions des usagers, traduisant différentes formes de valeurs attribuées aux espaces végétalisés (Figure VI.4).

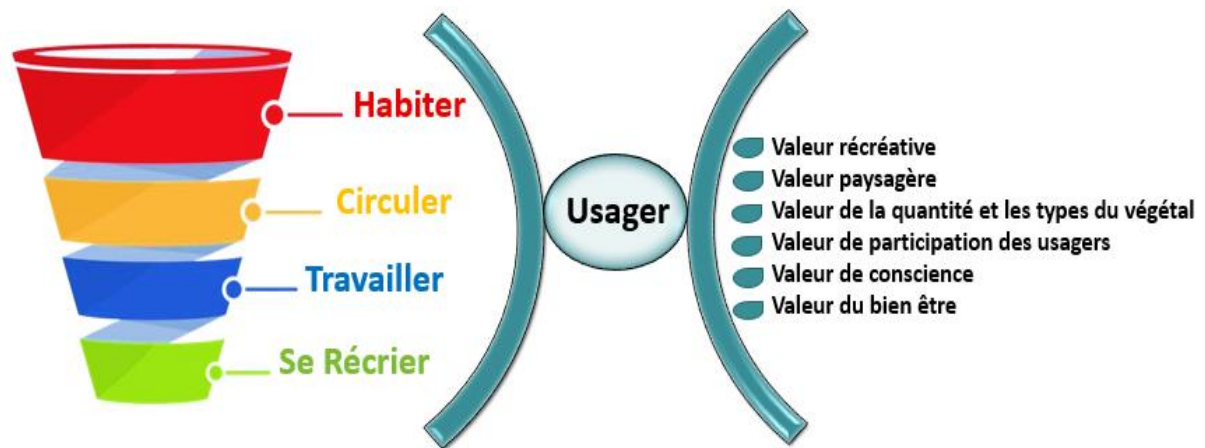


Figure VI. 4 Diagramme des critères et indicateurs (Auteur, 2022)

2- Étape 02 : Collecte des données (Échantillonnage et Terrain)

- **Cas d'étude :** Cette étude porte principalement sur le plan d'aménagement du territoire nord de la ville de Guelma, une zone qui compte environ 6500 habitants. Ce ciblage précis permet une analyse contextuelle et pertinente.
- **Taille de l'échantillon :** Un échantillon de 363 individus a été déterminé pour cette étude. Le calcul de la taille de l'échantillon a été effectué selon la formule statistique suivante :

$$n = t^2 \times p \times (1-p) / m^2$$

Où :

- **n** représente la taille de l'échantillon.
- **t** est la valeur du coefficient de la loi normale centrée réduite correspondant au niveau de confiance souhaité.
- **p** est la proportion de la population présentant la caractéristique étudiée (souvent estimée à 0.5 pour maximiser la taille de l'échantillon en l'absence de données préalables).
- **m** est la marge d'erreur tolérée.

3- Étape 03 : Traitement des données (Logiciel SPSS)

Une fois les réponses aux questionnaires collectées (en ligne et sur le terrain), les données brutes sont soumises à un traitement rigoureux. Ce traitement est effectué à l'aide du logiciel statistique SPSS, qui permet des analyses statistiques avancées, le nettoyage et l'organisation des données en vue de leur interprétation.

4- Étape 04 : Analyse et Interprétation

La dernière étape, mais non des moindres, consiste en l'analyse approfondie et l'interprétation des résultats obtenus après le traitement SPSS. C'est à ce stade que les tendances, les corrélations, les disparités et les schémas significatifs sont identifiés.

6.4. Résultats et Discussion

6.4.1. Effectifs et caractéristiques personnelles des répondants

6.4.1.1. Répartition selon le genre

La répartition selon le genre révèle une légère prédominance des répondants masculins (56%) par rapport aux répondantes féminines (44%). Bien que l'échantillon ne soit pas parfaitement équilibré en termes de genre, cette différence reste raisonnable (Tableau VI.2).

Sexe	Effectif	Pourcentage
Masculin	203	56%
Féminin	160	44%

Table VI. 2 Répartition des répondants selon le genre (Auteur, 2022).

6.4.1.2. Répartition selon la tranche d'âge

L'analyse par tranche d'âge montre que la majorité des répondants se situent dans la catégorie des adultes jeunes et d'âge moyen, soit entre 21 et 50 ans, représentant un total de 78% de l'échantillon (24% + 28% + 26%). Plus précisément, la tranche d'âge 31-40 ans est la plus représentée (28%), suivie de près par les 41-50 ans (26%) et les 21-30 ans (24%), comme le montre le tableau VI.3.

La distribution des répondants est particulièrement significative, car elle révèle une prédominance des tranches d'âge actives, souvent composées de chefs de famille ou de personnes disposant d'une vision construite de leur environnement et de leurs besoins en matière d'aménagement. Les jeunes (16-19 ans) et les personnes âgées (50 ans et plus) sont, comme fréquemment observé dans les enquêtes, moins représentés, bien que leur contribution demeure pertinente. La forte participation des adultes d'âge moyen confère une certaine légitimité aux perceptions recueillies sur des thématiques telles que le bien-être et la qualité de vie, ces groupes étant généralement les plus concernés par les politiques d'aménagement du territoire.

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

Tranche d'âge	Effectif	Pourcentage
15-20	44	12 %
21-30	87	24 %
31-40	101	28 %
41-50	94	26 %
51 et plus	37	10 %

Table VI. 3 Répartition des répondants selon la tranche d'âge (Auteur, 2022).

6.4.1.3. Répartition selon le lieu de résidence

Le tableau VI.4 présente la répartition des répondants selon leur lieu de résidence au sein du district nord de Guelma. Cette répartition s'avère significative et mérite une attention particulière, en raison des spécificités propres à chaque zone. La " Zone 01 du quartier" est la zone la plus représentée (43%), suivie de la " Zone 02 du quartier" (31%) et de la " Zone 03 du quartier" (26%).

Lieu de résidence	Effectif	Pourcentage
Zone 01 du quartier	155	43 %
Zone 02 du quartier	113	31 %
Zone 03 du quartier	95	26 %

Tableau VI.4 Répartition des répondants selon le lieu de résidence. (Auteur, 2022)

La distribution géographique des répondants revêt une importance particulière dans l'interprétation des résultats. La surreprésentation des habitants de la Zone 01 partie d'origine du quartier suggère que leurs opinions, potentiellement enrichies par une connaissance approfondie de l'histoire locale, influencent de manière significative l'ensemble des réponses. Bien qu'il ne s'agisse pas nécessairement d'un biais, cette prédominance appelle à une lecture différenciée des données. Il serait ainsi pertinent d'examiner si les perceptions relatives à la valeur de la végétation et au bien-être varient selon les sous-zones. Les résidents de la Zone 01 pourraient accorder une importance particulière à la conservation des espaces verts historiques, tandis que ceux des zones d'extension (Zones 02 et 03) pourraient exprimer un besoin accru de création de nouveaux espaces végétalisés. Prendre en compte ces distinctions permettrait de formuler des recommandations d'aménagement plus ciblées, en adéquation avec les spécificités et les attentes propres à chaque segment du quartier (Figure VI.5).

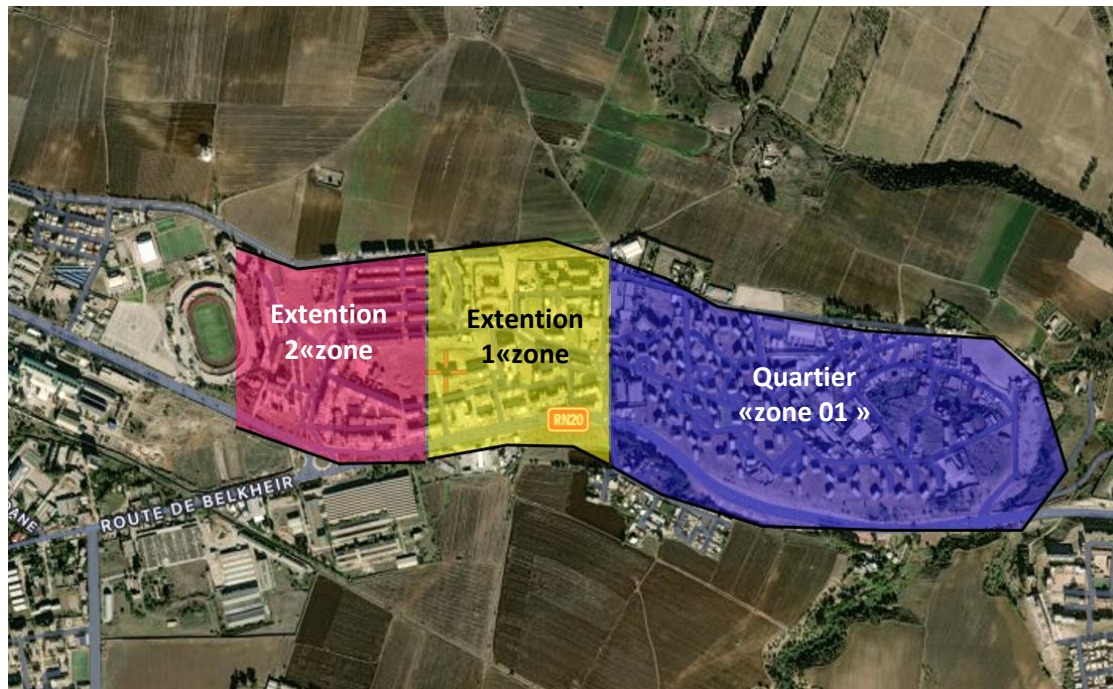


Figure VI. 5 Vue aérienne du quartier d'étude à Guelma avec ses extension (Auteur, 2022).

6.4.2. Analyse des perceptions associées aux valeurs urbaines

6.4.2.1. La valeur du bien-être

Cette section interroge la valeur du bien-être des usagers, en particulier à travers leur perception du pourcentage d'espaces verts par rapport au bâti dans leur quartier, ainsi que les problèmes liés à la dégradation de la couverture végétale.

Sur l'ensemble des personnes interrogées, 239 répondants (soit 66 %) ont exprimé un avis négatif quant à la présence de végétation, signalant un manque manifeste de verdure dans leur environnement (Figure VI.6). Ces usagers constituent le groupe principal retenu pour l'analyse des profils socio-démographiques, du niveau de satisfaction résidentielle et de l'impact psychosocial lié à la végétation urbaine.

Ce constat initial traduit une certaine dissonance entre les habitants et leur environnement immédiat, illustrant un déficit d'harmonie paysagère perçue. En conséquence, la demande sociale en faveur d'une planification plus verte et d'une meilleure qualité environnementale s'en trouve renforcée.

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

Ces résultats corroborent les conclusions de Bourdeau-Lepage, Langlois et al. (2012), qui, dans une enquête menée auprès de 150 personnes, ont mis en évidence les liens étroits entre espaces verts urbains et bien-être ressenti des citoyens.

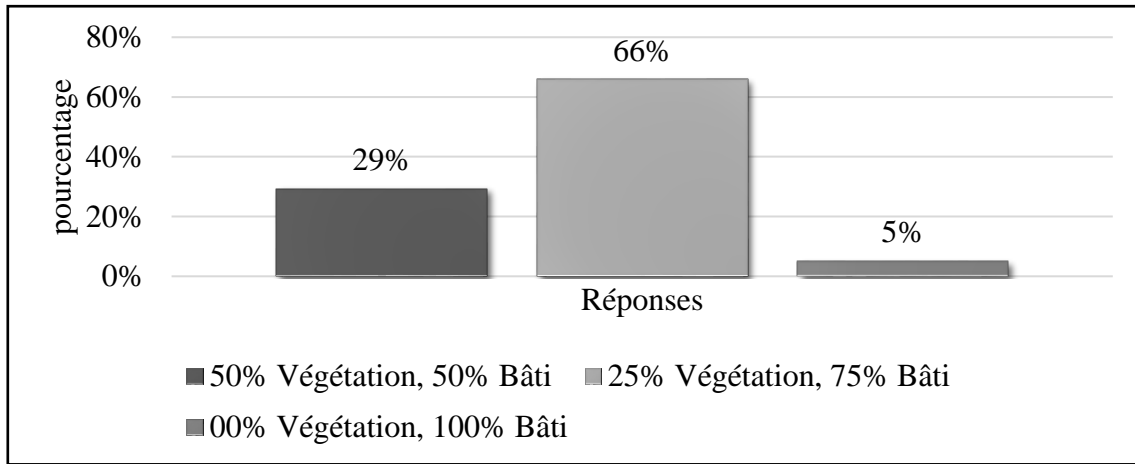


Figure VI. 6 Répartition des réponses concernant la valeur du bien-être (Auteur, 2022).

Il s'agit ici de mobiliser deux types de critères : d'une part, le critère politique, et d'autre part, celui relatif à la relation entre l'être humain et son environnement. L'intervention se fait simultanément sur le sujet, à savoir le citoyen, et sur l'objet, en l'occurrence l'espace vert urbain.

Conformément aux travaux antérieurs menés en France entre 1994 et 2013 (notamment Boutefeu, 2009), portant sur la place de la nature en ville, l'accent est mis sur la sensibilisation environnementale. En effet, seule une prise de conscience accrue, accompagnée d'un renforcement des connaissances, est susceptible de modifier durablement les comportements. Dans cette perspective, l'éducation à l'environnement qu'elle soit formelle (dans le cadre scolaire), informelle (campagnes de sensibilisation), ou encore professionnelle (formation continue) apparaît comme un levier fondamental pour promouvoir la présence de la nature en milieu urbain et accroître le niveau de conscience environnementale des citoyens. Ces démarches s'avèrent indispensables pour faire évoluer les attitudes et doter les individus des capacités nécessaires à l'évaluation et à la prise en charge des enjeux environnementaux qui les entourent.

Pour renforcer la fiabilité de ces constats, les données ont été validées par l'étude de Chelkoff & Balaý (1991), mettant en lumière l'importance du ressenti et de l'investissement des habitants dans les espaces urbains pour forger un lien écologique sensible.

6.4.2.2. La valeur de conscience environnementale

Cette dimension est illustrée par deux graphiques (Figure VI.7). Ces deux questions abordent des aspects relatifs à la prise de conscience des citoyens concernant les enjeux de la végétation au sein du quartier et aux services de proximité qu'elle offre. Les résultats révèlent que 80,20 % et 69,80 % des habitants des quartiers enquêtés reconnaissent que les espaces verts constituent un élément essentiel du cadre de vie. Cependant, les résidents attribuent la responsabilité exclusive de leur gestion à l'État, sans envisager une implication plurielle.

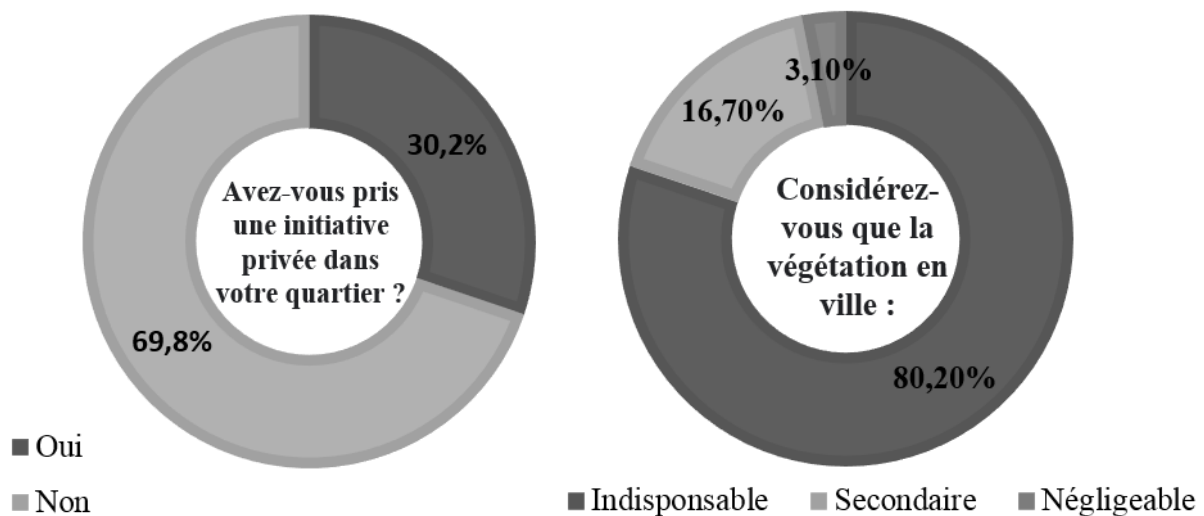


Figure VI. 7 Répartition des réponses concernant la valeur de conscience environnementale (Auteur, 2022).

Face à ce constat, il devient nécessaire de mettre en place un processus de sensibilisation à la valeur de ces espaces, comme le suggère Balaÿ (2012). Ce processus devrait renforcer la conscience collective autour des enjeux liés aux espaces verts et encourager une gouvernance plus partagée.

À cet égard, les recommandations suivantes sont formulées sur la base d'études pertinentes (Akpınar, A., 2014 ; Alcock, I., White, M. P., Wheeler et al., 2014) :

- Organiser les agences spécialisées dans la gestion des espaces verts en clarifiant les rôles de chaque organisme et en favorisant leur coordination.
- Assurer une formation continue du personnel ;
- Encourager le partage d'expériences par le biais de réseaux collaboratifs à caractère public ;

- Renforcer le rôle des associations de protection de l'environnement, sensibiliser davantage le public et encourager la création de nouvelles associations spécifiques aux espaces verts, afin d'élargir le champ d'action des acteurs engagés.
- Créer une agence publique environnementale, inspirée de l'Agence d'écologie urbaine de Paris, pour orienter le développement des espaces verts, coordonner l'ensemble des dynamiques urbaines et accompagner les mutations environnementales du territoire.
- Favoriser la participation citoyenne dans les processus d'aménagement afin de garantir une meilleure appropriation sociale et une satisfaction durable des usagers.

6.4.2.3. La valeur de satisfaction

Les résultats relatifs à la valeur de satisfaction, présentés dans les diagrammes (Figure VI.8), indiquent que les répondants expriment, de manière générale, une insatisfaction vis-à-vis de l'état des espaces verts dans l'ensemble du périmètre étudié. Cette tendance révèle une demande sociale croissante en faveur d'espaces naturels de qualité au sein du tissu urbain. Cette insatisfaction s'explique par plusieurs facteurs :

- Une planification déficiente et une conception inadaptée des espaces verts,
- Un manque de ressources pour assurer leur entretien,
- Et surtout, un modèle de gouvernance inefficace.

Les différents acteurs impliqués dans la gestion des espaces verts n'assument pas clairement leurs rôles respectifs, et leur coordination reste limitée. Ces constats sont étayés par les travaux de Tok, E., Agdas, M. G. et al. (2020) et de Marion, L. (2014), qui soulignent la faible efficience des structures de gestion en contexte local.

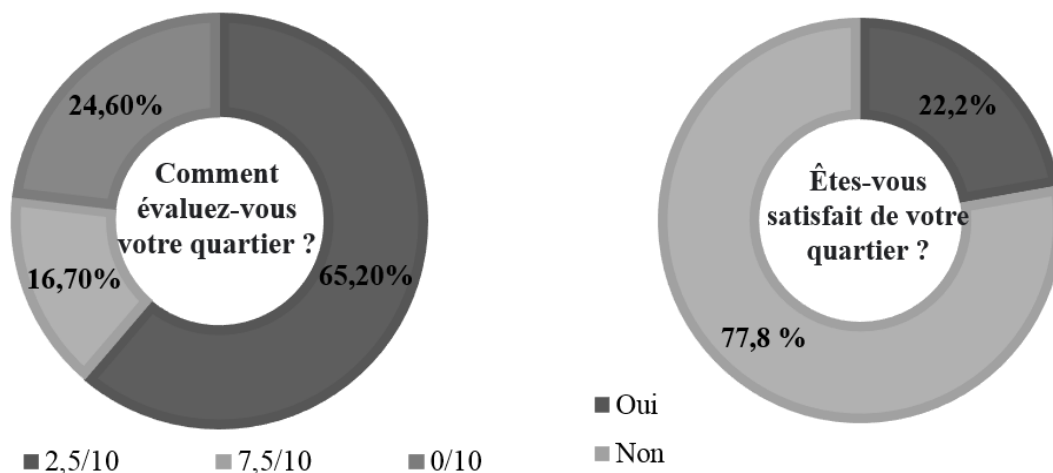


Figure VI. 8 Répartition des réponses concernant la valeur de la valeur de satisfaction (Auteur, 2022).

6.4.2.4. La valeur paysagère

Les résultats relatifs à la valeur paysagère indiquent que les habitants ont une perception claire des éléments naturels dotés d'une valeur esthétique, en particulier la végétation, perçue comme l'un des composants les plus significatifs du paysage urbain (Figure VI.9). Ces éléments végétaux sont fréquemment associés à une image positive du cadre de vie et à une représentation idéale de l'environnement résidentiel.

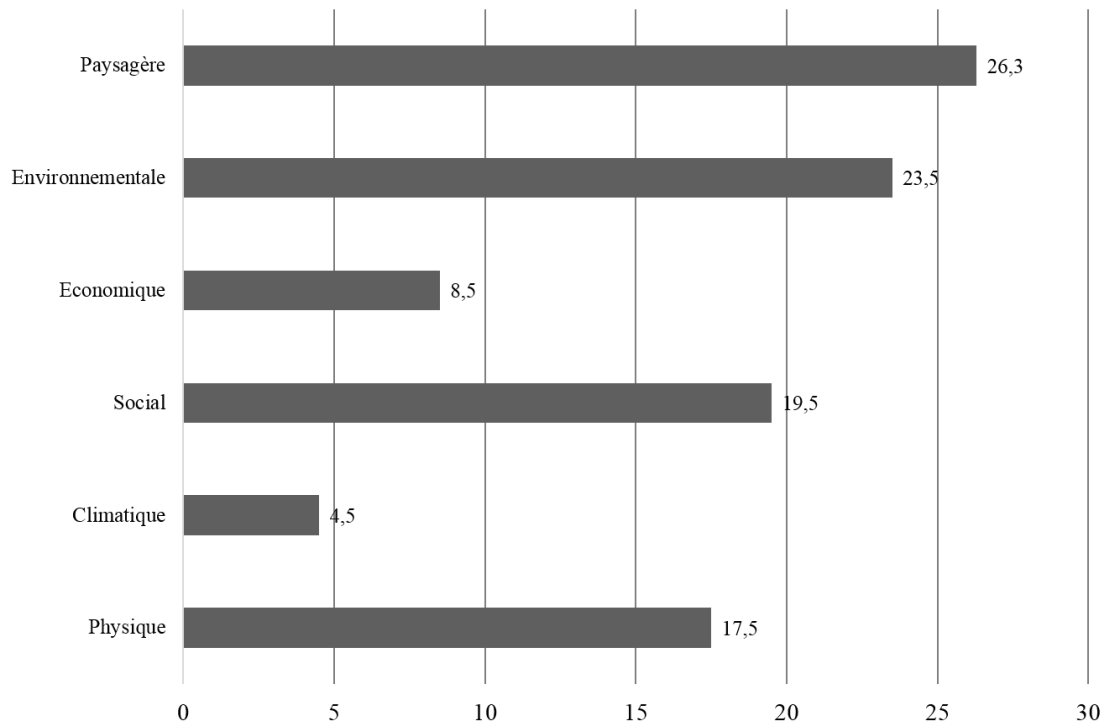


Figure VI. 9 Répartition des réponses concernant la valeur de la valeur de paysage (Auteur, 2022).

Dans le contexte actuel, il apparaît essentiel de concilier les enjeux paysagers avec les trois piliers du développement durable : environnemental, social et économique. La qualité paysagère devient ainsi un levier stratégique de la durabilité urbaine. Cette approche globale est en accord avec les conclusions de Dérioz, P., Béringuier, P. et al. (2010), qui plaident pour une nouvelle utopie du « paysage urbain durable », intégrée aux opérations d'aménagement et de construction.

Des recherches complémentaires, telles que celles de Fumagalli, M. C., Wylie et al. (2013) et Berthot, C. (2019), confirment que la perception des usagers de la qualité de l'environnement extérieur est fortement influencée par les caractéristiques physiques du milieu, notamment l'usage du sol et le niveau de végétalisation. Ces facteurs conditionnent à la fois le

sentiment de bien-être, la satisfaction résidentielle, la prise de conscience environnementale, mais aussi l'image générale du paysage urbain.

Par ailleurs, de nombreuses recherches mettent en évidence une association croissante entre la présence de végétation en milieu urbain et divers indicateurs psychosociaux, tels que :

- la santé physique,
- le bien-être mental (réduction du stress, de l'anxiété, de la dépression),
- ou encore les taux de criminalité.

Ces relations sont notamment explorées dans les travaux de Hofmann et al. (2012), Panduro & Veie (2013), García (2014), et plus récemment del Campo Saray, F. J. M., Morales G. B et al. (2024).

6.4.3. Observation directe

6.4.3.1. *A propos de l'observation de l'aire d'étude*

Dans cette phase, l'observation directe constitue un outil méthodologique essentiel visant à vérifier, compléter et nuancer les résultats issus de l'enquête par questionnaire.

L'observation a été menée au début du mois de mars 2022, dans le périmètre défini par les trois extensions du POS-Nord. Cette démarche s'est appuyée sur un cadre méthodologique d'évaluation spatiale, conçu à partir des hypothèses de recherche et des indicateurs définis lors des phases exploratoires, afin de structurer l'analyse des dynamiques végétales au sein du tissu urbain (analyse cartographique et enquête).

Deux niveaux d'observation ont été distingués :

1. *Premier niveau : Observation photographique*

Ce premier niveau s'appuie sur la prise de vues photographiques systématiques, couvrant différents types d'espaces publics et privés du quartier (rues, placettes, interstices, pieds d'immeubles, espaces résiduels, etc.).

L'indicateur principal retenu à ce stade est la visibilité effective de la végétation dans l'espace quotidien : arbres d'alignement, haies, gazons, espaces plantés, jardins privatifs visibles depuis l'espace public, etc.

Cette documentation permet :

- De valider ou d'infirmer les perceptions déclarées par les usagers lors de l'enquête ;
- D'identifier les zones de dissonance entre les discours et la réalité observée ;

- D'analyser la répartition spatiale de la végétation, son accessibilité, sa fonctionnalité (ombrage, jeu, circulation, etc.), ainsi que son état d'entretien.

2. Deuxième niveau : Observation participante

Ce second niveau d'observation s'inscrit dans une démarche qualitative et immersive, visant à enrichir l'analyse spatiale par une compréhension sensible et vécue de l'espace végétalisé. Il repose sur la réalisation de parcours commentés au sein du quartier, effectués en présence de quelques habitants volontaires identifiés lors de l'enquête.

Ces parcours ont permis de :

- Observer l'usage effectif des espaces végétalisés (repos, jeu, déplacement, entretien, évitement, etc.) ;
- Recueillir les récits d'usagers sur l'histoire des lieux, leurs perceptions du changement paysager, et les pratiques quotidiennes associées à la végétation ;
- Identifier des espaces valorisés, négligés ou en conflit d'usage, parfois absents des représentations cartographiques ou des réponses aux questionnaires ;
- Appréhender les valeurs symboliques, affectives ou fonctionnelles que les habitants associent à certains éléments végétaux (arbres plantés par la communauté, espaces mémoriels, zones d'ombre précieuses, etc.).

6.4.4. Résultats de l'observation in-situ et Analyse du Paysage Végétal

Les observations de terrain croisées avec les données visuelles révèlent des formes d'organisation spatiale et des dynamiques paysagères caractéristiques du tissu urbain du nord de Guelma. dont l'interprétation est cruciale pour comprendre la valeur et le potentiel du végétal en termes de bien-être et de satisfaction des usagers.

- *Caractéristiques Morphologiques et Occupation du Sol*

L'observation in situ révèle que le site se caractérise par un relief essentiellement plat et une prédominance marquée des espaces non bâtis, représentant près de 80 % de la surface totale. Cette configuration spatiale, peu densifiée, témoigne d'un fort potentiel en matière d'aménagement durable et de structuration d'une trame verte. Le tissu urbain présente une mixité d'habitats collectifs et individuels, laissant entrevoir la possibilité d'une densification maîtrisée, en harmonie avec les spécificités morphologiques du quartier (Figure VI.10).



Figure VI. 10 *Caractéristiques Morphologiques et Spatiales du Pos Nord de Guelma (Auteur, 2022)*

Ces constats suggèrent une opportunité réelle de repenser l'organisation de l'espace urbain en intégrant davantage la nature comme levier de bien-être, de satisfaction résidentielle et de qualité paysagère. La forte proportion de vides urbains publics, s'ils sont réaménagés de façon réfléchie, peut contribuer à créer des lieux de vie apaisés, inclusifs et écologiquement performants. Par ailleurs, l'absence de structuration végétale significative dans ces interstices traduit un manque de conscience collective quant à la valeur du végétal, qui reste pourtant essentielle à l'amélioration du cadre de vie. Dès lors, une approche fondée sur l'observation sensible de l'espace permet de faire émerger des pistes concrètes pour un urbanisme orienté vers le vivant et la satisfaction durable des usagers.

- *Accessibilité et Attractivité des Espaces Publics*

Le district bénéficie d'une excellente accessibilité, ce qui est un atout majeur pour la fréquentation de ses espaces publics (Figure VI.11 , VI.12). Les observations indiquent que ces espaces attirent une population variée, non seulement les résidents du quartier, mais également des habitants de toute la ville de Guelma, et ce, toutes tranches d'âges confondues.

Cette attractivité est particulièrement notable durant la saison estivale, notamment en soirée. Cette forte fréquentation atteste de la valeur sociale et récréative des espaces extérieurs, même en l'absence d'aménagements optimaux. Elle démontre un besoin manifeste de lieux de détente et de sociabilité, essentiels au bien-être collectif (Figure VI.11).



Figure VI. 11 Accessibilité et usage social des espaces publics dans le Pos Nord. (Auteur, 2022)

- *Déficits et Potentiels des Espaces Verts Aménagés*

Malgré cette fréquentation, le quartier souffre d'un manque considérable d'espaces de détente aménagés et entretenus. Seule une place est identifiée, et son état dégradé, voire son caractère "abandonné" (Figure VI.12), limite sévèrement sa capacité à offrir un bien-être paysager et une satisfaction aux usagers.



Figure VI. 12 Déficits et potentiels des espaces verts aménagés dans le périmètre du POS Nord (Auteur, 2022)

Il existe cependant des noyaux d'espaces verts sous-exploités :

- Trois placettes de forme rectangulaire ont été identifiées. Parmi elles, deux grandes placettes situées à l'entrée de la cité, bien que pouvant apporter une certaine esthétique grâce à leurs espaces verts ;
- Une troisième placette se trouve à proximité de la zone agricole, offrant des opportunités d'intégration paysagère avec l'environnement naturel.
- Le (POS) de la partie nord de la ville marquée par une "trame verte" qui représente des espaces verts de différentes végétations. Ce cadre réglementaire est une base précieuse pour le développement futur.

- *Potentiel Paysager et Manque de Conscience Végétale*

Le Pos nord de Guelma est doté d'un cadre paysager naturel exceptionnel, qui contraste fortement avec le déficit d'aménagements verts internes. La partie sud du quartier est particulièrement riche : Elle s'ouvre sur des étendues agricoles avant de s'élever vers un massif montagneux, générant une continuité paysagère marquée par la verdure et la qualité des vues (Figure VI.13). Cette zone inclut notamment une corniche le long de la route nationale, qui représente non seulement un point de vue privilégié sur le paysage environnant, mais aussi un potentiel d'aménagement paysager unique. Par analogie, la partie nord du quartier est également contiguë à des terres agricoles, renforçant cette enveloppe naturelle.

Malgré cette dotation naturelle enviable, les observations révèlent que la densité végétale au sein du tissu urbain du quartier, bien qu'existante, reste insuffisante et surtout mal répartie (Figure VI.13). Le contraste entre la richesse végétale périphérique et la pauvreté des aménagements verts internes est frappant. En effet, malgré les potentialités offertes par son environnement immédiat, il semble y avoir une déconnexion dans l'appréhension et la valorisation du capital végétal à l'échelle locale.



Figure VI. 13 Déficits et potentiels des espaces verts aménagés autour du POS Nord (Auteur, 2022)

Cette situation limite considérablement la capacité du quartier à exploiter pleinement ses atouts naturels pour améliorer le bien-être physique des usagers. Entre champs cultivés, masses boisées et reliefs de la corniche offre des opportunités non seulement pour la préservation, mais aussi pour l'intégration de corridors écologiques et la création d'espaces de transition qui pourraient connecter les zones bâties à ce patrimoine naturel exceptionnel. La mise en œuvre de politiques d'aménagement et de sensibilisation est impérative pour transformer cette conscience latente en actions concrètes, favorisant ainsi une meilleure intégration paysagère et une valorisation du végétal au cœur du quartier.

6.5. Conclusion

Les apports de la télédétection et de l'écologie du paysage ont permis de quantifier les transformations spatio-temporelles liées à l'urbanisation de Guelma. L'analyse des métriques paysagères montre une perte marquée du couvert végétal au sein du tissu urbain central, tandis que l'identité verte de la ville se maintient en périphérie, grâce au maintien des sols agricoles et des formations végétales.

Afin de confronter ces constats issus de l'analyse spatiale à la réalité vécue, une enquête de terrain a été menée auprès des habitants d'un quartier périphérique de Guelma, choisi pour son caractère représentatif en raison de sa localisation et de son évolution récente. L'objectif était de recueillir la perception des résidents face à la réduction du couvert végétal dans leur cadre de vie. Les résultats révèlent une consommation importante de la végétation à l'intérieur même du quartier, malgré un environnement périphérique encore marqué par la présence de paysages naturels relativement préservés.

L'étude met en évidence une dissonance notable entre les attentes des habitants et la réalité des espaces verts dans ce quartier. Une majorité des répondants (77.8 des participants ont signalé une carence notable en matière de couverture végétale urbaine, en soulignant des insuffisances à la fois quantitatives et qualitatives, notamment un entretien jugé inadéquat. Cette insatisfaction se décline en quatre dimensions principales :

- Bien-être : Les espaces verts sont perçus comme essentiels à la qualité de vie, mais leur rareté et leur état de dégradation suscitent un fort mécontentement.
- Conscience environnementale : Si 80 % des habitants reconnaissent l'importance des espaces verts, leur gestion est perçue comme une responsabilité exclusivement publique, traduisant un faible engagement collectif.
- Satisfaction résidentielle : Seuls 22 % des résidents expriment une satisfaction quant à leur quartier, dénonçant un urbanisme peu adapté et un entretien insuffisant.
- Valeur paysagère : La végétation est identifiée comme un atout esthétique et identitaire majeur, mais son potentiel est limité par des aménagements fragmentés et peu cohérents.

L'observation directe corrobore ces constats : un contraste saisissant oppose le cadre naturel alentour (zones agricoles, reliefs boisés) à la pauvreté des espaces verts aménagés dans le quartier. Malgré une accessibilité satisfaisante et une fréquentation importante des espaces publics, ces derniers souffrent d'un manque d'entretien et de structuration (placettes délaissées, absence d'équipements adaptés tels que des aires de jeux).

Chapitre 6. Perception du végétal en milieu urbain : enquête pilote dans un quartier périphérique de Guelma

L'articulation entre les indicateurs issus des métriques paysagères et les données des enquêtes sociétales offre une lecture plus finement de l'impact de la perte de végétation sur le tissu urbain. Cette diminution progressive du couvert végétal se manifeste non seulement par une dégradation esthétique du paysage perçu, mais aussi par une altération de la qualité environnementale des espaces urbains. Le recul des structures végétales accentue l'artificialisation du cadre bâti, réduit la diversité écologique et fragmente les continuités paysagères, compromettant ainsi la cohérence du tissu urbain.

Sur le plan social, cette perte se traduit par une diminution notable du bien-être ressenti par les habitants : les espaces de respiration se raréfient, les îlots de fraîcheur végétale se réduisent, aggravant les phénomènes de surchauffe urbaine. L'appauvrissement du paysage végétal influe également sur l'identité des lieux et sur l'attractivité des quartiers, en générant des perceptions négatives et un sentiment de dégradation du cadre de vie.

En somme, l'élément végétal, par sa capacité à structurer, rafraîchir et valoriser les espaces urbains, joue un rôle clé dans l'équilibre et la qualité du tissu urbain : sa régression perturbe ces fonctions essentielles et contribue à la détérioration globale de l'environnement urbain.

La préservation de l'identité paysagère et écologique de la wilaya et de la ville de Guelma constitue un enjeu stratégique face aux dynamiques urbaines croissantes. Dans ce cadre, la mise en place de politiques de protection, de gestion raisonnée et de valorisation des structures végétales apparaît comme un levier fondamental pour renforcer la résilience écologique et territoriale.

Conclusion Générale

La présente recherche doctorale a été conduite dans une perspective visant à mettre en évidence, à travers une approche à la fois quantitative et qualitative, les interactions complexes entre la végétation urbaine et la fabrique du tissu urbain à Guelma, en Algérie, ainsi qu'à analyser les mutations paysagères qui en découlent, en soulignant le rôle structurant de la végétation dans ce processus.

Elle s'inscrit dans un contexte mondial marqué par une urbanisation accélérée et les profondes mutations environnementales qu'elle engendre. Face aux enjeux croissants liés aux déséquilibres paysagers dans les milieux urbanisés, la place du végétal dans la ville devient une question centrale pour repenser les modalités de production de l'espace urbain contemporain.

Loin de constituer un simple élément de décor ou un résidu spatial, la végétation urbaine apparaît désormais comme un levier stratégique pour promouvoir une urbanité plus durable, à l'interface des dimensions écologiques, sociales et paysagères. Son intégration dans les dynamiques de la fabrique urbaine soulève ainsi de nouveaux questionnements relatifs aux relations entre morphologie urbaine, occupation du sol, formes d'urbanisation et structures végétales.

L'adaptation du concept d'écologie du paysage dans les pratiques d'aménagement urbain peut s'opérer à travers une reconfiguration des formes urbaines. En s'appuyant sur une lecture paysagère, cette recherche suit particulièrement l'impact de l'élément végétal dans la structure urbaine, en tant que composante révélatrice des logiques d'occupation du sol.

Cette analyse suppose une lecture du paysage urbain dans sa globalité, en tant que résultante d'interactions complexes entre éléments naturels, formes bâties et pratiques sociales. L'échelle paysagère permet ainsi d'adopter une posture distanciée apte à révéler les logiques d'organisation de la trame végétale au sein du tissu urbain, mais aussi son rôle dans la structuration des formes urbaines.

La configuration du site par ses caractéristiques topographiques, hydrologiques et climatiques constitue un facteur majeur conditionnant la distribution des éléments végétaux et leur intégration dans la trame urbaine. De même, les dynamiques d'urbanisation influencées par les réseaux viaires et les modes d'occupation du sol modifient profondément la place et la continuité des structures végétales, générant parfois des discontinuités écologiques et paysagères.

Enfin, les choix d'aménagement et les représentations sociales du végétal jouent un rôle déterminant. Les politiques urbaines, les dispositifs réglementaires et les perceptions des usagers participent activement à la manière dont la végétation est incorporée ou marginalisée dans la fabrique urbaine. L'élément végétal, loin d'être un simple ornement, devient alors un indicateur pertinent des tensions entre développement urbain, durabilité et qualité paysagère.

La synthèse bibliographique élaborée dans ce travail a permis de positionner cette recherche dans le cadre des études sur les interactions entre l'élément végétal et la fabrique du tissu urbain, et d'élaborer un modèle d'analyse adapté aux objectifs visés. L'investigation méthodologique s'est d'abord appuyée sur le calcul de métriques paysagères, permettant de quantifier et caractériser la structure végétale au sein des quartiers étudiés. Ce travail analytique a ensuite été complété par une enquête de terrain réalisée au printemps, le long d'un parcours urbain traversant divers quartiers, fréquentés par les usagers de la ville.

L'analyse et la compréhension de l'environnement urbain ont représenté une étape fondamentale de cette recherche, visant à appréhender les logiques spatiales et paysagères qui façonnent le tissu urbain de Guelma. Cette démarche s'est articulée autour de trois principaux volets complémentaires. Le premier volet a concerné le contexte géographique et environnemental, à travers l'étude du patrimoine naturel et culturel, de la topographie, de l'hydrographie, des caractéristiques géologiques et pédologiques, ainsi que du climat, notamment les régimes de température et de précipitations.

Le second volet a porté sur le contexte démographique et socio-économique, en examinant l'évolution de la population, la dynamique sociale et les caractéristiques économiques du territoire. Enfin, le troisième volet a été dédié au contexte urbanistique, incluant l'analyse de la morphologie et des formes urbaines, l'étude des processus d'urbanisation influençant le tissu urbain actuel, ainsi que l'examen de la richesse végétale de la ville. Une attention particulière a été accordée à la place de la végétation dans le tissu urbain de Guelma, envisagée comme un indicateur révélateur des logiques d'aménagement, mais aussi comme un levier potentiel d'équilibre écologique, social et paysager.

Dans cette même logique, la reconnaissance du rôle essentiel de l'élément végétal dans les milieux urbains en transformation s'impose comme une priorité dans les démarches contemporaines d'aménagement durable. La présence végétale, souvent mise à mal par les processus d'urbanisation, doit faire l'objet d'une attention particulière, notamment à travers la mise en place de dispositifs généralisés d'analyse critique des formes urbaines proposées et de

leurs impacts sur les structures paysagères. Dans ce cadre, l'écologie du paysage urbain constitue un outil théorique et opérationnel pertinent, en ce qu'elle permet d'évaluer les mutations spatiales induites par l'étalement urbain, tout en tenant compte des interactions entre éléments bâtis, espaces végétalisés et dynamiques écologiques.

Cette approche met l'accent sur la nécessité de préserver les continuités écologiques et de maintenir une connectivité spatiale fonctionnelle. Les notions de réseau vert, de trame végétale et de corridor écologique s'imposent dès lors comme des leviers stratégiques permettant d'articuler développement urbain et maintien des équilibres paysagers. Leur intégration dans les stratégies d'aménagement urbain, qu'il s'agisse de projets d'extension ou de requalification de tissus existants, traduit une volonté croissante de replacer la végétation au cœur des logiques d'organisation urbaine.

Dès lors, la végétation ne relève plus du simple décor paysager ou d'un espace résiduel : elle devient un élément structurant à part entière du tissu urbain, capable d'influencer la morphogenèse de la ville contemporaine tout en répondant à des enjeux écologiques, sociaux et spatiaux.

L'analyse de la structure végétale intégrée au tissu urbain de Guelma a été conduite à travers une approche croisée mobilisant la cartographie spatiotemporelle et des indicateurs issus de l'écologie du paysage, dans le but de mieux appréhender les dynamiques de transformation urbaine. Cette démarche repose sur l'articulation de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG), offrant la possibilité de détecter, de mesurer et de cartographier l'évolution de la répartition, de la continuité et de la composition des espaces végétalisés à différentes échelles temporelles.

Grâce à l'exploitation des images satellitaires, il a été possible de suivre l'évolution de l'élément végétal dans le tissu urbain et de mesurer les effets de l'urbanisation sur les structures paysagères. Cette analyse croisée entre formes urbaines et composantes végétales met en évidence l'impact des processus d'urbanisation sur la configuration écologique et spatiale du territoire, tout en soulignant le rôle structurant que peut jouer la végétation dans la fabrique urbaine contemporaine.

Compte tenu des enjeux liés à la transformation rapide des milieux urbains et de la pression exercée sur les espaces végétalisés, les effets de l'évolution du tissu urbain sur la présence, la configuration et la fonction des structures végétales ont été particulièrement examinés. Cette

Conclusion Générale

analyse a d'abord reposé sur une compréhension fine des dynamiques d'occupation et d'utilisation des sols à travers l'espace urbain, en s'appuyant sur une cartographie spatiotemporelle des changements intervenus, permettant de visualiser et de qualifier les principales tendances de mutation.

Cette première étape a été suivie d'une évaluation des formes paysagères produites par ces transformations urbaines, par le biais d'indicateurs et de métriques issus de l'écologie du paysage, permettant ainsi d'objectiver les effets de l'aménagement urbain sur la structure, la fragmentation et la connectivité du végétal dans la ville. L'objectif de cette démarche était d'identifier dans quelle mesure l'élément végétal, au-delà de son rôle écologique, participe activement à la fabrique du tissu urbain et au paysage urbain.

Les données extraites de l'analyse spatio-temporelle réalisée à l'échelle urbaine de Guelma, fondée sur la classification supervisée d'images satellitaires datées de 1987, 2003 et 2019, a permis de mettre en évidence des dynamiques territoriales contrastées, révélatrices d'un processus d'urbanisation rapide et peu maîtrisé, au détriment des composantes végétales du paysage urbain.

Les cartes générées témoignent d'une extension soutenue des zones bâties, notamment vers les secteurs sud et nord-est de la ville, marquée par un grignotage progressif des terres agricoles, des espaces végétalisés ouverts, ainsi que de certaines zones forestières. Ce phénomène d'étalement urbain s'est particulièrement intensifié durant la période 2003–2019. En parallèle, une densification localisée du couvert forestier a été observée dans la partie nord-ouest, traduisant des logiques d'occupation du sol complexes, voire contradictoires.

L'analyse diachronique des surfaces occupées par les différentes classes d'usage du sol corrobore ces observations. La proportion des terres végétales a significativement chuté, passant de 65,8 % en 1987 à 40,5 % en 2003, pour se stabiliser légèrement à 41,8 % en 2019. La couverture forestière, en progression notable entre 1987 (7,75 %) et 2003 (17,47 %), a connu une régression au cours de la dernière période, atteignant 15,17 % en 2019. À l'inverse, les surfaces bâties ont augmenté de manière continue, représentant 15,2 % de la superficie totale en 2019, contre seulement 7,6 % en 1987. Ces évolutions traduisent un basculement progressif vers une urbanisation dominante, exercée au détriment des équilibres écologiques initiaux.

L'indice PLAND (pourcentage de la classe dans le paysage) indique une augmentation substantielle de la classe bâtie (de 11,16 % à 25,12 % entre 1987 et 2019), tandis que les terres vertes ont connu une régression marquée (de 66,92 % à 33,04 %). L'indicateur LPI (plus grande

Conclusion Générale

parcelle) souligne une fragmentation croissante du couvert végétal : la plus grande unité de terres cultivées est passée de 64,93 % en 1987 à seulement 10,42 % en 2019. Cette discontinuité écologique témoigne d'un affaiblissement significatif des structures végétales majeures.

Dans le même temps, les valeurs du LPI ont augmenté dans les classes urbaine et forestière, révélant la coalescence de parcelles bâties et la mise sous pression des milieux forestiers. La métrique AREA-MN (taille moyenne des taches) suit une tendance analogue : la taille moyenne des parcelles urbaines a fortement progressé (de 317,62 ha à 885,41 ha), tandis que celle des terres vertes a chuté drastiquement (de 2821,32 ha à 191,71 ha), accentuant leur vulnérabilité écologique et leur fragmentation.

Les indicateurs de structure et de forme confirment également ces mutations. Le nombre de parcelles (NP) a augmenté de manière significative pour les classes forestière (de 223 à 478) et végétale (de 121 à 419), alors qu'il a diminué dans la classe bâtie (de 131 à 116), signe d'un mitage croissant du paysage végétal, associé à une consolidation progressive des tissus urbains. L'évolution des indices LSI (forme des taches) et AI (agrégation) indique respectivement une complexification des formes et une perte de connectivité au sein des structures végétales, notamment après 2003.

Ces résultats traduisent de manière convergente les effets déséquilibrants de l'urbanisation sur l'organisation spatiale des écosystèmes végétaux, et révèlent l'apparition d'un paysage urbain de plus en plus fragmenté, hétérogène et écologiquement appauvri. Ils soulignent, en outre, l'insuffisance des logiques de planification urbaine classiques, souvent peu sensibles aux dynamiques écosystémiques.

En définitive, cette étude valide pleinement l'hypothèse selon laquelle les configurations spatiales de l'élément végétal, appréhendées par les outils de l'écologie du paysage, jouent un rôle structurant fondamental dans l'évolution du tissu urbain. Sa prise en compte s'avère indispensable pour toute démarche d'aménagement soucieuse de durabilité, de résilience et de qualité écologique du milieu urbain.

Parallèlement à l'analyse spatiale objectivée par les métriques issues de l'écologie du paysage, une enquête pilote menée dans un quartier résidentiel périphérique de Guelma – situé au nord-est de la ville – a permis d'explorer les représentations subjectives des habitants vis-à-vis des espaces végétalisés.

Cette investigation in situ visait à confronter les dynamiques spatiales identifiées par les outils d'analyse paysagère aux perceptions sensibles des usagers, considérés comme acteurs perceptifs et parties prenantes de leur environnement quotidien. Le quartier, en tant qu'unité spatiale de référence, a été appréhendé comme un écosystème urbain intégrant des composantes bâties et naturelles, où les processus d'urbanisation et les mutations paysagères prennent forme de manière tangible.

Les résultats de l'enquête pilote menée dans un quartier résidentiel périphérique de Guelma ont permis de confronter les dynamiques spatiales, objectivées par l'analyse métrique du paysage, aux perceptions et usages exprimés par les habitants. Le quartier, appréhendé comme un écosystème urbain, a révélé à travers cette investigation une conscience habitante aiguë de la valeur des éléments végétaux, souvent perçus comme insuffisamment présents, mal entretenus ou inégalement répartis.

Cette perception confirme la deuxième hypothèse de cette recherche : La distribution spatiale hétérogène de la végétation, marquée par des écarts en termes de densité, de fragmentation et de connectivité, se traduit par des inégalités d'accès aux services écosystémiques et aux bénéfices socio-environnementaux qu'offre la nature en milieu urbain. En croisant les outils de l'écologie du paysage et les retours issus du terrain, cette démarche met en lumière l'importance d'une planification urbaine intégrée, sensible à la fois aux structures spatiales et aux expériences vécues, afin de garantir une justice environnementale et une meilleure qualité de vie pour tous les citoyens.

En définitive, cette recherche a mis en lumière l'impact différenciée de l'élément végétal sur la structuration du tissu urbain de la ville de Guelma, comme en témoignent les résultats issus des analyses cartographiques mobilisant les métriques paysagères. La mise en regard de ces données spatiales avec les perceptions recueillies auprès des habitants, dans le cadre de l'enquête pilote, a permis de confirmer que cette distribution inégale de la végétation urbaine induit des disparités significatives dans l'accès aux aménités écologiques et sociales qu'elle procure.

Ces constats mettent en évidence l'importance d'une approche fondée sur l'écologie du paysage, laquelle permet d'appréhender l'élément végétal non seulement comme vecteur de services écosystémiques, mais aussi comme un acteur structurant du tissu urbain, porteur d'identité et de lisibilité à l'échelle de la ville.

Conclusion Générale

En articulant les dimensions spatiales, écologiques et perceptives, cette approche rend compte du rôle du végétal dans la construction d'une expérience sensible de l'espace urbain, depuis l'échelle territoriale jusqu'au vécu quotidien des habitants. Dès lors, une planification urbaine intégrée, attentive aux dynamiques paysagères et sociales, s'impose comme un levier central pour accompagner la transition vers une ville durable, inclusive et résiliente.

Au-delà du périmètre urbain, ces orientations apparaissent également essentielles pour sauvegarder l'identité paysagère et écologique de la wilaya dans son ensemble, et renforcer la résilience des territoires face aux défis environnementaux et aux dynamiques d'urbanisation futures.

Cette thèse propose ainsi des orientations concrètes en faveur d'une gouvernance territoriale qui place la nature et le paysage au cœur des stratégies contemporaines d'aménagement urbain. Ce travail entend contribuer aux réflexions et aux pratiques en cours, en offrant des pistes pour un urbanisme plus respectueux des équilibres écologiques, plus attentif aux besoins des habitants et plus adapté aux spécificités territoriales de villes comme Guelma.

Limites de recherche

Comme toute démarche scientifique rigoureuse, cette recherche s'inscrit dans un cadre spatial et thématique clairement défini, garant de la cohérence de l'analyse. Elle présente néanmoins un certain nombre de limites qu'il convient de souligner afin d'en clarifier les contours. Sur le plan spatial, l'analyse a été délibérément restreinte à la commune de Guelma, considérée comme cadre pertinent pour appréhender les interactions entre structures végétales et fabrique urbaine. Toutefois, cette délimitation n'intègre pas les continuités écologiques et fonctionnelles qui dépassent les frontières administratives de la ville, notamment à l'échelle intercommunale.

Par ailleurs, l'enquête sociologique repose sur une investigation in situ menée exclusivement dans un quartier résidentiel périphérique situé au nord de la ville de Guelma. Ce choix, dicté par des considérations méthodologiques et logistiques propres à une enquête pilote, constitue une limite en termes de représentativité territoriale.

En effet, les perceptions et usages relevés ne peuvent être extrapolés à l'ensemble des quartiers de la ville, notamment ceux situés au centre, ainsi qu'aux périphéries sud, est et ouest, qui présentent des caractéristiques morphologiques, sociales et paysagères potentiellement distinctes.

Les difficultés racontées

Conclusion Générale

Au cours de son élaboration, cette recherche a été confrontée à un ensemble de difficultés concrètes qui ont influencé certaines de ses étapes méthodologiques et opérationnelles. Les principales difficultés se déclinent comme suit :

- La crise sanitaire liée à la pandémie de COVID-19, survenue au début du travail, Cela a perturbé le déroulement de la recherche scientifique et entraîné une interruption temporaire de la phase de collecte des données, en raison des mesures de confinement généralisé.
- Le manque d'ouvrages, particulièrement en lien avec le contexte algérien, a constitué un frein à l'approfondissement théorique ;
- L'indisponibilité de certaines cartes et vues aériennes anciennes de la ville de Guelma ;
- Le coût élevé des images satellitaires, bien que produites localement via le satellite ALSAT-1, a représenté une contrainte majeure ;
- Les incendies ayant touché la wilaya de Guelma durant la période de commande des images ont entravé les déplacements sur le terrain et engendré un retard dans la réception des données fournies par l'INCT, compromettant ainsi partiellement le calendrier initial de la recherche ;
- L'indisponibilité du logiciel ArcGIS dans sa version originale en Algérie a nécessité l'adoption d'une solution alternative via le logiciel libre QGIS, ce qui a demandé un temps d'adaptation et limité certaines fonctionnalités avancées ;
- La phase d'enquête sociologique a été confrontée à un taux de non-réponse élevé parmi certaines catégories d'habitants, limitant la représentativité de l'échantillon ;
- Enfin, la difficulté de quantifier certaines observations spatiales, notamment en ce qui concerne les usages informels ou temporaires des espaces végétalisés, a constitué une limite méthodologique.

Implications pratiques de la recherche

Les résultats de l'étude offrent des implications concrètes pour mieux intégrer le végétal dans la gestion urbaine et améliorer le bien-être des habitants, parmi lesquelles :

- Orientation des politiques urbaines et environnementales

Les résultats fournissent aux décideurs locaux des données quantitatives précises sur la fragmentation, la densité et la connectivité du couvert végétal.

- Optimisation de la planification écologique

La prise en compte des continuités écologiques mises en évidence permet de concevoir des corridors verts intercommunaux.

Conclusion Générale

- Amélioration de la qualité de vie des habitants

Cette recherche peut orienter la création d'espaces verts mieux adaptés aux usages quotidiens, contribuant au bien-être et à la santé publique.

- Support à la gestion durable du patrimoine végétal urbain

L'identification des quartiers les plus ou moins végétalisés offre un outil de priorisation pour les interventions municipales, permettant d'allouer efficacement les ressources à la reforestation ou à la végétalisation urbaine ciblée.

- Sensibilisation et participation citoyenne

Les résultats peuvent alimenter des programmes éducatifs et participatifs, renforçant la conscience collective de l'importance du végétal dans la ville et incitant à des pratiques respectueuses de l'environnement.

En somme, cette recherche ne se contente pas de diagnostiquer la relation entre végétation et urbanisation à Guelma ; elle fournit des outils et des connaissances directement actionnables pour une planification urbaine plus durable, plus résiliente et plus centrée sur les besoins des habitants.

Perspectives et recherche futures

La présente recherche s'est articulée autour de deux volets complémentaires : d'une part, l'évaluation spatio-temporelle de la végétation à Guelma, et d'autre part, l'analyse de la satisfaction des usagers concernant le végétal dans leur quartier. Ces deux axes, articulés en continuité, ouvrent un large champ de perspectives pour des recherches futures.

- Croisement entre structure écologique et structure sociale :

Un croisement approfondi entre la structure écologique et la structure sociale apparaît comme une piste prometteuse : il s'agirait de mettre en relation les métriques paysagères (dispersion, connectivité, fragmentation) avec les perceptions et usages des habitants, afin d'éclairer les modalités de co-construction d'un tissu urbain durable. Ce travail combinant SIG, indices paysagers et enquêtes qualitatives valoriserait la conscience paysagère ainsi que l'appropriation sociale du végétal.

- À une échelle territoriale plus large (Macro-échelle) :

Conclusion Générale

- Cartographie et classement des communes de la wilaya de Guelma.
- Comparaison interurbaine avec d'autres villes méditerranéennes algériennes (Constantine, Annaba) afin d'identifier des modèles paysagers régionaux.

- À une échelle plus fine (Micro-échelle) :
 - Classement des quartiers selon des critères spatiaux et sociaux :

L'analyse à l'échelle du quartier permet une meilleure compréhension de la répartition du végétal et une hiérarchisation des quartiers selon des critères spatiaux et sociaux, contribuant à une cartographie fine de la qualité de vie urbaine.

- Intégration des perceptions habitantes et participation citoyenne :
 - Valorisation du rôle social et symbolique du végétal dans les quartiers en mutation ;
 - Élargissement des enquêtes qualitatives à différents quartiers et acteurs ;
 - Analyse des politiques urbaines et gouvernance pour mieux comprendre freins et leviers d'une végétalisation urbaine efficace et partagée.

Ainsi, ces pistes constituent autant d'opportunités pour approfondir et diversifier la recherche sur le végétal urbain, en articulant analyse spatiale, dimensions sociales et perspectives d'aménagement durable.

Références bibliographiques

- A.B.H., (2005). Les cahiers de l'agence. Les eaux souterraines dans le bassin de la Seybouse, Rapport interne 1- 46. »
- Aboelata, A. (2021). Reducing outdoor air temperature, improving thermal comfort, and saving buildings' cooling energy demand in arid cities – Cool paving utilization. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102762. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102762>
- ADEME. (2006). Guide pour un urbanisme durable. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.
- Agboola, O. P., Rasidi, M. H., Said, I., Abogan, S. O., & Adejuwon, A. S. (2018). Morphological and GIS-based land use analysis: A critical exploration of a rural neighborhood. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 2(2), 106–121. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2018.4675>
- Aguejdad, R. (2009). Étalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole [Thèse de doctorat, Université Rennes 2].
- Aguejdad, R., & Hubert-Moy, L. (2016). Suivi de l'artificialisation du territoire en milieu urbain par télédétection et à l'aide de métriques paysagères : Application à une agglomération de taille moyenne, Rennes Métropole. Cybergeog, (766). <https://doi.org/10.4000/cybergeog.27465>
- Ahern, J. (2005). Integration of landscape ecology and landscape architecture: An evolutionary and reciprocal process. *Landscape Ecology*, 20(3), 311–313. <https://doi.org/10.1007/s10980-004-3161-6>
- Ahern, J. (2007). Green infrastructure for cities: The spatial dimension. In V. Novotny & P. Brown (Eds.), *Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management* (pp. 267–283). IWA Publishing.
- Ahern, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology*, 28(6), 1203–1212. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9799-z>
- AiDASH. (2020). Redefining vegetation management with AI. AiDASH. <https://www.aidash.com/redefining-vegetation-management-with-ai/>

Référence bibliographiques

- Akpınar, A. (2014). Kullanıcıların kentsel yeşil yolları kullanım sebepleri, algıları ve tercihlerinin AydınKoşuyolu örneğinde incelenmesi [Investigation of the reasons, perceptions and preferences of users for urban green roads in Aydın / Koşuyolu case.]. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 64(2), 41-55. <https://doi.org/10.17099/jffiu.31281>
- Alberti M (2008) *Advances in Urban Ecology: Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Springer-Verlag, New-York, 366 p.
- Alberti M, Marzluff JM, Shulenberger E, Bradley G, Ryan C, Zumbrunnen C (2003) Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *Bioscience* 53(12) : 1169-1179.
- Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(11), 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.07.013>
- Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology: Integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-75510-6>
- Alberti, M., & Waddell, P. (2000). An integrated urban development and ecological simulation model. *Integrated Assessment*, 1(3), 215–227. <https://doi.org/10.1023/A:1019140101212>
- Alberti, M., Booth, D., Hill, K., Coburn, B., Avolio, C., Coe, S., & Spirandelli, D. (2007). The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: An empirical analysis in Puget lowland sub-basins. *Landscape and Urban Planning*, 80(4), 345–361. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.08.001>
- Alcock, I., White, M. P., Wheeler, B. W., Fleming, L. E., & Depledge, M. H. (2014). Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas. *Environmental Science & Technology*, 48(2), 1247–1255. <https://doi.org/10.1021/es403688w>
- Anderson, M. J., Ellingsen, K. E., & McArdle, B. H. (2006). Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, 9(6), 683–693. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00926.x>
- Andersson, E. (2006). Urban landscapes and sustainable cities. *Ecology and Society*, 11(1), Article 34. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art34/>
- Aniekan Akpan Umoh, Chinedu Nnamdi Nwasike, Olawe Alaba Tula, Chinedu Alex Ezeigweneme, & Joachim Osheyor Gidiagba. (2024). Green infrastructure development : Strategies for urban resilience and sustainability. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 020-029. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.2683>

Référence bibliographiques

- Apostolopoulou, E., & Pantis, J. D. (2009). Conceptual gaps in the national strategy for the implementation of the European Natura 2000 conservation policy in Greece. *Biological Conservation*, 142(1), 221–237. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.021>
- Armand, M. (2016). Images satellitaires et planification des villes du Tiers-Monde. *Mondes en développement*, 44(175), 169–184. <https://doi.org/10.3917/med.176.0169>
- Arrif, T., Blanc, N., & Clergeau, P. (2011). Trame verte urbaine, un rapport nature–urbain entre géographie et écologie. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.24745>
- Ascione, F., Rosa Francesca De Masi, Margherita Mastellone, Silvia Ruggiero, & Giuseppe Peter Vanoli. (2020). Green Walls, a Critical Review: Knowledge Gaps, Design Parameters, Thermal Performances and Multi-Criteria Design Approaches. *Energies*, 13(9), 1-40. <https://doi.org/10.3390/en13092296>
- Asgarian, A., Amiri, B. J., & Sakieh, Y. (2015). Assessing the effect of green cover spatial patterns on urban land surface temperature using landscape metrics approach. *Urban Ecosystems*, 18(1), 209–222. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0387-7>
- Ashton, D. (2024). What is urban greening (and how is it creating the cities of the future)? University College of Estate Management. <https://www.ucem.ac.uk/whats-happening/articles/what-is-urban-greening/>
- Audren, L., Lizée, G., & al. (2016). Biodiversity and urban fragmentation: Challenges for conservation. *Revue d'Écologie Urbaine*, 12(3), 45-60.
- Azizi, S., & Azizi, T. (2024). Urban Climate Dynamics : Analyzing the Impact of Green Cover and Air Pollution on Land Surface Temperature—A Comparative Study Across Chicago, San Francisco, and Phoenix, USA. *Atmosphere*, 15(8), 917. <https://doi.org/10.3390/atmos15080917>
- Balaý, O. (2012, September). L'architecte, l'habitant, le végétal et la densité. In *Ambiances in action/Ambiances en acte (s)-International Congress on Ambiances, Montreal 2012* (pp. 285-290). International Ambiances Network.
- Balaý, O., & Bonard, J.-L. (2013, septembre). L'architecte, l'habitat, le végétal et la densité (hal-01360340). CRESSON. <http://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-01360340>
- Ban, Y., & Yousif, O. (2016). Change detection techniques: A review. In Y. Ban (Ed.), *Multitemporal remote sensing: Methods and applications* (pp. 19–43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47037-5_2

Référence bibliographiques

- Bartesaghi Koc, C., Osmond, P., & Peters, A. (2017). Towards a comprehensive green infrastructure typology : A systematic review of approaches, methods and typologies. *Urban Ecosystems*, 20(1), 15-35. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0578-5>
- Batty, M. (2004). A New Theory of Space Syntax. CASA Working Papers, 75.
- Batty, M. (2013). The new science of cities. MIT Press.
- Beatley, T. (2017). Handbook of biophilic city planning & design. Island Press.
- Bazazzadeh, H., Nadolny, A., & Hashemi Safaei, S. (2021). Climate Change and Building Energy Consumption : A Review of the Impact of Weather Parameters Influenced by Climate Change on Household Heating and Cooling Demands of Buildings. *European Journal of Sustainable Development*, 10, 1. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n2p1>
- Béal, V. (2015). La ville durable au risque de l'écologie politique. Métropolitiques.
- Beatley, T. (2017). Handbook of biophilic city planning & design. Island Press.
- Beatley, T. (2016). Handbook of Biophilic City Planning & Design. Island Press.
- Bechaa, T., Dahmani, K., & Alkama, D. (2024). The vegetal element and its impact according to the user's perception. Case of Guelma city. *South Florida Journal of Development*, 5(11), e4596. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n11-009>
- Bechaa, T., Dahmani, K., Alkama, D., & Dechaicha, A. (2024). The role and impact of vegetation on the urban fabric: Case of Guelma city. *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*, 3(43). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/30092024/8262
- Beldjazia, A., & Alatou, D. Les perturbations climatiques et leurs incidences possibles sur l'écosystème forestier de la Mahouna Guelma (Doctoral dissertation).
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). Green infrastructure: Linking landscapes and communities. Island Press.
- Bennett, A. F. (1999). Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN.
- Bennett, G. (1991). Vers un réseau écologique européen. Institut pour une Politique Européenne de l'Environnement.
- Bensehla, S., & Lazri, Y. (2021). The impact of the urban form on energy consumption and solar access: Case of individual housing subdivisions in Constantine [Master's thesis, University of Guelma]. <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/11482>

Référence bibliographiques

- Benzerari, S. (2013). L'évolution des quartiers anciens : Quels enjeux urbains ? Cas d'étude : la cité Bon Accueil, Guelma [Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar Annaba].
- Berghauser Pont, M., & Haupt, P. (2010). Spacematrix: Space, Density and Urban Form. NAI Publishers.
- Bruegmann, R. (2005). Sprawl: A compact history. University of Chicago Press.
- Cairn.info. (2007). Durabilité urbaine et gouvernance, enjeux du XXI^e siècle. *Revue Internationale des Sciences Sociales*, 193(3), 373-390.
- Berthot, C. (2019). Influence du végétal sur la composition paysagère et sa perception (Doctoral dissertation, Vertumne Paysage, 7 rue du faubourg Montmartre, 75009 Paris).
- Bessemoulin, P., & Oliiviéri, J. (2000). Le rayonnement solaire et sa composante ultraviolette. *La Météorologie*, 31, 42-59. <https://doi.org/10.4267/2042/36135>
- Beunen, R. (2006). European nature conservation legislation and spatial planning: For better or for worse? *Journal of Environmental Planning and Management*, 49(4), 613–630. <https://doi.org/10.1080/09640560600747783>.
- Bhattarai, H., Tai, A. P. K., Val Martin, M., & Yung, D. H. Y. (2024). Impacts of changes in climate, land use, and emissions on global ozone air quality by mid-21st century following selected Shared Socioeconomic Pathways. *Science of The Total Environment*, 906, 167759. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167759>
- Biró, E., Bouwma, I., & Grobelnik, V. (2006). Indicative map of the Pan-European Ecological Network in South-eastern Europe: Technical background document. ECNC – European Centre for Nature Conservation.
- Bischoff, N., & Jongman, R. H. G. (1991). Development of rural areas in Europe: The claim for nature. Netherlands Scientific Council for Government Policy.
- Blair, R. B., & Launer, A. E. (1997). Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation*, 80(1), 113–125. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(96\)00056-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(96)00056-0)
- Boblic, T. (1990). The role of time function in city spatial structure: Past and present (pp. 25–51). Gower Publishing Co Ltd. http://eprints.unsri.ac.id/3962/1/ugm_igsci_2011.pdf
- Boccalatte, A., Fossa, M., Gaillard, L., & Menezo, C. (2020). Microclimate and urban morphology effects on building energy demand in different European cities. *Energy and Buildings*, 224, Article 110129. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110129>
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- Borie, A., & Danieul, F. (1980). Méthode d'analyse morphologique des tissus urbains traditionnels. Études et documents sur le patrimoine culturel. UNESCO.

Référence bibliographiques

- Botequilha Leitão, A., & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59, 65–93. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00005-1)
- Bourdeau-Lepage, L., Langlois, W., & Sablé, T. (2012). *La nature en ville. Espaces verts et bien-être : Enquête menée auprès de 150 personnes à Lyon au printemps 2012.* Université de Lyon.
- Bourgeois, M. (2015). *Impacts écologiques des formes d'urbanisation : Modélisations urbaines et paysagères [Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté].* <http://www.theses.fr/2015BESA1029/document>
- Bourikas, L., Shen, T., James, P. A. B., Chow, D. H. C., Jentsch, M. F., Darkwa, J., & Bahaj, A. S. (2013). Addressing the Challenge of Interpreting Microclimatic Weather Data Collected from Urban Sites. *Journal of Power and Energy Engineering*, 01(05), 7-15. <https://doi.org/10.4236/jpee.2013.15002>
- Brahimi, M., Benabbas, M., & Djaghroui, D. (2023). Setting up the ENVI-met digital tool to evaluate climatic conditions at an urban scale : A case study of Djelfa, Algeria. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 49, 113-127. <https://doi.org/10.3897/jbgs.e113695>
- Burel, F., & Baudry, J. (1999). *Écologie du paysage : Concepts, méthodes et applications.* Tec & Doc Lavoisier.
- Burel, F., et Baudry, J. (1996). *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications.* Paris: Tec & Doc.362 p.
- Cameron, R. W. F., Blanuša, T., Taylor, J. E., Salisbury, A., Halstead, A. J., Henricot, B., & Thompson, K. (2012). The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(2), 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.01.002>
- Cano, E. (2016). *Cartographie des formations végétales naturelles à l'échelle régionale par classification de séries temporelles d'images satellitaires (Doctoral dissertation, Université Rennes 2).*
- Carmichael, K. (2025). Rethinking Risk, Responsibility and Design in Urban Green Infrastructure. *GreenBlue Urban*. <https://greenblue.com/na/rethinking-risk-responsibility-and-design-in-urban-green-infrastructure/>
- Carmona, M. (2010). Contemporary public space: Critique and classification, part one – Critique. *Journal of Urban Design*, 15(1), 123–148. <https://doi.org/10.1080/13574800903435651>

Référence bibliographiques

- Carvalho, P. D., Bini, L. M., Diniz-Filho, J. A. F., & Murphy, K. J. (2009). A macroecological approach to study aquatic macrophyte distribution patterns. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 21(2), 169-174.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (France/1994-2013)., & Boutefeu, E. (2009). *Composer avec la nature en ville*. CERTU.
- Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. (s. d.). Définition de VÉGÉTAL. Consulté 12 mai 2025, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/v%C3%A9g%C3%A9tal>
- Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133.
- Charmes, E. (2011). *La densité urbaine et ses ennemis. Voyage au pays des anti-sprawl*. Presses Universitaires de France.
- Chatzinikolaou, E., Chalkias, C., & Dimopoulou, E. (2018). Urban microclimate improvement using ENVI-met climate model. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII–4, 69–76. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-69-2018>
- Chelkoff, G., & Balaý, O. (1991). Bien-être sonore à domicile: architectures du logement et potentiel de confort sonore. Centre de recherche sur l'espace sonore et l'Environnement Urbain, Equipe de recherche architecturale.
- Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*, 68(1), 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>
- Choay, F. (1965). *L'urbanisme, utopies et réalités*. Seuil.
- Christaller, W. (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Gustav Fischer.
- Clergeau, P. (2007). *Une écologie du paysage urbain* (136 p.). Apogée.
- Climate-ADAPT. (2024). Urban green and blue infrastructure planning. Climate-ADAPT. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/green-spaces-and-corridors-in-urban-areas>
- Coley, R. L., Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (1997). Where does community grow? The social context created by nature in urban public housing. *Environment and Behavior*, 29(4), 468-494. <https://doi.org/10.1177/001391659702900402>
- Collins, R., Schaafsma, M., & Hudson, M. D. (2017). The value of green walls to urban biodiversity. *Land Use Policy*, 64, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.025>

Référence bibliographiques

- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35–46.
[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Congalton, R. G., & Green, K. (2008). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices* (2nd ed.). CRC Press.
- Congedo, L. (2016). *Semi-Automatic Classification Plugin documentation* (Release 6.0.1.1).
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199(4335), 1302–1310. <https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302>
- Conzen, M. R. G. (1960). *Alnwick, Northumberland: A study in town-plan analysis*. Institute of British Geographers.
- Cornet, X. (2024). *Géographie de la végétation dans le Grand Montréal : paysages végétaux, aménités urbaines et écologisation des politiques d'aménagement* [Thèse de doctorat, Université Paris-Nord – Paris XIII].
- Cote, M. (1999). Guelma. *Encyclopédie berbère*, (21), 3229-3231. Histoire - Guelma. Visité le 14 septembre 2022, sur http://www.guelma.org/francais/index2.php?rub=ville&srub=histoire_guelma&goto=histoire_guelma
- Couch, C., Sykes, O., & Börstinghaus, W. (2007). Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France: The importance of context and path dependency. *Progress in Planning*, 68(1), 1-79.
- Crémel, F. (1992, October). New Delhi, ville - parc ou ville forêt ? *METROPOLIS*, (96-97).
- Croce, S., & Vettorato, D. (2021). Urban surface uses for climate resilient and sustainable cities : A catalogue of solutions. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103313.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103313>
- D.U.V.I.G.N.A.U.D.P. (1974). *L'écosystème urbs* (Vol. p5-35in). centre d'études de l'environnement urbain.
- d'étalement urbain. Cas d'étude: Les grandes villes du Bas-Sahara algérien (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider–Biskra).
- Da Cunha, A. (2015). Nouvelle écologie urbaine et urbanisme durable. *Revue d'Urbanisme Durable*, 7(2), 15-32.
- Dajoz R (2003) *Précis d'écologie*. Dunod, Paris, 615 p.

Référence bibliographiques

- Darbani, E. S., Rafieian, M., Parapari, D. M., & Guldmann, J.-M. (2023). Urban design strategies for summer and winter outdoor thermal comfort in arid regions: The case of historical, contemporary and modern urban areas in Mashhad, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 89, Article 104339. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104339>
- Dechaicha, A. (2020). La soutenabilité de la ville au Sahara entre compacité et tendances d'étalement urbain: Cas d'étude des grandes villes du Bas-Sahara algérien [Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra].
- Dechaicha, A., & Alkama, D. (2020). A spatio-temporal cartography and landscape metrics of urbanization patterns in Algerian Low-Sahara: The case of Ouargla city. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 12(3), 243–266. <https://doi.org/10.4314/jfas.v12i3.16>
- Dechaicha, A., & Alkama, D. (2020). Détection du changement de l'étalement urbain au Bas-Sahara algérien : Apport de la télédétection spatiale et des SIG. Cas de la ville de Biskra (Algérie). *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, (222), 43–51.
- Deelstra, T. (1998). Towards ecological sustainable cities: Strategies, models and tools. In J. Breuste, H. Feldmann, & O. Uhlmann (Eds.), *Urban ecology* (pp. 17–22). Springer.
- Del Campo Saray, F. J. M., Morales, G. B., Gerritsen, P. R. W., & Valencia, J. A. G. (2024). Social and environmental dimensions of public spaces of the indigenous territory of the Sierra de Manantlán mountain range, Jalisco state, western Mexico. *South Florida Journal of Development*, 5(9), e4315. <https://doi.org/10.34293/sfjd.v5n9.4315>
- Delcourt, H. R., Delcourt, P. A., & Webb, T. (1983). Dynamic plant ecology: The spectrum of vegetational change in space and time. *Quaternary Science Reviews*, 1, 153–175. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(83\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0277-3791(83)90017-7)
- Depraz, S. (2008). Géographie des espaces naturels protégés : Genèse, principes et enjeux territoriaux. Armand Colin.
- Dérior, P., Béringuer, P., & Laques, A. E. (2010). Mobiliser le paysage pour observer les territoires : Quelles démarches, pour quelle participation des acteurs ? *Développement durable et territoires*, 1(2). <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.8490>
- Di Palma, M., Rigillo, M., & Leone, M. F. (2024). Remote Sensing Technologies for Mapping Ecosystem Services: An Analytical Approach for Urban Green Infrastructure. *Sustainability*, 16(14), 6220. <https://doi.org/10.3390/su16146220>
- Dimitrakopoulos PG, Memtsas D, Troumbis AY (2004) Questioning the effectiveness of the Natura 2000.

Référence bibliographiques

- Dimitrijević, dragana, Živković, P., Dobrnjac M, & Latinović T. (2017). Noise Pollution Reduction and Control Provided by Green Living Systems in Urban Areas. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL « INNOVATIONS IN DISCRETE PRODUCTIONS », 3, 133-136.
- Dimitrova, B., Vuckovic, M., Kiesel, K., & Mahdavi, A. (2014). Trees and the Microclimate of the Urban Canyon : A Case Study. Proceedings of the 2nd ICAUD International Conference in Architecture and Urban Design, 262, 1-10. https://www.researchgate.net/publication/276208397_Trees_and_the_microclimate_of_the_urban_canyon_A_case_study
- Direction de la programmation et du suivi budgétaires de la wilaya de Guelma. (2015). *Monographie de la wilaya de Guelma*. Document interne.
- discrètes, la martre des pins martes. Thèse de doctorant en en Biologie des organismes. Univ. Angers.
- Djaouida, N., Lyamine, M., Ali, T., & Azzedine, H. (2021). Study of the flora richness of the region of Guelma (North East of Algeria): Production of a preliminary list of species found. Biodiversity Journal, 12, 833–839.
- Djedi, T. (2011). Lecture des rapports entre la densité végétale et les densités d’usage en milieux urbains [Mémoire de magistère non publié]. École Polytechnique d’Architecture et d’Urbanisme (EPAU), Alger.
- Donnay, J.-P., Barnsley, M. J., & Longley, P. A. (2003). *Remote sensing and urban analysis: GISDATA 9*. London/New York : CRC Press.
- Duffield, S. J., Le Bas, B., & Morecroft, M. D. (2021). Climate change vulnerability and the state of adaptation on England’s National Nature Reserves. Biological Conservation, 254, 108938. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108938>
- ecological design. Journal of Ecology 96(1) : 812.
- El Moudjahid. (2024). *Guelma : Le barrage de Bouhamdane affiche un taux de remplissage de 24,6 %*. <https://www.elmoudjahid.dz/fr/regions/guelma-le-barrage-de-bouhamdane-affiche-un-taux-de-remplissage-de-24-6-214000>
- Emmanuel, R. (2005). An Urban Approach to Climate Sensitive Design: Strategies for the Tropics. Taylor & Francis.
- EPTB Seine Grands Lacs. (2023). Les zones d’expansion des crues (ZEC).
- European Commission. (2013). Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital. COM(2013) 249 final.

Référence bibliographiques

- European Environment Agency. (2011). Green infrastructure and territorial cohesion: The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems (Technical Report No. 18, p. 142). Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/88266>
- European Environment Agency. (2020). Urban Atlas: Mapping the Spatial Patterns of European Cities. EEA Report No 05/2020.
- F.A.L.Q.U.E.M. (1972b). pour une planification écologique. Option méditerranéennes. <https://ressources.cihem.org/om/pdf/r13/C1010474.pdf>.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Falk, J. (2018). Landscape Preferences. In *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science* (p. 1-8). https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_2927-1
- Farina, A. (2006). Principles and methods in landscape ecology: Towards a science of the landscape. Springer.
- Fath, B. D., Scharler, U. M., Ulanowicz, R. E., & Hannon, B. (2007). Ecological network analysis: Network construction. *Ecological Modelling*, 208(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.04.029>
- FEDENATUR. (2004, janvier). La place des espaces naturels périurbains pour une ville durable. Barcelone, Espagne. http://www.a2italy.it/enviplans/guidelines/reading/.../green_spaces_EU04_fr.pdf
- Ferrini, F., Fini, A., Mori, J., & Gori, A. (2020). Role of Vegetation as a Mitigating Factor in the Urban Context. *Sustainability*, 12(10), 4247. <https://doi.org/10.3390/su12104247>
- Fischesser, B., et Dupuis-Tate, M.-F. (2017). Le guide illustré de l'écologie. Delachaux (2éd). 352 p.
- Fishman, R. (1977). Urban utopias in the twentieth century. MIT Press.
- Forman RTT, Godron M (1986) Landscape ecology. J. Wiley & sons, New York, 619 p.
- Forman, R. T. T. (1995). Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.
- Forman, R. T. T. (2014). Urban ecology: Science of cities. Cambridge University Press.
- Gehl, J. (2010). Cities for people. Island Press.
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). Landscape Ecology. John Wiley & Sons.

Référence bibliographiques

- Forman, R. T., et Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press. 217 p.
- Francis, J., Giles-corti, B., Wood, L., & Knuiman, M. (2012). Creating Sense of Community: The Role of Public Space. *Journal of Environmental Psychology*, 32 (4), 401–409. doi: 10.1016/j.jenvp.2012.07.002. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.07.002>
- Franěk, M. (2023). Landscape Preference : The Role of Attractiveness and Spatial Openness of the Environment. *Behavioral Sciences*, 13(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/bs13080666>
- French, S., Wood, L., Alexandra, S., Giles-corti, B., Frank, L., & Learnihan, V. (2014). The sense of Community and Its Association with the Neighborhood Built Environment. *Environment and Behavior*, Vol.46 (6), 677–697. <https://doi.org/10.1177/0013916512469098>
- Frimpong, B. F., Koranteng, A., & Opoku, F. S. (2023). Analysis of urban expansion and its impact on temperature utilising remote sensing and GIS techniques in the Accra Metropolis in Ghana (1986–2022). *SN Applied Sciences*, 5(8), 225. <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05439-z>
- Fumagalli, M. C., Wylie, L., Robinson, O., & Hulme, P. (2013). *Surveying the American tropics: a literary geography from New York to Rio*.
- García-Doménech, S. (2014). Percepción social y estética del espacio público urbano en la sociedad contemporánea. *Arte, individuo y sociedad*, 26(2), 301-316.
- Gavrilidis, A. A., Niță, M. R., Onose, D. A., Badiu, D. L., & Năstase, I. I. (2019). Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. *Ecological Indicators*, 96, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.054>
- Géoconfluences. (2020). *Fabrique urbaine*. ENS de Lyon. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/fabrique-urbaine>.
- Ghorbal, M., & Monin, É. (2020). Le végétal dans la fabrique urbaine : une lecture de la stratégie angevine. *Développement durable & territoires*, 11(2). <https://journals.openedition.org/developpementdurable/23379>.
- Gilbert O (1989) *The Ecology of Urban Habitats*. Chapman & Hall, London, 369 p. Pickett STA, Cadenasso ML (2008) Linking ecological and built components of urban mosaics: An open cycle of
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115-133.

Référence bibliographiques

- Girard, M.-C., et Girard, C.-M. (2010). *Traitement des données de télédétection-2e éd.: Environnement et ressources naturelles*. Dunod. 576 p
- Girgibo, N., Hiltunen, E., Lü, X., Mäkiranta, A., & Tuomi, V. (2024). Risks of climate change effects on renewable energy resources and the effects of their utilisation on the environment. *Energy Reports*, 11, 1517-1534. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.01.024>
- Girling C, Kellett R (2005) *Skinny streets and green neighborhoods: design for environment and community*. Island Press, Washington, 192 p.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221.
- Gourari, B. (2023). Étude et cartographie de la végétation du Djebel Medjounes (Hautes Plaines Sétifiennes, Nord Tellien) (Doctoral dissertation, Le Mans Université; Université Ferhat Abbas (Sétif, Algérie)).
- Graham, S., & Marvin, S. (2001). *Splintering urbanism: Networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition*. Routledge.
- Gravari-Barbas, M. (2015). *Habiter le patrimoine*. Presses Universitaires de Rennes.
- GUECHI, I. (2018). L'influence des contraintes physiques sur l'urbanisation des établissements humains, cas de l'agglomération de Guelma (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA).
- Guergour, H., Cheraitia, M., Dechaicha, A., & Alkama, D. (2024). Optimization of urban morphology to enhance outdoor thermal comfort : A microclimate analysis. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 51, 107-130. <https://doi.org/10.3897/jbgs.e128961>
- Gustafson E, Gardner RH (1996) The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. *Ecology* 77(1) : 94-107.
- Gustafson, E. J. (1998). Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems*, 1(2), 143-156. <https://doi.org/10.1007/s100219900011>
- Haaland, C., & van den Bosch, C. K. (2015). Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 760-771. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009>
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., & Elmqvist, T. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments. *Journal of Environmental Management*, 146, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>

Référence bibliographiques

- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., et al. (2014). A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments. *Ecological Indicators*, 37, 229–240.
- Hall, P. (2014). *Cities of tomorrow*. Wiley-Blackwell.
- Hammana, C., Pereña-Ortiz, J. F., Meddad-Hamza, A., Hamel, T., & Salvo-Tierra, Á. E. (2024). The Wetlands of Northeastern Algeria (Guelma and Souk Ahras): Stakes for the Conservation of Regional Biodiversity. *Land*, 13(2), 210.
- Hanski, I., et Gilpin, M. (1991). Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society*, 42(1–2), 3–16. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1991.tb00548.x>.
- Hargis, C.D., Bissonette, J.A., David, J.L. 1998. The behaviour of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology* 13: 167-186.
- Harms W, Knaapen J (1988) Landscape planning and ecological infrastructure: the Randstad study. *Munstersche Geographische Arbeiten*, Münster, 163-167 p.
- Harms W, Opdam P (1990) Woods as habitat patches for birds: application in landscape planning in the
- Harris, V., Kendal, D., Hahs, A., & Threlfall, C. (2017). Green space context and vegetation complexity shape people's preferences for urban public parks and residential gardens. *Landscape Research*, 43, 1-13. <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1302571>
- Harvey, D. (1973). *Social justice and the city*. Johns Hopkins University Press
- Harvey, D. (2003). *Paris, capital of modernity*. Routledge.
- Hassan, M. M. (2017). Monitoring land use/land cover change, urban growth dynamics and landscape pattern analysis in five fastest urbanized cities in Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 69-83. <https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2017.07.001>
- Hawley AH (1944) Ecology and Human Ecology. *Social Forces* 22(4) : 398-405.
- Hellocarbo. (s.d.). L'urbanisme durable : vers une nouvelle conception de nos villes. <https://www.hellocarbo.com/blog/communaute/urbanisme-durable/>
- Hernández, B.M. (2013). The significance and meanings of public space improvement in low-income neighbourhoods 'colonias populares' in Xalapa-Mexico. *Habitat International*, 38. Pp 34- 46. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.09.003>
- Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K. C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(4), 369-399.

Référence bibliographiques

- Herold, M., Liu, X., & Clarke, K. C. (2003). Spatial metrics and image texture for mapping urban land use. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(9), 991–1001.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge University Press.
- Hofmann, M., Westermann, J. R., Kowarik, I., & Van der Meer, E. (2012). Perceptions of parks and urban derelict land by landscape planners and residents. *Urban forestry & urban greening*, 11(3), 303-312.
- <https://developpementdurable.grandlyon.com/app/uploads/2024/06/fiche11-Haut-Rone-mars2024-WEB.pdf> <https://doi.org/10.1007/BF00131534>
- <https://www.inrs.fr/dam/inrs/CataloguePapier/HST/TI-DO-22.pdf>
- <https://www.seinegrandslacs.fr/les-zones-dexpansion-des-crues-zec>
- https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/sol/fichiers_pdf/Mosiman_1991_OCR_1_web.pdf
- Hugerot, T., Astrade, L., Ployon, E., et Gauchon, C. (2017). Reconstituer les trajectoires paysagères par photointerprétation semi-automatisée et télédétection : géohistoire d'un cône de déjection torrentiel en vallée de Maurienne (Savoie). *VertigO*, 17(2). <https://doi.org/10.4000/vertigo.18620>
- Iamtrakul, P., Padon, A., & Chayphong, S. (2024). Quantifying the Impact of Urban Growth on Urban Surface Heat Islands in the Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Atmosphere*, 15(1), 100. <https://doi.org/10.3390/atmos15010100>
- Ignatieva, M., Stewart, G. H., & Meurk, C. (2011). Planning and design of ecological networks in urban areas. *Landscape and Ecological Engineering*, 7(1), 17- 25. <https://doi.org/10.1007/s11355-010-0143-y>
- Ignatieva, M., Stewart, G. H., & Meurk, C. (2020). Urban Biotopes. *Urban Ecosystems*, 23(1), 1–12.
- In: Wiens J, Moss M (éd) *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, p 311-319.
- INRS. (2018). *Les risques biologiques au travail*. Hygiène et sécurité du travail, (252).
- Institut de Recherche pour le Développement (IRD). (2022). *Les enjeux de l'environnement urbain*. Horizon IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/202202/010083691.pdf
- Institut National de la Recherche Forestière (INRF). (2023). *Guide des plantes pour villes méditerranéennes résilientes* [Rapport technique]. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

Référence bibliographiques

- Irga, P. J., Torpy, F. R., Griffin, D., & Wilkinson, S. J. (2023). Vertical Greening Systems : A Perspective on Existing Technologies and New Design Recommendation. *Sustainability*, 15(7), 6014. <https://doi.org/10.3390/su15076014>
- Jabareen, Y. (2006). Sustainable Urban Forms. *Journal of Planning Education and Research*, 26(1), 38–52.
- Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), 51-63. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.051>
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Random House.
- Jarosińska, E., & Gołda, K. (2020). Increasing natural retention – Remedy for current climate change in urban area. *Urban Climate*, 34, 100695. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100695>
- Jenks, M., Burton, E., & Williams, K. (Eds.). (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*. Routledge.
- Jennings, V., Browning, M. H. E. M., & Rigolon, A. (2019). *Urban Green Spaces: Public Health and Sustainability in the United States*. Springer.
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Prentice Hall.
- Jim, C. Y. (2002). Planning Strategies to Overcome Constraints on Greenspace Provision in Urban Hong Kong. *Town Planning Review*, 73(2), 127–152.
- Jim, C. Y. (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 355–368. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.07.004>
- Jokimäki, J., et Suhonen, J. (1993). Effects of urbanization on the breeding bird species richness in Finland: a biogeographical comparison. *Ornis Fennica*, 70, 71 77.
- Jongman RHG (1995) Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Land Use Policy* 32 : 169-183.
- Jongman RHG, Bouwma I, Van Doorn A (2006) Indicative map of the pan-European ecological network in Western Europe. Technical Background Document. Alterra, Wageningen, 103 p.
- Jongman RHG, Bouwma IM, Griffioen A, Jones-Walters L, Van Doorn AM (2011) The pan European ecological network: PEEN. *Landscape Ecology* 26(3) : 311-326.
- Jongman RHG, Külvik M, Kristiansen I (2004) European ecological networks and greenways. *Landscape and Urban Planning* 68(2-3) : 305-319.

Référence bibliographiques

- K, G., & Maria John, Dr. P. (2024). SMART IRRIGATION SYSTEM USING IOT. IARJSET, 11(6). <https://doi.org/10.17148/iarjset.2024.11617>
- Kabir, M., Habiba, U. E., Khan, W., Shah, A., Rahim, S., Rios-Escalante, P. R. D. L., Farooqi, Z.-U.-R., Ali, L., & Shafiq, M. (2023). Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review. *Journal of King Saud University - Science*, 35(5), 102693. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102693>
- Kabisch, N., Qureshi, S., & Haase, D. (2015). Human-environment interactions in urban green spaces – A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007>
- Kaddour, B. (2015). Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines dans la région de Guelma, Nord-Est Algérien (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar).
- Kaplan, R. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169- 182. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Karimi, K. (2012). A configurational approach to analytical urban design: ‘Space syntax’ methodology. *Urban Design International*, 17. <https://doi.org/10.1057/udi.2012.19>
- Kasniza Jumari, N. A. S., Ahmed, A. N., Huang, Y. F., Ng, J. L., Koo, C. H., Chong, K. L., Sherif, M., & Elshafie, A. (2023). Analysis of urban heat islands with landsat satellite images and GIS in Kuala Lumpur Metropolitan City. *Heliyon*, 9(8), e18424. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18424>
- Katzfey, J., Schlünzen, H., Hoffmann, P., & Thatcher, M. (2020). How an urban parameterization affects a high-resolution global climate simulation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(733), 3808-3829. <https://doi.org/10.1002/qj.3874>
- Keyghobadi, N., Roland, J. E. N. S., & Strobeck, C. (2005). Genetic differentiation and gene flow among populations of the alpine butterfly, *Parnassius smintheus*, vary with landscape connectivity. *Molecular Ecology*, 14(7), 1897-1909.
- Khallef, B. (2023). Use of remote sensing as an indicator of the urban heat island effect: the case of the municipality of Guelma (north-east of Algeria). *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, (3), 61-72.

Référence bibliographiques

- Khallef, B., & Brahamia, K. (2019). Application des indices de télédétection à la cartographie des zones urbaines et des sols nus: Cas de la ville de Guelma (Algérie). Comité de lecture du BSG, 22.
- Khallef, B., Biskri, Y., Mouchara, N., & Brahamia, K. (2020). Analysis of urban heat islands using Landsat 8 OLI/TIR data: case of the city of Guelma (Algeria). *Asian Journal of Environment & Ecology*, 12(4), 42-51.
- Konijnendijk, C. C. (2003). A decade of urban forestry in Europe. *Forest Policy and Economics*, 5(2), 173-186. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(03\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(03)00023-6)
- Kostof, S. (1991). *The city shaped*. Bulfinch Press.
- Kostof, S. (1991). *The city shaped*. Thames & Hudso
- Kouidri, S. (2022). Les limites de la planification urbaine en Algérie. *Revue NAQD*, 45, 89–104.
- Kropf, K. (2017). *The handbook of urban morphology*. Wiley.
- Kumar, M., Gautam, C., Garg, N., Snehlata, & Rajlaxmi, A. (2024). Effect of Vegetation in Abatement of Noise Pollution : A Soundscape Approach. In N. Garg, C. Gautam, S. Rab, M. Wan, R. Agarwal, & S. Yadav (Éds.), *Handbook of Vibroacoustics, Noise and Harshness* (p. 1-20). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4638-9_5-1
- Lamari, M., & Lazri, Y. (2024). Assessment of children's mobility by means of urban school furniture in the surroundings of a primary school: The case of Tarek Ibn Ziad School, Guelma City (Algeria). *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*.
- Lammers G, Van Zadeldhoff F (1996) The dutch ecological network. In: Nowicki P, Bennett AF, Middleton D (éd) *Perspectives on ecological networks*. ECNC publications, Arnhem, p 101-113.
- Landis, J. R., et Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- landscape ecology. *Landscape Ecology* 16 : 767-779.
- Lausch, A., & Herzog, F. (2002). Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: Issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2(1–2), 3–15. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00053-5](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00053-5)
- Le Galès, P. (2002). *European cities: Social conflicts and governance*. Oxford University Press.

Référence bibliographiques

- Lefeuvre J, Barnaud G (1988) Ecologie du paysage, mythe ou réalité. *Bulletin d'écologie* 19(4) : 493-522.
- Leroux, L., Congedo, L., Bellón, B., Gaetano, R., et Bégué, A. (2018). Land Cover Mapping Using Sentinel- 2 Images and the Semi-Automatic Classification Plugin: A Northern Burkina Faso Case Study. In N. Baghdadi, C. Mallet and M. Zribi (Éds). *QGIS and Applications in Agriculture and Forest* (p. 119-151). Wiley Online Books. <https://doi.org/10.1002/9781119457107.ch4>
- Levins R (1969) Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the ESA* 15(3) : 237-240.
- Li, W. C., & Yeung, K. K. A. (2014). A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.05.001>
- Li, Y., Wu, Y., Luo, Y., Fu, Z., & Zhang, S. (2024). The Influence of Smart Green Spaces on Environmental Awareness, Social Cohesion, and Life Satisfaction in High-Rise Residential Communities. *Buildings*, 14(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/buildings14092917>
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., et Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation* (6th Ed). John Wiley & Sons. 768 p.
- Lindberg, F., & Grimmond, C. S. B. (2011). The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas : Model development and evaluation. *Theoretical and Applied Climatology*, 105(3-4), 311-323. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0382-8>
- Lindberg, F., Onomura, S., & Grimmond, C. S. B. (2016). Influence of ground surface characteristics on the mean radiant temperature in urban areas. *International Journal of Biometeorology*, 60(9), 1439-1452. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1135-x>
- Liu, L., Liu, W., Li, P., Yang, H., & Su, Y. (2020). Discussion on Construction Planning and Rainwater Control and Utilization Facilities under Background of Sponge City Construction in Loess Area. *E3S Web of Conferences*, 198, 04017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019804017>
- Liu, O. Y., & Russo, A. (2021). Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102772. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102772>
- Lizée, G., et al. (2011). Fragmentation et biodiversité urbaine. *Journal d'Écologie Urbaine*, 9(1), 23-39.

Référence bibliographiques

- Long, N., et Leveiller, T. (2016). Comment les politiques d'urbanisation se traduisent-elles dans le paysage urbain: une approche par les métriques spatiales. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(2). <https://id.erudit.org/iderudit/1038189arCopiedAn>
- López-Cabeza, V. P., Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C., & Roa-Fernández, J. (2018). Courtyard microclimate ENVI-met outputs deviation from the experimental data. *Building and Environment*, 144, 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.013>
- Loughner, C. P., Allen, D. J., Zhang, D.-L., Pickering, K. E., Dickerson, R. R., & Landry, L. (2012). Roles of Urban Tree Canopy and Buildings in Urban Heat Island Effects : Parameterization and Preliminary Results. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(10), 1775-1793. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-11-0228.1>
- Low, S. (2014). *Spatializing culture: The ethnography of space and place*. Routledge.
- Li, X., Zhou, W., Ouyang, Z., Xu, W., & Zheng, H. (2017). Spatial Pattern of Greenspace Affects Land Surface Temperature. *Landscape and Urban Planning*, 115, 1–9.
- Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823–870.
- Lu, Dengsheng, et Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823-870. <https://doi.org/10.1080/01431160600746456>
- Luginbuhl, Y. (2012). *La mise en scène du monde: construction du paysage européen*.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. MIT Press.
- Lynch, K. (1981). *A Theory of Good City Form*. MIT Press.
- Ma, X., & Peng, S. (2021). Assessing the quantitative relationships between the impervious surface area and surface heat island effect during urban expansion. *PeerJ*, 9, e11854. <https://doi.org/10.7717/peerj.11854>
- MacArthur R, Wilson E (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, 203 p.
- Madanipour, A. (2004). Marginal public spaces in European cities. *Journal of Urban Design*, 9(3), 267–286. <https://doi.org/10.1080/1357480042000283867>
- Mahmoud, H., & Ragab, A. (2020). Urban Geometry Optimization to Mitigate Climate Change : Towards Energy-Efficient Buildings. *Sustainability*, 13, 27. <https://doi.org/10.3390/su13010027>

Référence bibliographiques

- Maiorano L, Falcucci A, Garton EO, Boitani L (2007) Contribution of the Natura 2000 network to biodiversity conservation in Italy. *Conservation Biology* 21(6) : 1433-1444.
- Mao, Q., Hu, C., Guo, Q., Li, Y., & Liu, M. (2023). How Does Vegetation Landscape Structure of Urban Green Spaces Affect Cultural Ecosystem Services at Multiscale : Based on PLS-SEM Model. *Forests*, 14(7), 1401. <https://doi.org/10.3390/f14071401>
- Marchi, L., Gaspari, J., & Fabbri, K. (2023). Outdoor Microclimate in Courtyard Buildings : Impact of Building Perimeter Configuration and Tree Density. *Buildings*, 13(11), 2687. <https://doi.org/10.3390/buildings13112687>
- Marion, L. (2014). La valeur des espaces verts urbains à travers la perception des usagers. Une autre approche des Services Écosystémiques Culturels, Tours, France.
- Marshall, S. (2005). *Streets & Patterns*. Spon Press.
- Marzluff JM, Shulenberger E, Endlicher W, Alberti M, Bradley G, Ryan C, Simon U, ZumBrunnen C (2008) *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. SpringerVerlag, New York, 807 p.
- Mather, P., et Tso, B. (2016). *Classification methods for remotely sensed data* (2nd éd.). Boca Raton: CRC press. 376 p.
- McDonald, R. I., Mansur, A. V., Ascensão, F., Colbert, M., Crossman, K., Elmqvist, T., & Zipper, S. C. (2020). Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. *Nature Sustainability*, 3(1), 16-24.
- McDonnell, M. J. (2011). The history of urban ecology : An ecologist's perspective (J. H. Breuste, T. Elmqvist, G. Guntenspergen, P. James, & N. E. McIntyre, Éd.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199563562.001.0001>
- McDonnell, M. J., & Hahs, A. K. (2008). The Use of Gradient Analysis Studies in Advancing Our Understanding of the Ecology of Urbanizing Landscapes. *Landscape Ecology*, 23(10), 1143–1155.
- McDonnell, M. J., & Pickett, S. T. A. (1993). Humans as components of ecosystems: The ecology of subtle human effects and populated areas. In M. J. McDonnell & S. T. A. Pickett (Eds.), *Humans as components of ecosystems* (pp. 1–16). Springer.
- McGARIGAL K., MARKS B.J., 1994. *Fragstats : spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, guide de l'utilisateur*, Oregon State University, 141 p.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., et Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. *Computer software program produced by the authors*

Référence bibliographiques

- at the University of Massachusetts, Amherst. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.*
- McGarigal, K., Marks, B.J. 1995. FRAGSTATS: Spatial analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351., Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Merlin, P., & Choay, F. (2010). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement (4e éd.). Presses Universitaires de France.
- Merriam, G. (1984). Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern. Methodology in landscape ecological research and planning: proceedings, 1st seminar, International Association of Landscape Ecology, Roskilde, Denmark, Oct 15-19, 1984/eds.
- Métropole de Lyon. (2024). Les zones d'expansion des crues du Haut-Rhône.
- Meyer-Grandbastien, A. (2019). Perception écologique et sociale de la biodiversité des espaces verts urbains publics (Doctoral dissertation, Université de Rennes).
- Miakhel, M., Abdulrahimzai, A. A., Habib, A., & Behsoodi, M. M. (2024). Urban Green Infrastructures and Its Impacts on the Urban Environment: A Review. *Journal of Environment, Climate, and Ecology*, 1(2), 9-15. <https://doi.org/10.69739/jece.v1i2.135>
- Middleton, J. (2010). Sense and the city: exploring the embodied geographies of urban walking. *Social & Cultural Geography*, 11(6), 575–596. <http://doi.org/10.1080/14649365.2010.497913>
- Moreno, C. (2016). La ville du quart d'heure : pour un nouveau chrono-urbanisme. Institut pour la Ville Durable.
- Mosimann, T., Graf, F., & Sartori, M. (1991). Lutte contre l'érosion des sols cultivés : Guide pour la conservation des sols. Département de l'Agriculture, État de Vaud.
- Moudon, A. V. (1997). Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, 1(1), 3–10
- Mougenot C, Melin E (2000) Entre science et action : le concept de réseau écologique. *Natures Sciences Sociales* 8(3) : 20-30.
- Mperejekumana, P., Shen, L., Zhong, S., Muhirwa, F., Gaballah, M. S., & Nsigayehe, J. M. V. (2024). Integrating climate change adaptation into water-energy-food-environment nexus for sustainable development in East African Community. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140026. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140026>

Référence bibliographiques

- Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. (2015). A Review of Benefits and Challenges in Growing Street Trees in Paved Urban Environments. *Landscape and Urban Planning*, 134, 157–166.
- Mumford, L. (1961). *The city in history*. Harcourt.
- Nassauer, J. I. (2012). Landscape as medium and method for synthesis in urban ecological design. *Landscape and Urban Planning*, 106(3), 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.014>
- Munafò, M., et Congedo, L. (2017). Measuring and monitoring land cover. In C. Gardi (Éd.), *Urban Expansion, Land Cover and Soil Ecosystem Services; Routledge: Abingdon, UK* (p. 19). London: Routledge.
- Nasehi, S., & Imanpour namin, A. (2020). Assessment of urban green space fragmentation using landscape metrics (case study: district 2, Tehran city). *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(4), 2405-2414.
- Nassauer, J. I. (1995). Culture and Changing Landscape Structure. *Landscape Ecology*, 10(4), 229–237.
- Nassauer, J. I. (1995). Messy ecosystems, orderly frames. *Landscape Journal*, 14(2), 161–170. <https://doi.org/10.3368/lj.14.2.161>
- Nath, S. S., Mishra, G., Kar, J., Chakraborty, S., et Dey, N. (2014). A survey of image classification methods and techniques. *Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), 2014 International Conference on*, 554-557. IEEE.
- Neel, M. C., McGarigal, K., et Cushman, S. A. (2004). Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape ecology*, 19(4), 435-455. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000030521.19856.cb>
- Netherlands. In: Zonneveld I, Forman R (éd) *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*. Springer-Verlag, New York, p 73-97.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*. Island Press.
- Niemelä, J. (2011). *Urban ecology: Patterns, processes, and applications*. Oxford University Press.
- Niemelä, J., Breuste, J. H., Guntenspergen, G., McIntyre, N. E., Elmqvist, T., & James, P. (Eds.). (2011). *Urban ecology: patterns, processes, and applications*. OUP Oxford.
- Nowak, D. J., & Greenfield, E. J. (2018). Declining Urban and Community Tree Cover in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 32, 32–55.

Référence bibliographiques

- O'Connor, M. I. (2024). Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes : preuves expérimentales. In *Les conséquences écologiques et sociétales de la perte de biodiversité* (p. 113).
- O'Neill, R.V., Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D.L., Milne, B.T., Turner, M.G., Zygmunt, B., Christensen, S.W., Dale, V.H., Graham R.L. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1:153-162.
- O'Neill, Robert V, Deangelis, D. L., Waide, J. B., Allen, T. F. H., et Allen, G. E. (1986). A hierarchical concept of ecosystems. Princeton University Press. 262 p.
- OECD. (2012). Compact City Policies: A Comparative Assessment. OECD Publishing.
- Office National des Statistiques (ONS). (2023). *Accueil*. Office National des Statistiques. <https://www.ons.dz/>.
- Ofremu, G. O., Raimi, B. Y., Yusuf, S. O., Dziwornu, B. A., Nnabuike, S. G., Eze, A. M., & Nnajiogor, C. A. (2024). Exploring the Relationship between Climate Change, Air Pollutants and Human Health : Impacts, Adaptation, and Mitigation Strategies. *Green Energy and Resources*, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.gerr.2024.100074>
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Routledge.
- Oliveira, V. (2016). *Urban Morphology: An Introduction to the Study of the Physical Form of Cities*. Springer.
- Oliwia. (2024). The Role of Green Infrastructure in Enhancing Urban Ecological Resilience—One More Tree Foundation. <https://one-more-tree.org/blog/2024/01/25/the-role-of-green-infrastructure-in-enhancing-urban-ecological-resilience/>
- OMS. (2016). *Urban Green Spaces and Health*. WHO Regional Office for Europe.
- Opdam P, Foppen R, Vos CC (2002) Bridging the gap between empirical knowledge and spatial planning in
- Opdam P, Pouwels R, van Rooij S, Steingröver E, Vos CC (2008) Setting biodiversity targets in participatory regional planning: Introducing ecopro les. *Ecology and Society* 13(1) : 20 p.
- Oquendo-Di Cosola, V., Olivieri, F., & Ruiz-García, L. (2022). A systematic review of the impact of green walls on urban comfort : Temperature reduction and noise attenuation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112463. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112463>
- Osmond, P., et Pelleri, N. (2017). Urban Ecology as an Interdisciplinary Area. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, 31 42. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10173-3>

Référence bibliographiques

- Oszwald, J., Baudry, J., Andrieu, E., Dufour, A., & Redon, M. (2011). Identification d'indicateurs de changement d'occupation du sol pour le suivi des mosaïques paysagères. *Bois & Forêts des Tropiques*, (307), 27–38. <https://doi.org/10.19182/bft2011.307.a20484>
- Ouyang, W., Sinsal, T., Simon, H., Morakinyo, T. E., Liu, H., & Ng, E. (2022). Evaluating the thermal-radiative performance of ENVI-met model for green infrastructure typologies : Experience from a subtropical climate. *Building and Environment*, 207, 108427. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108427>
- PANDURO, Toke Emil et VEIE, Kathrine Lausted, 2013. Classification and valuation of urban green spaces—A hedonic house price valuation. *Landscape and Urban Planning*, décembre 2013. Vol. 120, pp. 119-128. DOI 10.1016/j.landurbplan.2013.08.009.
- Park R, Burgess EW, McKenzie RD (1925) *The City*. University of Chicago Press, Chicago, 239 p.
- Pauleit, S., & Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52(1), 1–20.
- Pauleit, S., Ennos, R., & Golding, Y. (2005). Modeling the Environmental Impacts of Urban Land Use and Land Cover Change—A Study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 295–310.
- Pauleit, S., Hansen, R., Rall, E. L., Zölch, T., Andersson, E., Luz, A. C., Szaraz, L., Tosics, I., & Vierikko, K. (2017). Urban Landscapes and Green Infrastructure. In S. Pauleit, R. Hansen, E. L. Rall, T. Zölch, E. Andersson, A. C. Luz, L. Szaraz, I. Tosics, & K. Vierikko, *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science* (p. 1-53). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.23>
- Pauleit, S., Liu, L., Ahern, J., & Kazmierczak, A. (2011). Multifunctional green infrastructure planning to promote ecological services in the city. In J. Niemelä (Ed.), *Urban ecology: Patterns, processes and applications* (pp. 272–285). Oxford University Press.
- Pauleit, S., Liu, L., Ahern, J., & Kazmierczak, A. (2019). Green infrastructure and climate change adaptation. In F. Lozano & M. C. La Rosa (Eds.), *The Routledge Handbook of Urban Resilience* (pp. 211-223). Routledge.
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I.-C., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengård, B., Falconi, L., Ferrier, S., Frusher, S., Garcia, R. A., Griffis, R. B., Hobday, A. J., Janion-Scheepers, C., Jarzyna, M. A., Jennings, S., ... Williams, S. E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332), 1-9. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>

Référence bibliographiques

- Pereboom, V. (2006). Mode d'utilisation du milieu fragmenté par une espèce forestière aux habitudes
- Perera, A. T. D., Javanroodi, K., & Nik, V. M. (2021). Climate resilient interconnected infrastructure: Co-optimization of energy systems and urban morphology. *Applied Energy*, 285, 116430. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116430>
- Pervillé, G. (2009). Reggui Marcel, Les massacres de Gueltna, Algérie, mai 1945: une enquête inédite sur la furie des milices coloniales; Peyroulou Jean-Pierre, Guelma, 1945, une subversion française dans l'Algérie coloniale, préface de Marc Olivier Baruch. *Outre-Mers. Revue d'histoire*, 96(362), 307-309.
- Peters, K., Elands, B., & Buijs, A. (2010). Social Interactions In Urban Parks : Stimulating Social Cohesion? *Urban Forestry & Urban Greening*, 9, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.11.003>
- Peyroulou, J.-P. (2009). *Guelma, 1945. Une subversion française dans l'Algérie coloniale*. La Découverte.
- Phiri, D., et Morgenroth, J. (2017). Developments in Landsat Land Cover Classification Methods: A Review. *Remote Sensing*, 9(9), 967. <https://doi.org/10.3390/rs9090967>
- Pickett STA, White P (1985) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando, 472 p.
- Pickett STA, William RB, Dalton SE, Foresman TW, Grove JM, Rowntree R (1997) A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. *Urban Ecosystems* 1 : 185-199.
- Pickett, S. T. A., et Cadenasso, M. L. (2008). Linking Ecological and Built Components of Urban Mosaics: An Open Cycle of Ecological Design. *Journal of Ecology*, 96(1), 8 12. <http://www.jstor.org/stable/20143435>
- Poje, M., Vukelić, A., Židovec, V., Prebeg, T., & Kušen, M. (2024). Perception of the Vegetation Elements of Urban Green Spaces with a Focus on Flower Beds. *Plants*, 13(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/plants13172485>
- Pradines, C. (2020). Allées d'arbres en Europe et espèces des Listes rouges—De la connaissance à l'action. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Pulliam, H. R. (1988). Sources, Sinks, and Population Regulation. *The American Naturalist*, 132(5), 652 661. <https://doi.org/10.1086/284880>.
- Rahman, M. A., Hossain, M. Z., & Rahaman, K. R. (2023). Climate Urbanism as a New Urban Development Paradigm : Evaluating a City's Progression towards Climate Urbanism in the Global South. *Climate*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/cli11080159>

Référence bibliographiques

- Raihan, A. (2024). A review on the role of green vegetation in improving urban environmental quality. *Eco Cities*, 4(2), 2387. <https://doi.org/10.54517/ec.v4i2.2387>
- Rajendran, P., et Mani, K. (2015). Quantifying the Dynamics of Landscape Patterns in Thiruvananthapuram Corporation Using Open Source GIS Tools. *International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences*, 5(10), 77-87.
- Ratti, C., & Baker, N. (2015). *Sustainable Urban Design: An Environmental Approach*. Routledge
- Reigner, P., et al. (2014). Densification urbaine et qualité de vie: Vers un modèle intermédiaire. *Urbanisme et Développement Durable*, 5(1), 78-95.
- REKIS Abdelkrim. (2013). Etude spatio-temporelle du changement de la végétation de la région ouest de Biskra. Approche cartographique par télédétection (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- REKIS, A. (2012). Etude spatio-temporelle du changement de la végétation de la région ouest de Biskra. Approche cartographique par télédétection.
- Rémy A. (2005), "Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville". Ed. Armand Colin, Paris.
- Review of progress on implementation of the EU green infrastructure strategy (236; p. 29). (2019). Europ. Union. <https://doi.org/10.2779/41957>
- Ribes, A. (2006). Le végétal : l'oublié de Grenelle. In UNEP (Union nationale des entreprises du paysage), Dossier de presse, septembre 2008, p. 20. Disponible sur www.entreprisesdupaysage.org
- Richard, S. (2014). Le rôle du végétal dans la ville durable. Centre de ressources de la Ville durable. <https://serveur.msh-vdl.fr/wp-content/uploads/2014/11/Sylvain-RICHARD.pdf>
- Robbins, P. (2012). *Lawn People: How Grasses, Weeds, and Chemicals Make Us Who We Are*. Temple University Press.
- Rocherieux, J. (2001). L'évolution de l'Algérie depuis l'indépendance. *Sud/Nord*, (14 [1]), 27–50. <https://doi.org/10.3917/sn.014.0027> shs.cairn.info+10
- Roy, C. A. (2008). Cartographie végétale du col le la vallée de Sverdrup, île d'Ellesmere, avec le NDVI MODIS et analyses des changements d'échelles (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).
- Sadaoui Hamlaoui, B., & Houhamdi, M. (2018). Inventaire et écologie des oiseaux nicheurs dans la ville de Guelma (Nord-est de l'Algérie).

Référence bibliographiques

- Saeedeh, N., & namin Aysan, I. (2020). Assessment of urban green space fragmentation using landscape metrics (case study: district 2, Tehran city). *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(4), 2405-2414.
- Safar Zitoun, M. (2019). *La ville algérienne : Crises et mutations*. Koukou Éditions
- Sallak, B., Lebaut, S., El Khalki, Y., & Gille, E. (2019). Essai sur l'évolution du couvert végétal et ces impacts dans le piémont (dir) de l'Atlas de Béni-Mellal: étude diachronique à partir d'images Landsat TM et OLI. *Espace géographique et société marocaine*, (26).
- Samara, T., & Tsitsoni, T. (2011). The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road. *Noise Control Engineering Journal*, 59(1), 68. <https://doi.org/10.3397/1.3528970>
- Santos, M. M., Lanzinha, J. C. G., & Ferreira, A. V. (2021). Review on urbanism and climate change. *Cities*, 114, 103176. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103176>
- Sassen, S. (2001). *The global city*. Princeton University Press.
- SAYAD, B. (2021). *La contribution de la végétation et des plans d'eau pour améliorer le confort climatique dans les espaces extérieurs à Guelma* (Doctoral dissertation).
- Sayad, B., Alkama, D., Ahmad, H., Baili, J., Aljahdaly, N. H., & Menni, Y. (2021). Nature-based solutions to improve the summer thermal comfort outdoors. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101399. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101399>
- Scheffers, B. R., De Meester, L., Bridge, T. C. L., Hoffmann, A. A., Pandolfi, J. M., Corlett, R. T., Butchart, S. H. M., Pearce-Kelly, P., Kovacs, K. M., Dudgeon, D., Pacifici, M., Rondinini, C., Foden, W. B., Martin, T. G., Mora, C., Bickford, D., & Watson, J. E. M. (2016). The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science*, 354(6313), aaf7671. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7671>
- Scott, H., & SESYNC. (2022). *Community Gardens : Justice, Safety, and Climate Solutions*. NATIONAL SOCIO-ENVIRONMENTAL SYNTHESIS CENTER. <https://www.sesync.org/sites/default/files/2022-11/Lesson%20%E2%80%9320Community%20Gardens.pdf>
- Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Sezer, N., Yoonus, H., Zhan, D., Wang, L. (Leon), Hassan, I. G., & Rahman, M. A. (2023). Urban microclimate and building energy models : A review of the latest progress in coupling strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 184, 113577. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113577>

Référence bibliographiques

- Sezgin, M., et Sankur, B. (2004). Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. *Journal of Electronic Imaging*, 13(1), 13-20. <https://doi.org/10.1117/1.1631315>
- Shannon, K. (2022). *15-Minute City: Urban design for post-pandemic cities*. Routledge.
- Soja, E. W. (2010). Seeking spatial justice. University of Minnesota Press.
- Shao, H., & Kim, G. (2022). A Comprehensive Review of Different Types of Green Infrastructure to Mitigate Urban Heat Islands : Progress, Functions, and Benefits. *Land*, 11(10), 1792. <https://doi.org/10.3390/land11101792>
- Sharma, R., & Khan, S. (2025). Spatial Analysis of Green Cover Concerning Urban Heat Island Effect in Micro-Climate. *Civil Engineering and Architecture*, 13(2), 1105-1116. <https://doi.org/10.13189/cea.2025.130227>
- Shen, P., Zhao, S., Ma, Y., & Liu, S. (2023). Urbanization-induced Earth's surface energy alteration and warming: A global spatiotemporal analysis. *Remote Sensing of Environment*, 284, 113361. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113361>
- Shepard, M. (Ed.). (2011). Sentient city: Ubiquitous computing, architecture, and the future of urban space. MIT Press.
- Shiflett, S. A., Liang, L. L., Crum, S. M., Feyisa, G. L., Wang, J., & Jenerette, G. D. (2017). Variation in the urban vegetation, surface temperature, air temperature nexus. *Science of The Total Environment*, 579, 495-505. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.069>
- Singh, A. K., Singh, H., & Singh, J. S. (2018). Plant Diversity in Cities: Call for Assessment and Conservation. *Current Science*, 115(3), 428. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i3/428-435>
- Skupinski, G., BinhTran, D., et Weber, C. (2009). Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain—Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France). *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.21995>
- Song, D., Zhang, C., & Saber, A. (2024). Integrating impacts of climate change on aquatic environments in inter-basin water regulation : Establishing a critical threshold for best management practices. *Science of The Total Environment*, 913, 169297. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169297>
- Song, Y. & Knaap, G. J. (2003). New urbanism and housing values: A disaggregates assessment. *Journal of Urban Economics*, 54(2), 218-238. [https://doi.org/10.1016/s0094-1190\(03\)00059-7](https://doi.org/10.1016/s0094-1190(03)00059-7)
- Soulier, L. (1968). Espaces verts et urbanisme. Centre de recherche d'urbanisme.

Référence bibliographiques

- Soulier, L. (1977). Espaces verts et urbanisme: 2e ed. rev. et compl. Centre de recherche d'urbanisme.
- Sousa, W. P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15, 353–391. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.15.110184.002033>.
- Special Areas of Conservation strategy: the case of Crete. *Global Ecology and Biogeography* 13(3) : 199-207.
- Steffulesco, C. (1993). L'urbanisme végétal. Institut pour le développement forestier.
- Steffulesco, C. (1997). L'urbanisme végétal. COLLOQUES-INRA, 101-106.
- Stenhouse, R. N. (2004). Fragmentation and internal disturbance of native vegetation reserves in the Perth metropolitan area, Western Australia. *Landscape and Urban Planning*, 68(4), 389–401. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00151-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00151-8)
- Steward, P. R., Dougill, A. J., Thierfelder, C., Pittelkow, C. M., Stringer, L. C., Kudzala, M., & Shackelford, G. E. (2018). The adaptive capacity of maize-based conservation agriculture systems to climate stress in tropical and subtropical environments : A meta-regression of yields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 251, 194-202. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.019>
- Sturiale, L., & Scuderi, A. (2019). The Role of Green Infrastructures in Urban Planning for Climate Change Adaptation. *Climate*, 7(10), 119. <https://doi.org/10.3390/cli7100119>
- Sun, C., Wu, Z., Lv, Z., Yao, N., et Wei, J. (2013). Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 409-417. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.12.012>
- T, Guntenspergen G, James P, McIntyre N (éd) *Urban Ecology. Patterns, Processes and Applications*. Oxford University Press, New York, p 512.
- Taylor, A., Cross, A., Hogg, D. C., et Mason, D. C. (1986). Knowledge-based interpretation of remotely sensed images. *Image and Vision Computing*, 4(2), 67-83. [https://doi.org/10.1016/0262-8856\(86\)90026-0](https://doi.org/10.1016/0262-8856(86)90026-0)
- Tapias, E., & Schmitt, G. (2014). Climate-sensitive urban growth : Outdoor thermal comfort as an indicator for the design of urban spaces. 623-634. <https://doi.org/10.2495/SC140521>
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., et Merriam, G. (1993). Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, 68(3), 571 573. <https://doi.org/10.2307/3544927>
- Tchékémian, A. (2007). Le citoyen et la nature : Entre représentations et pratiques sociales de la nature sauvage et domestique à Grenoble. *Imaginaire, Territoires, Sociétés*, 379-399.

Référence bibliographiques

- Thuiller, W., Saillard, A., Abdulhak, S., Augé, V., Birck, C., Bonet, R., Choler, P., Delestrade, A., Kunstler, G., Leccia, M.-F., Lienard, B., Poulenard, J., Valay, J.-G., Bayle, A., Bonfanti, N., Brousset, L., Bizard, L., Calderón-Sanou, I., Dentant, C., ... The Orchamp Consortium. (2024). ORCHAMP : An observation network for monitoring biodiversity and ecosystem functioning across space and time in mountainous regions. *Comptes Rendus. Biologies*, 347(G1), 223-247. <https://doi.org/10.5802/crbiol.165>
- Tok, E., Agdas, M. G., Ozkok, M. K., & Kuru, A. (2020). Socio-psychological effects of urban green areas: Case of Kirklareli city center. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 4(1), 47–60. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2020.v4n1-5>
- Tomlin, C. D. (2010). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall.
- Topographic-Map.com. (2024). Carte topographique de Guelma, Algérie [Image en ligne]. Topographic-Map.com. <https://fr-fr.topographic-map.com/map-lj6hzs/Guelma/?center=36.45305%2C7.43191&zoom=13&base=4>
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 55-76. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>
- Turner M, Gardner RH, O'Neill RV (2001) *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer, New York, 401 p.
- Turner, M. G. (2010). Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, 91(10), 2833–2849. <https://doi.org/10.1890/10-0097.1>
- Turner, M. G., & Gardner, R. H. (2015). *Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process* (2nd ed.). Springer.
- Turner, Monica G, O'Neill, R. V, Gardner, R. H., et Milne, B. T. (1989). Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 3(3), 153 162.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- UN-Habitat. (2016). *Urbanization and development*. <https://unhabitat.org>
- Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2024b). *Overcoming Barriers to Green Infrastructure [Overviews and Factsheets]*. <https://www.epa.gov/green-infrastructure/overcoming-barriers-green-infrastructure>

Référence bibliographiques

- Ugochukwu Kanayo Ashinze, Blessing Aibhamen Edeigba, Aniekan Akpan Umoh, Preye Winston Biu, & Andrew Ifesinachi Daraojimba. (2024). Urban green infrastructure and its role in sustainable cities : A comprehensive review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 928-936. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0519>
- Ullah, K. R., Prodanovic, V., Pignatta, G., Deletic, A., & Santamouris, M. (2024). Assessing the impact of heat mitigation measures on thermal performance and energy demand at the community level : A pathway toward designing net-zero energy communities. *Building Simulation*, 17(8), 1379-1400. <https://doi.org/10.1007/s12273-024-1140-7>
- Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>
- Urban, D. L., O'Neill, R. V, et Shugart Jr, H. H. (1987). A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *BioScience*, 37(2).
- Vieillard-Baron, H. (2001). *Les banlieues françaises*. Presses Universitaires de France
- Vos CC, Verboom J, Opdam P, Ter Braak C (2001) Toward ecologically scaled landscape indices. *The American Naturalist* 157(1) : 24-41.
- Wang, D., & Xu, P.-Y. (2024). Urban green infrastructure : Bridging biodiversity conservation and sustainable urban development through adaptive management approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, 1440477. <https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1440477>
- Wang, D., Chai, Y., et Li, F. (2011). Built environment diversities and activity–travel behaviour variations in Beijing, China. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1173-1186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.008>
- Wang, M., & An, Z. (2023). Quantifying the Interaction Effects of Climatic Factors on Vegetation Growth in Southwest China. *Remote Sensing*, 15(3), 774. <https://doi.org/10.3390/rs15030774>
- Wang, Q., Peng, L. L. H., Jiang, W., Yin, S., Feng, N., & Yao, L. (2024). Urban form affects the cool island effect of urban greenery via building shadows. *Building and Environment*, 254, 111398. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111398>
- Wang, Y., Peng, D., Shen, M., Xu, X., Yang, X., Huang, W., Yu, L., Liu, L., Li, C., Li, X., Zheng, S., & Zhang, H. (2020). Contrasting Effects of Temperature and Precipitation on Vegetation Greenness along Elevation Gradients of the Tibetan Plateau. *Remote Sensing*, 12(17), 2751. <https://doi.org/10.3390/rs12172751>
- Waters, G., Wood, C., Mohith, D., Naumann, J., Piper, B., Murdock, A., Notley, H., & Marazzi, L. (2023). ACOUSTIC BENEFITS OF GREEN INFRASTRUCTURE IN URBAN AREAS A RAPID EVIDENCE REVIEW. *ACOUSTICS* 2023, 45, 16. <https://doi.org/10.25144/16587>

Référence bibliographiques

- Weber, C., Tran, T. D. B., & Skupinski, G. (2012). URBANISATION ET CHANGEMENT DU PAYSAGE A STRASBOURG ENTRE 1986 ET 2006.
- Wen, L., Kenworthy, J., & Marinova, D. (2020). Higher Density Environments and the Critical Role of City Streets as Public Open Spaces. *Sustainability*, 12(21), 8896. <https://doi.org/10.3390/su12218896>
- Weng, Q. (2001). A remote sensing–GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10), 1999–2014.
- Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 117, 34-49.
- Weng, Y.-C. (2007). Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 81(4), 341-353. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.009>
- Wey T, Blumstein DT, Shen W, Jordán F (2008) Social network analysis of animal behaviour: a promising tool for the study of sociality. *Animal Behaviour* 75(2) : 333-344.
- Whitehand, J. W. R. (2001). British urban morphology: The Conzenian tradition. *Urban Morphology*, 5(2), 103–109
- Whitehand, J. W. R. (2001). The urban landscape: Historical development and management. *Urban Morphology*, 5(2), 75-90.
- Wiens JA (1989) Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology* 3(4) : 385-397.
- Wiens JA (1993) Ecological Mechanisms and Landscape Ecology. *Oikos* 66(3) : 371-383.
- Wiens, J. A., Schooley, R. L., et Weeks, R. D. (1997). Patchy Landscapes and Animal Movements: Do Beetles Percolate? *Oikos*, 78(2), 257–264. <https://doi.org/10.2307/3546292>
- Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*, 125, 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>
- Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban Green Space, Public Health, and Environmental Justice. *Landscape and Urban Planning*, 125.
- Wu J (2004) Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology* 19 : 125-138.

Référence bibliographiques

- Wu J (2008) Making the Case for Landscape Ecology: An Effective Approach to Urban Sustainability. *Landscape Journal* 27 : 41-50.
- Wu J, Shen W, Sun W, Tueller PT (2002) Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecology* 17 : 761-782.
- Wu, J. (2010). Urban sustainability: an inevitable goal of landscape research. *Landscape Ecology*, 25(1), 1 4. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9444-7>
- Wu, J. (2013). Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. In *Landscape Ecology* (Vol. 28). <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9836-y>
- Wu, J. (2013b). Landscape Ecology. In *Ecological Systems* (p. 179 200). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5755-8_11.
- Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 209 221. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2014.01.018>
- Wu, J., & Lin, M. (2007). Urban landscape ecology: Past, present, and future. *Landscape Ecology*, 22(8), 1139–1145. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9180-4>
- Xie, Y., Sha, Z., & Yu, M. (2008). Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology*, 1(1), 9–23.
- Yeom, S., Kim, H., & Hong, T. (2021). Psychological and physiological effects of a green wall on occupants : A cross-over study in virtual reality. *Building and Environment*, 204, 108134. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108134>
- Yin, Y., Li, S., Xing, X., Zhou, X., Kang, Y., Hu, Q., & Li, Y. (2024). Cooling Benefits of Urban Tree Canopy : A Systematic Review. *Sustainability*, 16(12), 4955. <https://doi.org/10.3390/su16124955>
- Yu, K. (1995). Cultural variations in landscape preference : Comparisons among Chinese sub-groups and Western design experts. *Landscape and Urban Planning*, 32(2), 107-126. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)00188-9](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)00188-9).
- Zaid, M. A. (2015). Correlation and regression analysis. The Statistical, Economic and Social Research and Training Centre for Islamic Countries (SESRIC), Turkey. <https://www.oicstatcom.org/file/TEXTBOOKCORRELATION-AND-REGRESSIONANALYSIS-EGYPT-EN.pdf>
- Zerti, M., & Benrachi, B. L. (2023). Heritage potential's mobilisation: challenges and development prospects the case of Guelma in Algeria. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 13(4), 777-793.

Référence bibliographiques

- Zipperer, W. C., Wu, J., Pouyat, R. V, et Pickett, S. T. A. (2000). The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes. *Ecological Applications*, 10(3), 685-688. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0685:TAOEPT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0685:TAOEPT]2.0.CO;2)
- Zoungrana, B. J. B., Compaoré, H. F., Bayala, J., Dayamba, S. D., & Traoré, S. (2023). Impact of agrarian dynamics on land use and land cover changes around protected areas of the Pô-Nazinga-Sissili complex in Burkina Faso. *Tropicultura*, 41(1), Article 2280. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.2280>
- Zukin, S. (2010). Naked city: The death and life of authentic urban places. Oxford University Press.

Annexe 01 : Terminologie des espèces arborées en milieu urbain en Algérie

10	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 10	15 Safar 1430 11 février 2009
ANNEXE		
Nomenclature des arbres urbains et des arbres d'alignement		
1. - LES ARBRES		
NOMBRE	NOM VERNACULAIRE	NOM SCIENTIFIQUE
1	Aulne glutineux	<i>Alnus glutinosa</i>
2	Catalpa	<i>Catalpa bignonioides</i>
3	Caroubier	<i>Ceratonia siliqua</i>
4	Cyprès toujours vert	<i>Cupressus sempervirens</i>
5	Cyprès de l'Arizona	<i>Cupressus arizonica</i>
6	Cyprès d'Italie	<i>Cupressus italica</i>
7	Eucalyptus	<i>Eucalyptus ficifolia</i>
8	Frêne	<i>Fraxinus excelsior</i>
9	Févier d'Amérique	<i>Gleditsia triacanthos</i>
10	Grevillier	<i>Grevillia robusta</i>
11	Magnolia à grandes fleurs	<i>Magnolia grandiflora</i>
12	Melia	<i>Melia azedarach</i>
13	Mûrier blanc	<i>Morus alba</i>
14	Platane d'occident	<i>Platanus occidentalis</i>
15	Peuplier blanc	<i>Populus alba</i>
16	Peuplier noir	<i>Populus nigra</i>
17	Pin pignon ou parasol	<i>Pinus pinea</i>
18	Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudo-acacia</i>
19	Saule blanc	<i>Salix alba</i>
20	Jacaranda à feuilles de Mimosa	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
21	Tamaris de France	<i>Tamarix gallica</i>
22	Cyprès chauve	<i>Taxodium distichum</i>
23	Tipa	<i>Tipa tipuana</i>
24	Palmier phœnix	<i>Phoenix canariensis</i>
25	Palmier washingtonia	<i>Washingtonia filifera</i>
26	Palmier cocotier	<i>Cocos nucifera</i>
27	Micocoulier	<i>Celtis australis</i>
2. - LES ARBUSTES		
NOMBRE	NOM VERNACULAIRE	NOM SCIENTIFIQUE
1	Acacia de Constantinople	<i>Albizzia julibrissin</i>
2	Dragonnier	<i>Dracaena draco</i>
3	Sophora du Japon	<i>Sophora japonica</i>
4	Banjan de Malaisie	<i>Ficus retusa</i>
5	Cytise faux ébénier	<i>Laburnum anagyroides</i>
6	Lilas des Indes	<i>Lagerstroemia indica</i>
7	Laurier rose	<i>Nerium oleander</i>
8	Prunier	<i>Prunus pissardii</i>
9	Arbre de Judée	<i>Cercis siliquastrum</i>
10	Faux-poivrier	<i>Schinus molle</i>
11	Troène du Japon	<i>Ligustrum japonica</i>
12	Olivier de Bohême	<i>Eleagnus angustifolia</i>

Annexe 02 : Questionnaire de l'enquête pilote

Questionnaire adressé à la population de la ville de Guelma

« Élément végétal et qualité perçue du paysage urbain »

Ce questionnaire a été établi dans le cadre de l'élaboration d'une thèse de doctorat portant sur la végétation dans la ville de Guelma ayant pour l'objectif : le rôle du végétal dans la ville de Guelma.

Pour remplir ce questionnaire il suffit de mettre une croix devant la réponse choisie.

NOUS VOUS REMERCIONS POUR VOTRE CONTRIBUTION.

Informations sur l'interviewé(e) :

Sexe :	<input type="checkbox"/> Masculin	<input type="checkbox"/> Féminin
Age :	<input type="checkbox"/> - de 10 ans	<input type="checkbox"/> -de 20ans <input type="checkbox"/> 20-39 ans <input type="checkbox"/> 40-60 ans <input type="checkbox"/> +60 ans
Niveau intellectuel :	<input type="checkbox"/> Primaire	<input type="checkbox"/> Secondaire <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Universitaire <input type="checkbox"/> Autre
Profession :	<input type="checkbox"/> Fonction libérale	<input type="checkbox"/> Fonction publique <input type="checkbox"/> Retraité <input type="checkbox"/> Autre
Situation familiale:	<input type="checkbox"/> Célibataire	<input type="checkbox"/> Marié
Localité d'origine :	<input type="checkbox"/> Ville (citadin)	<input type="checkbox"/> Village (rural)
Type d'habitat occupé:	<input type="checkbox"/> Appartement	<input type="checkbox"/> Maison individuelle <input type="checkbox"/> Habitat spontané

Informations théoriques :

Considérez-vous que la végétation en ville :

☐ Indispensable ☐ Facultatif ☐ peu important

La végétation en ville a des enjeux : « choisir plusieurs réponses »

☐ Paysager ☐ Economique ☐ Physique
☐ Environnemental ☐ Social ☐ Autres:.....

Par quoi se caractérise la ville idéale pour vous ?

☐ Beaucoup de verdure ☐ Beaucoup de constructions ☐ Equilibre entre bâti /verdure

Qu'entendez-vous par espace vert ?

☐ Une plante ☐ Le parc ☐ Le gazon ☐ Autres:.....
☐ Un arbre ☐ Le jardin ☐ Tout ce qui est vert

Selon vous, quel est le rôle de la végétation urbaine ?

Informations sur Guelma :

Généralement, manque-t-il de verdure dans de la ville de Guelma?:

Urbain: ☐ Oui ☐ Non ☐ Un peu

Périurbain: ☐ Oui ☐ Non ☐ Un peu

En général, diriez-vous que la qualité de l'environnement dans votre ville:

☐ S'améliore ☐ Se détériore ☐ Ne change pas avec le temps

A l'époque, par quoi la ville de Guelma a été caractérisée?:

☐ Sa propreté ☐ Sa verdure ☐ Son cadre bâti

Autres:.....

Est-ce-que vous fréquentez les espaces vert urbain et/ou périurbain ?

Urbain: ☐ Oui ☐ Souvent Périurbain: ☐ Oui ☐ Souvent
☐ Non ☐ Peu ☐ Non ☐ Peu

Combien de fois vous y'allez ?

Urbain: Par semaine Par mois Par année

Périurbain: Par semaine Par mois Par année

Quelles sont les raisons pour lesquelles vous fréquentez un espace vert et naturel ? « choisir plusieurs réponses »

☐ Besoin de calme , la propreté et verdure ☐ Profiter de la beauté du paysage ☐ Pique-nique
☐ Promenade et détente ☐ Jeux d'enfants ☐ Autres motifs
☐ Amis, famille ☐ Pratique d'un sport

Allez-vous à l'espace vert :

☐ Seul

☐ Avec ami(s)

☐ avec la famille

Vous fréquentez souvent le même espace vert ?

☐ Oui

☐ Non

Le quel? :

Si oui, pourquoi ? « choisir plusieurs réponses »

☐ richesse de la flore (végétaux, arbres, fleurs,...)

☐ sécurité

☐ tranquillité, calme

☐ f) valeurs historiques et architecturales

Autres:.....

Quelles sont les raisons qui vous poussent à ne jamais fréquenter d'espaces verts urbain ? « choisir plusieurs réponses »

☐ Trop loin de chez vous

☐ Cela ne vous intéresse pas

☐ Ne correspond pas à ce que vous recherchez

☐ Vous n'avez pas le temps

☐ Trop de monde

☐ Vous ne vous sentez pas en sécurité

☐ Autres motifs

Quels sont les problèmes environnementaux majeurs dans votre ville à l'heure actuelle ? « choisir plusieurs réponses »

☐ Les déchets

☐ La pollution atmosphérique

☐ Le transport urbain

☐ Le manque d'espaces verts

☐ La dégradation du cadre bâti

☐ Autres:.....

Existe-t-il des associations de protection de l'environnement dans votre ville ?

☐ Oui

☐ Non

☐ Je sais pas

Si oui, les quelles?:.....

Si oui, participez vous ou vos enfants à cette association ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui, la quelle?:.....

Y a-t-il des actions d'information et de sensibilisation sur l'environnement dans votre ville ?

☐ Oui

☐ Non

Quel est le quartier qui se caractérise par un paysage agréable à votre avis dans la ville de Guelma ?

A qui revient-il ?

☐ À la qualité architecturale du cadre bâti

☐ À la présence des arbres d'alignement

☐ À la présence des espaces verts (Jardin, square,...)

☐ Au mobilier urbain

☐ Propreté de l'espace

☐ Autres:.....

Informations sur Quartier :

Le quartier dans lequel vous habitez?

Est-ce-que il y a de la végétation dans votre quartier ?

☐ Oui

☐ Non

☐ Un peu

De quel type ? « choisir plusieurs réponses »

☐ Square (jardin de quartier, Fleurs)

☐ Aire de jeux pour enfants

☐ Terre agricole

☐ Terrain de sport

☐ Bosquet « groupe d'arbres plantés »

☐ Autres:.....

Avez-vous fait une initiative privée au niveau de votre quartier ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui laquelle ?

☐ Nettoyage

☐ Plantation d'arbres

☐ Autres:.....

Quels sont, selon vous, les principaux problèmes liés à la végétation dans votre quartier ?

.....

Comment évaluez-vous votre quartier en général ? « Quelle note donnez-vous à votre quartier ? »

☐ 0/10 ☐ 2,5/10 ☐ 7,50/10 ☐ 10/10

Qu'est ce qui planté dans votre quartier ?

☐ Fleurs ☐ Arbres « quel type? »: par exemple d'olive ;
☐ Autres:.....
.....

•Souhaitez-vous voir disparaître complètement les espaces végétalisés pour permettre de nouvelles constructions ?

☐ Oui ☐ Non

Pourquoi?:.....

Selon vous , combien le pourcentage de végétation par rapport au bâti dans de votre quartier ?

☐ 50% végétation, 50% Bâti ☐ 25 % végétation, 75% Bâti
☐ 00% végétation, 100% Bâti ☐ Autres: % végétation,% Bâti

Avez-vous une idée ce qui était votre quartier avant l'urbanisation ?

☐ Oui ☐ Non

Si oui, quoi? :

☐ Terre agricole par excellence ☐ Forêt
☐ implantation d'arbres ☐ Autres:.....
☐ Terre nue

La végétation dans votre quartier vous semble-t-elle suffisante pour assurer un cadre de vie agréable ?

☐ Oui ☐ Non

Pourquoi?:.....

Avez-vous un jardin lié à votre maison?

☐ Oui ☐ Non

Si oui, pour quelle raison ?

☐ simple potager à usage alimentaire ☐ Engouement pour le jardinage
☐ besoin de verdure ☐ Autres:

Informations sur votre avis dans la gestion du site :

Pensez vous que les espaces verts vous appartiennent et sont sous votre responsabilité ?

☐ Oui ☐ Non

Dans quelle mesure chaque citoyen peut il contribuer à améliorer la qualité des espaces verts dans sa ville ?

☐ le respect d'usage de ces espaces
☐ la participation à la création de nouveaux espaces verts (plantation d'arbres, fleurissement des quartiers,...)
☐ la sensibilisation de l'entourage à l'importance de ces espaces et à la nécessité de les maintenir
☐ Autres:.....

D'après vous comment les autorités s'occupent elles des espaces verts ?

☐ Très bien ☐ Bien ☐ Moyen ☐ Mal

Afin d'améliorer l'état des espaces verts dans la ville de Guelma, qu'elles opérations désiriez-vous avoir en matière d'espaces verts ?

☐ requalification et réhabilitation des espaces verts existants ☐ création de nouveaux espaces verts
☐ aménagements des espaces résiduels ☐ Autres:.....

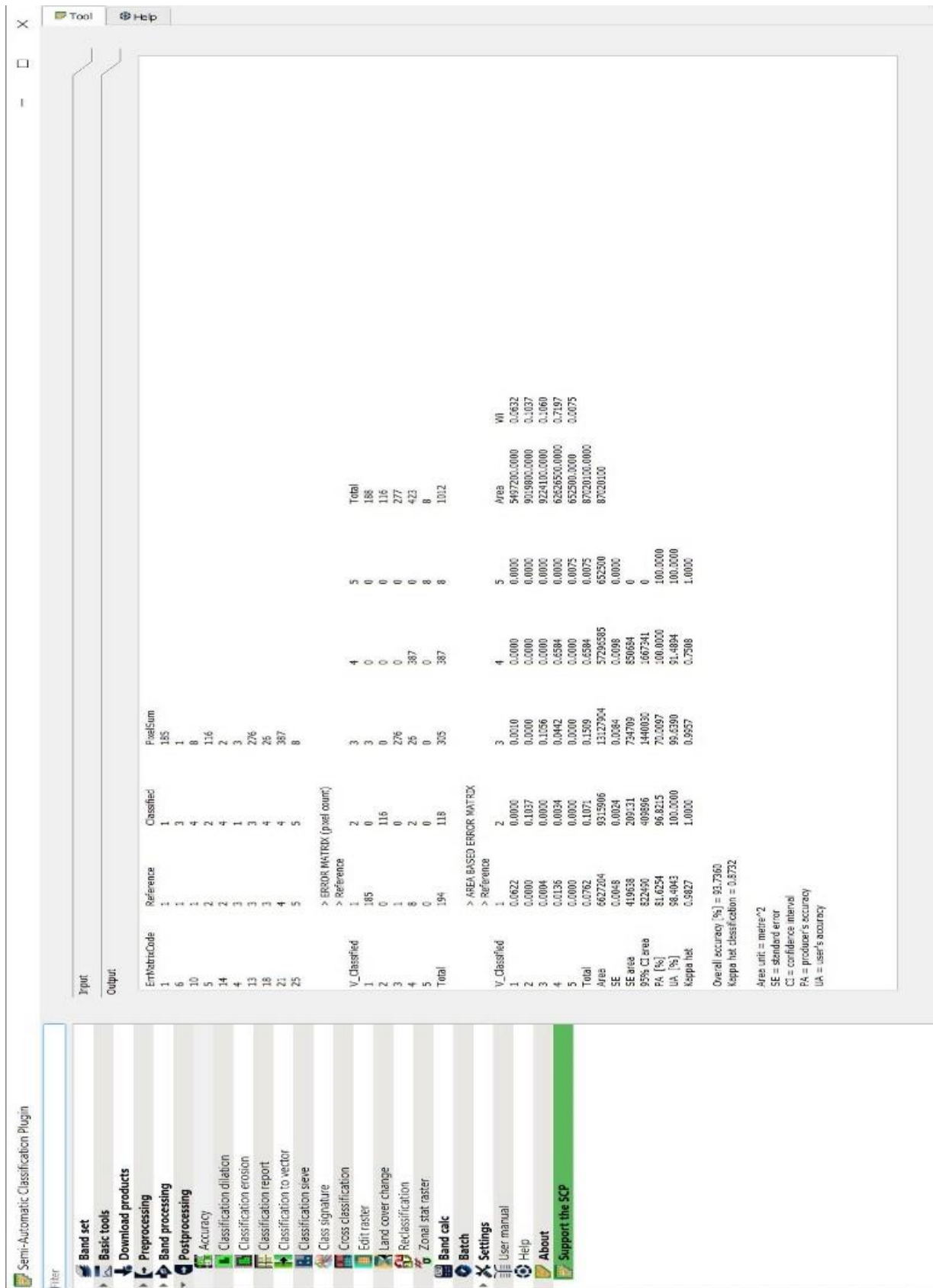
Quelles réalisations végétales souhaiteriez-vous voir se développer en priorité dans votre ville?

☐ Des jardins publics ☐ Des jardins de quartier ☐ Des parcs de loisirs
☐ Des aires de jeux pour enfants ☐ Des terrains de sport ☐ Les alignements d'arbres
Autres:

D'après vous, que faut t-il faire pour assurer la durabilité des espaces verts au sein de votre ville ?

☐ Opter pour un plan vert pour assurer une bonne gestion des espaces verts
☐ Faire participer le citoyen
☐ assurer la sensibilisation des citoyens à la qualité de l'environnement
☐ Autres:.....

Annexe 03 : l'indice de Kappa (Khat) de chaque classification



L'indice de Kappa (Khat) de la classification 1987

Semi-Automatic Classification Plugin

Filter

Band set

Basic tools

Download products

Preprocessing

Band processing

Postprocessing

Accuracy

Classification dilation

Classification erosion

Classification report

Classification to vector

Classification sieve

Class signature

Cross classification

Edit raster

Land cover change

Reclassification

Zonal stat raster

Band calc

Batch

Settings

User manual

Help

About

Support the SCP

Input

Output

ErrMatrixCode	Reference	Classified	PixelSum
1	1	1	179
3	1	2	5
6	1	3	2
2	2	1	10
5	2	2	181
4	3	1	1
8	3	2	27
13	3	3	520
21	4	4	225
23	4	4	16
25	5	5	117

> ERROR MATRIX (pixel count)

	Reference	2	4	5	Total
V_Classified					
1	179	10	0	0	190
2	5	181	0	0	213
3	2	0	0	0	522
4	0	0	225	16	241
5	0	0	0	117	117
Total	186	191	225	133	1283

> AREA BASED ERROR MATRIX

	Reference	2	4	5	Area	WI
V_Classified						
1	0.0919	0.0051	0.0000	0.0000	8492400.0000	0.0976
2	0.0016	0.0387	0.0000	0.0000	6012000.0000	0.0691
3	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	14562200.0000	0.1650
4	0.0000	0.0000	0.4050	0.0288	37747800.0000	0.4338
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.2345	20409300.0000	0.2345
Total	0.0942	0.0638	0.4050	0.2633	87023700.0000	
Area	8156889	5555757	35241722	22915378		
SE	0.0019	0.0023	0.0070	0.0070		
SE area	161964	201971	606625	606625		
95% CI area	317450	395864	1188985	1188985		
PA [%]	97.6070	91.9549	100.0000	89.0638		
UA [%]	94.2105	84.9765	93.3610	100.0000		
Kappa hat	0.9361	0.8395	0.8884	1.0000		

Overall accuracy [%] = 95.4541
Kappa hat classification = 0.9369

Area unit = metre^2
SE = standard error
CI = confidence interval
PA = producer's accuracy
UA = user's accuracy

L'indice de Kappa (Khat) de la classification 2003

Semi-Automatic Classification Plugin

Filter

Band set

Basic tools

Download products

Preprocessing

Band processing

Postprocessing

Accuracy

Classification dilation

Classification erosion

Classification report

Classification to vector

Classification sieve

Class signature

Cross classification

Edit raster

Land cover change

Reclassification

Zonal stat raster

Band calc

Batch

Settings

User manual

Help

About

Support the SCP

Input

Output

ErrId	Code	Reference	Classified	PixelSum
1	1	1	1	1021
10	1	1	4	17
5	2	2	2	225
19	2	2	5	6
13	3	3	3	55
7	4	4	1	27
12	4	4	2	1
17	4	4	3	8
21	4	4	5	819
24	4	4	5	32
16	5	5	2	31
25	5	5	5	702

> ERROR MATRIX (pixel count)

> Reference

V. Classified	1	2	3	4	5	Total
1	1021	0	0	27	0	1048
2	0	225	0	1	31	257
3	0	0	55	8	0	63
4	17	0	0	839	0	856
5	0	6	0	32	702	740
Total	1038	231	55	907	733	2964

> AREA BASED ERROR MATRIX

> Reference

V. Classified	1	2	3	4	5	Area	WI
1	0.1475	0.0000	0.0000	0.0039	0.0000	13171500.0000	0.1514
2	0.0000	0.1569	0.0000	0.0007	0.0216	15597900.0000	0.1793
3	0.0000	0.0000	0.0353	0.0051	0.0000	3517200.0000	0.0404
4	0.0042	0.0000	0.0000	0.2071	0.0000	18384300.0000	0.2113
5	0.0000	0.0034	0.0000	0.0181	0.3962	3634200.0000	0.4177
Total	0.1517	0.1603	0.0353	0.2349	0.4178	87012900.0000	
Area	13197267	13959414	3070571	20437400	36357248		
SE	0.0013	0.0039	0.0017	0.0038	0.0050		
SE area	108975	343472	148726	324064	433440		
95% CI area	213395	673205	291503	654766	849543		
PA [%]	97.2335	97.8978	100.0000	88.1677	94.8251		
UA [%]	97.4237	87.5466	87.3016	98.0140	94.8649		
Kappa hat	0.9986	0.8517	0.8684	0.9740	0.9118		

Overall accuracy [%] = 94.3003

Kappa hat classification = 0.9211

Area unit = metre*2

SE = standard error

CI = confidence interval

PA = producer's accuracy

UA = user's accuracy

L'indice de Kappa (Khat) de la classification 2019