Mounir HADJI

L'Infrastructure Verte des Villes Oasiennes: Présent et Perspectives pour le Développement Urbain Durable

Cas d'étude: Biskra, Algérie

Editura Universitară „Ion Mincu"
București, 2026

Volum publicat în cadrul proiectului:
„Dezvoltarea capacităţii instituționale a UAUIM pentru cercetare în arhitectură şi urbanism prin crearea unei culturi a diseminării rezultatelor”, Acronim CULTADISER
Proiect finanțat prin Consiliul Naţional pentru Finanţarea Învățământului Superior - FDI 2025; Domeniul Strategic de Finanţare D6 – „Dezvoltarea capacităţii instituționale pentru cercetare în universităţi”

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
HADJI, MOUNIR
L'infrastructure verte des villes oasiennes : présent et perspectives pour le développement urbain durable : cas d'étude - Biskra, Algérie / Mounir Hadji. - Bucureşti : Editura Universitară "Ion Mincu", 2026

ISBN 978-606-638-443-8

71

Lucrarea de faţă reprezintă strict punctul de vedere al autorului. Responsabilitatea lucrării îi revine în întregime autorului, atât în ceea ce priveşte conţinutul, cât şi forma.
Le présent ouvrage représente strictement le point de vue de l'auteur. La responsabilité de l'ouvrage incombe entièrement à l'auteur, tant en ce qui concerne le contenu que la forme.

Toate drepturile rezervate. Nicio parte din această publicație nu poate fi reprodusă, stocată sau transmisă prin orice mijloace de natură electronică, mecanice, de copiere, înregistrare sau alte forme fără permisiunea scrisă a autorului şi a editurii.
Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée ou transmise par quelque moyen que ce soit — électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou tout autre procédé — sans l'autorisation écrite de l'auteur et de l'éditeur.

© 2026, Editura Universitară „Ion Mincu”, Strada Academiei, nr.18-20, sector 1, Bucureşti, cod 010014, https://editura.uauim.ro

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon père, dont l'amour et les valeurs continuent de guider mes pas chaque jour. Son soutien et ses sacrifices demeurent une source d'inspiration inépuisable pour moi. À ma mère, dont la force, l'amour et l'encouragement inébranlables m'ont permis d'atteindre ce jalon important, je vous exprime ma profonde gratitude et mon amour infini.

Je souhaite également dédier ce travail à tous ceux qui m'ont soutenu, amis, famille et mentors. Vos conseils et encouragements ont été essentiels à ma réussite. Merci pour votre patience, votre compréhension et votre foi en mes capacités.

REMERCIEMENT

Je remercie Dieu de m'avoir accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à M. le Dr Alexandru-Ionuţ PETRIŞOR, dont l'accompagnement attentif et les conseils avisés ont été déterminants dans la réalisation de cet ouvrage. Sa disponibilité, son expertise et son exigence académique ont constitué un appui essentiel tout au long de ce parcours.

Je tiens également à remercier chaleureusement toutes les personnes qui, par leurs orientations et leurs encouragements, ont contribué à l'élaboration de ce livre.

Ma reconnaissance s'adresse aux acteurs de la planification urbaine de la ville de Biskra pour leur précieuse collaboration. Leur participation aux entretiens, ainsi que les informations et documents mis à disposition, ont enrichi de manière significative cette recherche.

Je remercie enfin les habitants de Biskra pour leur disponibilité et leur contribution active. Leurs témoignages et leurs réponses ont permis d'approfondir l'analyse et de donner à ce travail une dimension concrète et ancrée dans la réalité locale.

À toutes celles et ceux qui ont, de près ou de loin, soutenu la réalisation de cette étude, j'adresse mes sincères remerciements.

Table des matières

Résume XII
Rezumat XIII
Abstract XIV
Introduction générale 2
PARTIE THÉORIQUE 5
Chapitre 1. L'infrastructure verte : planification pour un développement urbain durable 6
Introduction 6
1. L'infrastructure verte : concepts et approches 7
1.1. Définition de l'infrastructure verte 7
1.2. Historique des infrastructures vertes 17
1.2.1. Les parcs urbains de Frederick Law Olmsted 17
1.2.2. La théorie de Howard Cités-jardins (Garden-city) 20
1.3. Les voies vertes et les infrastructures vertes 23
1.4. Développement d'infrastructures vertes dans le monde 25
1.5. Classification d'infrastructures vertes 29
1.5.1. Canopée urbaine 30
1.5.2. Espaces publics végétalises 30
1.5.3. Toits verts 31
1.5.4. Structures verticales vertes 31
1.6. Pratiques des infrastructures vertes : Quelques exemples 31
1.6.1. La ceinture bleue de Staten Island : infrastructure verte de quartier/district 32
1.6.2. Plan de Barcelone pour les infrastructures vertes et la biodiversité 2020 34
1.6.3. IDENT-Cité : La biodiversité des arbres en ville à Montréal 37
2. Planification des infrastructures vertes 39
2.1. Qu'est-ce que la planification des infrastructures vertes ? 39
2.2. L'infrastructure verte en tant qu'approche de planification stratégique 40
2.3. Principes de planification des infrastructures vertes 41
2.3.1. Principes fondamentaux de planification des infrastructures vertes 42
2.3.1.1. La connectivité écologique (Network) 42
2.3.1.1.1. Les taches 44
2.3.1.1.2. Les corridors 45
2.3.1.1.3. La matrice 45
2.3.1.2. La multifonctionnalité 46
2.3.1.2.1. Services écosystémiques 49
2.3.1.3. Intégration vert-gris 50
2.3.1.4. Participation et inclusion social 52
2.3.2. Principes de soutien de la planification des infrastructures vertes 54
2.3.2.1. Multi-Object 54
2.3.2.2. Multi-échelle 54

2.3.2.3. Inter- disciplinarité et transdisciplinarité 55
3.3. L'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine et les défis du développement urbain durable 55
3.3.1. Infrastructure verte pour des avantages environnementaux durables..... 56
3.3.2. Infrastructure verte pour des bénéfices socioculturels 57
3.3.3. Infrastructure verte pour des avantages économiques durables..... 58
Conclusion..... 63
Chapitre 2. L'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasiennes : stratégies et pratiques durables 64
Introduction 64
1. L'oasis : définitions et concepts..... 65
2. Classification des différentes oasis 67
2.1. Oasis de montagnes 67
2.2. Oasis fluviales (Oued) 68
2.3. Oasis de dépression..... 69
2.4. Oasis artésiennes ou artificielles 70
2.5. Oasis d'erg..... 70
2.6. Oasis en forme de cuvette ou alvéoles 71
2.7. Oasis de gorges 71
3. Normes et mécanismes de l'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasis 72
3.1. L'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasis : une biodiversité riche 72
3.2. Le développement de l'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasis et les techniques d'exploitation de l'eau 74
3.3. Le jardin dans les villes oasis traditionnelles : une nouvelle forme introduite 75
4. Les composantes principales des écosystèmes oasiens..... 78
4.1. L'eau..... 79
4.2. Le Ksar (habitat) 79
4.3. La palmeraie : une infrastructure verte oasienne durable..... 80
4.3.1. La palmeraie : écosystème vital pour l'économie locale et la régulation du climat 80
4.2.2. La palmeraie : un écosystème en faveur de l'écologie durable..... 81
4.2.3. La palmeraie : un socle de la durabilité sociale..... 83
4.2.4. La palmeraie : un rôle central dans la durabilité urbain 84
Conclusion..... 84
PARTIE CONTEXTUELLE..... 86
Chapitre 1. Contexte physique, humain, historique et urbain de la ville de Biskra.. 87
Introduction 87
1. Motivation et critères de choix de la région..... 88
1.1. Un héritage historique..... 88
1.2. Une situation stratégique 89
1.3. Un milieu physique fragile..... 89
2. Contexte Physique 90
2.1. Contexte saharien..... 90

2.2. Situation 91
2.3. Climat 94
2.3.1. Température 94
2.3.2. Précipitation 97
2.3.3. Humidité relative 98
2.3.4. Vents 99
2.4. Hydrologie et ressources en eau 101
2.4.1. Hydrographie 101
2.4.2. Hydrogéologie 102
3. Contexte humain 104
4. Contexte historique de Biskra : événements historiques et peuplement 105
5. Contexte urbain de la ville de Biskra et son évolution 107
5.1. Époque Turque (1541-1844) 108
5.1.1. Époque Turque I (1541-1680) 108
5.1.2. Époque Turque II (1680-1844) 109
5.2. Époque coloniale (1844-1962) 110
5.2.1. Époque coloniale I (1844-1865) 110
5.2.2. Époque coloniale II (1865-1932) 114
5.2.3. Époque coloniale III (1932-1962) 116
5.3. Époque de l'indépendance (1962- 2015) 119
5.3.1. Époque de l'indépendance I (1962-1977) 119
5.3.2. Époque de l'indépendance II (1977-1986) 120
5.3.3. Époque de l'indépendance III (1986 à nos jours) 122
5.3.3.1. Nouveaux instruments d'urbanisme 123
5.3.3.1.1. Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) 123
5.3.3.1.2. Plan d'occupation des sols (POS) 125
5.3.3.2. Évolution urbaine 128
Conclusion 130
Chapitre 2. Les infrastructures vertes oasiennes de la ville de Biskra : entre le passé et le présent 133
Introduction 133
1. Les infrastructures vertes oasiennes de Biskra et les services écosystémiques 134
1.1. Écosystème vital pour l'économie locale 134
1.2. Écosystème pour favoriser la cohésion sociale 135
1.3. Écosystème pour un environnement écologiquement équilibré et favorable à la bioclimatique 136
2. Évolution des infrastructures vertes oasiennes à Biskra 137
2.1. Époque précoloniale (avant 1541- 1844) 138
2.2. Époque coloniale (1844-1962) 139
2.2.1. Jardin public (jardin 5 juillet) 140
2.2.2. Jardin Landon (jardin Elferdouss) 143
2.2.3. Jardin Rodari (jardin Zidane Brahim) 146
2.2.4. Square Dufourg (jardin 20 aout 1955) 147
2.3. Époque de l'indépendance (1962 à nous jours) 147
2.3.1. Jardin 01 novembre 148
2.3.2. Jardin Bachir Ben Naceur 149

3. Le cadre législatif à Biskra pour l'aménagement des différents types d'infrastructures vertes urbaine 149
3.1. Les texte de lois 150
3.2. Les textes d'application 151
3.3. Circulaires et arrêté 152
4. Les enjeux environnementaux et les risques majeurs dans la ville 154
4.1. Les inondations 154
4.2. La dégradation des infrastructures vertes oasiennes et la crise écologique : une fragmentation de la palmeraie et menace croissante pour l'environnement 156
5. Évolution des fondements du développement urbain durable associés aux infrastructures vertes au fil du temps dans la ville de Biskra 157
Conclusion 160
PARTIE METHODOLOGIQUE 163
Chapitre 1. Présent du développement urbain durable dans la ville de Biskra lié aux infrastructures vertes 164
Introduction 164
1. Analyse de la durabilité des infrastructures vertes : défis et atouts 165
2. Durabilité des infrastructures vertes à Biskra : évaluation et perspectives d'amélioration 172
2.1. Identification des enjeux pour évaluer la durabilité de l'infrastructure verte dans la ville de Biskra 172
2.2. Méthode de collecte de donnés 174
2.2.1. Questionnaire 175
2.2.1.1. Description du formulaire du questionnaire choisi 176
2.2.2. Outil d'évaluation de la durabilité de l'infrastructure verte dans la ville de Biskra 177
2.3. Discussion des résultats du questionnaire 180
2.3.1. Informations sur l'occupant 180
2.3.2. Dimension environnementale 183
2.3.2.1. Préservation des terres arables 183
2.3.2.2. Les énergies renouvelables et leur promotion 184
2.3.2.3. Satisfaction de qualité de l'air 186
2.3.2.4. Satisfaction de qualité de l'eau 188
2.3.2.4. Gestion des déchets 189
2.3.2.5. Biodiversité et sa promotion 191
2.3.2.6. Résilience aux risques d'inondation 195
2.3.2.7. Résilience aux risques de sécheresse 198
2.3.2.8. Résilience aux risques de tempêtes de sable 200
2.3.2.9. Climat urbain et confort thermique 202
2.3.3. Dimension socioculturelle 204
2.3.3.1. Esthétique du paysage 204
2.3.3.2. Amélioration de l'environnement bâti 206
2.3.3.3. Promotion de l'éducation environnementale 207
2.3.3.4. Cohésion sociale et soutien à la santé 210
2.3.3.5. Sécurité publique 213
2.3.4. Dimension économique 215

2.3.4.1. Économies de coûts privés et publics 215
2.3.4.2. Opportunités d'emplois verts 218
2.3.4.3. Développement économique local 219
2.4. Interprétation générale des résultats 222
Conclusion 226
Chapitre 2. Analyse des infrastructures vertes dans la planification urbaine et leur mise en œuvre dans la ville de Biskra 227
Introduction 227
1. Analyse de l'intégration des infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme : manque de précises au niveau des instruments d'urbanisme ? 228
1.1. Aménagement des espaces verts 228
1.2. Analyse des donnés sur la surface de verdure 231
1.3. Interprétations générales des résultats 235
2. Intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine : intérêt et expérience des décideurs et urbanistes 235
2.1. Enquête par entretien semi-directif 236
2.2. Discussion des résultats des entretiens semi-directifs 237
2.3. Interprétations générales des résultats 252
Conclusion 254
Recommandations 255
Conclusion générale 261
Bibliographie 262

Résume

Les infrastructures vertes ont joué un rôle crucial dans le passé de la ville de Biskra, avec notamment la présence des palmeraies et divers jardins et parcs contribuant à la durabilité urbaine. Cependant, l'urbanisation croissante, au détriment du potentiel écologique, menace désormais les écosystèmes urbains dans la ville. Cette menace engendre non seulement des défis environnementaux, mais aussi sociaux et économiques, remettant en question la durabilité urbaine.

Dans ce contexte, notre recherche se concentre sur l'importance de l'infrastructure verte à Biskra, visant à démontrer son potentiel pour relever les défis de l'urbanisation tout en favorisant une planification urbaine durable et harmonieuse. Cela nous amène à évaluer la durabilité associée à l'infrastructure verte dans la ville. Pour ce faire, un outil d'évaluation a été développé, prenant en compte les enjeux propres à l'écosystème de l'infrastructure verte dans la ville et visant à proposer des améliorations.

En parallèle, nous examinons les facteurs à l'origine de la vulnérabilité de cette infrastructure au niveau de la planification urbaine, en utilisant des entretiens semi-directs, car la vulnérabilité est souvent liée à une planification inadéquate. À partir des résultats obtenus par l'outil d'évaluation et les entretiens, une série de recommandations sera élaborée pour promouvoir l'aménagement durable des infrastructures vertes dans la ville de Biskra ainsi que dans les villes oasiennes similaires, contribuant ainsi au développement urbain durable.

Mots clés : infrastructures vertes, écosystèmes urbains, évaluation de la durabilité, planification urbaine, développement urbain durable.

Rezumat

Infrastructurile verzi au jucat un rol crucial în trecutul orașului Biskra, în special prin prezența plantațiilor de palmieri și a diverselor grădini și parcuri care au contribuit la durabilitatea urbană. Cu toate acestea, urbanizarea în creștere, în detrimentul potențialului ecologic, amenință acum ecosistemele urbane din oraș. Această amenințare generează nu doar provocări de mediu, ci și sociale și economice, punând sub semnul întrebării durabilitatea urbană.

În acest context, cercetarea noastră se concentrează pe importanța infrastructurii verzi în Biskra, vizând să demonstreze potențialul său de a face față provocărilor urbanizării, promovând în același timp o planificare urbană durabilă și armonioasă. Aceasta ne conduce la evaluarea durabilității asociate infrastructurii verzi din oraș. În acest scop, a fost dezvoltat un instrument de evaluare care ia în considerare problemele specifice ecosistemului infrastructurii verzi din oraș și care are ca scop propunerea de îmbunătățiri.

În paralel, examinăm factorii care stau la baza vulnerabilității acestei infrastructuri la nivelul planificării urbane, utilizând interviuri semi-directe, deoarece vulnerabilitatea este adesea legată de o planificare inadecvată. Pe baza rezultatelor obținute cu ajutorul instrumentului de evaluare și al interviurilor, va fi elaborată o serie de recomandări pentru promovarea amenajării durabile a infrastructurilor verzi în orașul Biskra, precum și în orașele oasiene similare, contribuind astfel la dezvoltarea urbană durabilă.

Cuvinte cheie: infrastructuri verzi, ecosisteme urbane, evaluarea durabilității, planificare urbană, dezvoltare urbană durabilă.

Abstract

Green infrastructure has played a crucial role in the history of the city of Biskra, with features like palm groves and various gardens and parks contributing to urban sustainability. However, the increasing urbanization, at the expense of ecological potential, now threatens urban ecosystems in the city. This threat poses not only environmental challenges but also social and economic ones, questioning urban sustainability.

In this context, our research focuses on the importance of green infrastructure in Biskra, aiming to demonstrate its potential to address urbanization challenges while promoting sustainable and harmonious urban planning. This leads us to assess the sustainability associated with green infrastructure in the city. To achieve this, an evaluation tool has been developed, considering the specific issues related to the green infrastructure ecosystem in the city and aiming to propose improvements.

Additionally, we examine the factors contributing to the vulnerability of this infrastructure at the urban planning level, using semi-structured interviews, as vulnerability is often linked to inadequate planning. Based on the results obtained from the evaluation tool and interviews, a series of recommendations will be developed to promote the sustainable development of green infrastructure in the city of Biskra as well as in similar oasis cities, thereby contributing to sustainable urban development.

Keywords: green infrastructure, urban ecosystems, sustainability assessment, urban planning, sustainable urban development.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Ce travail représente une adaptation approfondie d'une recherche doctorale soutenue à l'Université d'Architecture et d'Urbanisme « Ion Mincu » de Bucarest en 2024, sous la direction de M. le Dr Alexandru-Ionuț Petrișor. Il s'inscrit dans une volonté de transformer une démarche scientifique initialement destinée au cadre académique en un ouvrage accessible à un public plus large, tout en conservant la rigueur méthodologique et la profondeur analytique propres à une recherche universitaire. L'ouvrage propose ainsi une réflexion synthétique et structurée sur les enjeux contemporains de l'urbanisation et du développement durable, en mettant en lumière les profondes mutations que connaissent aujourd'hui les villes à l'échelle mondiale. Ces transformations, marquées par une croissance urbaine rapide et souvent peu maîtrisée, posent des défis majeurs en matière de gestion des territoires, de préservation de l'environnement et d'amélioration de la qualité de vie des populations.

Dans ce contexte global, l'Algérie constitue un exemple particulièrement révélateur des dynamiques urbaines actuelles. L'expansion accélérée des zones bâties y a engendré une pression croissante sur les écosystèmes, les ressources naturelles et les espaces agricoles, fragilisant progressivement les équilibres environnementaux et sociaux. La ville de Biskra, choisie comme cas d'étude principal, illustre de manière emblématique ces problématiques. Son développement urbain rapide a entraîné une fragmentation préoccupante des habitats naturels et une réduction significative des palmeraies, éléments constitutifs de son identité oasienne et piliers essentiels de son équilibre écologique, économique et culturel. Ces évolutions soulèvent des interrogations fondamentales quant à la pertinence des modèles de planification urbaine actuellement mis en œuvre et à leur capacité à répondre aux exigences du développement durable.

Face à ces constats, cette recherche s'inscrit dans une démarche visant, avant tout, à mettre en évidence les causes profondes de la négligence des services écosystémiques dans la ville de Biskra, tant au niveau général qu'à travers les pratiques spécifiques de la planification urbaine. Elle cherche également à favoriser une meilleure intégration des fonctions écologiques des milieux naturels au sein des territoires urbains, en soulignant la nécessité de leur conservation afin de répondre de manière durable aux besoins humains. Dans cette perspective, l'étude ambitionne d'introduire et

de promouvoir l'infrastructure verte comme une approche essentielle et impérative dans les processus de planification urbaine, capable de relever simultanément les défis économiques, sociaux et environnementaux auxquels sont confrontées les villes oasiennes. À travers ces objectifs, le travail vise à contribuer à une réorientation des stratégies de développement urbain vers des modèles plus respectueux de l'environnement, mieux adaptés aux spécificités locales et plus aptes à garantir un avenir durable aux territoires concernés.

L'importance, la nouveauté et l'originalité de cette étude résident dans plusieurs éléments majeurs. Tout d'abord, ce travail constitue une contribution significative aux recherches portant sur l'environnement urbain, particulièrement dans le contexte spécifique des villes oasiennes, encore peu exploré. Il se distingue également par la prise en compte explicite de la réalité des infrastructures vertes dans ces villes et par l'intégration du rôle central des services écosystémiques dans les stratégies de développement urbain durable. En effet, la majorité des études réalisées en Algérie ont jusqu'à présent négligé cet aspect fondamental, et très peu de travaux ont abordé cette problématique de manière approfondie, tant au niveau national qu'international. Cette recherche vise ainsi à combler un manque scientifique réel et à ouvrir de nouvelles perspectives d'analyse. Enfin, l'ouvrage propose une série de recommandations concrètes et opérationnelles destinées à l'élaboration de stratégies efficaces pour la préservation et l'amélioration des infrastructures vertes à Biskra, mais également dans d'autres villes oasiennes présentant des caractéristiques similaires.

Le livre est structuré en trois parties complémentaires. La première partie, de nature théorique, repose sur une analyse bibliographique approfondie des principaux concepts liés aux infrastructures vertes, à leur impact sur les écosystèmes urbains et à leur contribution au développement durable. Elle examine également les différents cadres conceptuels permettant de comprendre leur rôle dans les villes oasiennes. La deuxième partie est consacrée à l'étude contextuelle de la ville de Biskra : son histoire, sa géographie, ses caractéristiques socio-économiques et démographiques, ainsi que les défis environnementaux et urbains auxquels elle est confrontée. Cette analyse permet de saisir les spécificités locales indispensables à la compréhension des enjeux étudiés. Enfin, la troisième partie présente le cadre méthodologique adopté, en décrivant les outils d'évaluation développés, les entretiens réalisés et les démarches

analytiques mises en œuvre afin d'analyser l'état des infrastructures vertes et de proposer des pistes d'amélioration adaptées au contexte local.

À travers cette structure, l'ouvrage entend démontrer, à partir d'une approche à la fois théorique et appliquée, comment une planification urbaine plus harmonieuse et respectueuse de l'environnement peut contribuer à façonner des villes plus résilientes, plus équilibrées et mieux adaptées aux défis du XXIe siècle.

PARTIE THÉORIQUE

Chapitre 1. L'infrastructure verte : planification pour un développement urbain durable

Introduction

Ce chapitre examine l'intersection cruciale entre la planification de l'infrastructure verte et la promotion d'un développement urbain durable. Il explore les différentes facettes de l'infrastructure verte en tant que concept fondamental et en tant qu'approche stratégique pour créer des villes plus résilientes, saines et agréables à vivre.

Nous débuterons par une définition précise de l'infrastructure verte, mettant en lumière son rôle crucial dans la création d'environnements urbains équilibrés et propices à la qualité de vie. De plus, nous plongerons dans l'historique de cette idée, en examinant les premières influences et théories qui ont jeté les bases de son développement, de Frederick Law Olmsted et ses parcs urbains à la vision de Howard pour les cités-jardins.

Le chapitre explorera également les différentes formes que prend l'infrastructure verte dans les villes, allant des canopées urbaines aux toits verts et aux espaces publics végétalisés. En mettant en évidence des exemples concrets tels que la ceinture bleue de Staten Island et le plan de Barcelone pour les infrastructures vertes, nous comprendrons comment ces idées prennent vie dans des contextes réels.

Ensuite, nous examinerons les principes essentiels qui sous-tendent la planification des infrastructures vertes, notamment la connectivité écologique, la multifonctionnalité, l'intégration vert-gris et la participation citoyenne. Ces principes permettent de créer des réseaux d'espaces verts et naturels qui contribuent non seulement à l'environnement, mais aussi à la santé et au bien-être des habitants.

Ce chapitre ouvre la porte à une exploration approfondie de la manière dont la planification de l'infrastructure verte peut servir de base au développement urbain durable. En intégrant la nature de manière stratégique dans nos villes, nous aspirons à construire des espaces urbains qui non seulement répondent aux besoins d'aujourd'hui, mais qui sont également résilients face aux défis futurs et respectueux de l'environnement.

1. L'infrastructure verte : concepts et approches
1.1. Définition de l'infrastructure verte

L'infrastructure verte, un concept qui a émergé dans les années 1990 (Firehock, 2010), englobe une gamme diversifiée de définitions selon les auteurs qui abordent ce concept (Mell, 2010). Cette diversité s'explique en grande partie par le secteur et le contexte spécifiques dans lesquels l'infrastructure verte est appliquée (Benedict et Mahon, 2002).

L'infrastructure verte, en tant que concept émergent, suscite une diversité de définitions qui reflètent les domaines d'intérêt spécifiques des différents auteurs qui l'abordent. Cette pluralité de perspectives est courante dans les recherches universitaires et pratiques, où les définitions adoptées par chaque auteur sont étroitement liées à l'objet de leurs propres études sur les infrastructures vertes. Les écologistes, par exemple, accordent une grande importance aux composantes écologiques et à la biodiversité dans leur approche du concept (Benedict et McMahon, 2006). D'un autre côté, les planificateurs urbains peuvent envisager l'infrastructure verte en termes de mise en œuvre de politiques et de planification urbaine durable (Ahern, 1995 ; Fábos, 1995). De même, les spécialistes des voies vertes récréatives et des infrastructures vertes peuvent se concentrer sur les avantages liés au développement et à l'utilisation de ces espaces (Kleiber *et al*., 2002).

La diversité croissante des définitions attribuées aux infrastructures vertes ne doit pas occulter les thèmes fondamentaux qui les sous-tendent. Une définition particulière met en lumière ces thèmes et offre un aperçu de la complexité inhérente au concept d'infrastructure verte. En soulignant la connectivité, la multifonctionnalité et la création de meilleurs environnements écologiques, économiques et sociaux à différentes échelles, cette définition illustre l'essence même de l'infrastructure verte : *«L'infrastructure verte comprend la mise à disposition de réseaux planifiés d'espaces verts multifonctionnels reliés qui contribuent à protéger les habitats naturels et la biodiversité, permettent de réagir au changement climatique et à d'autres changements de la biosphère, permettent des modes de vie plus durables et plus sains, améliorent la qualité de vie et le bien-être urbains, améliorent l'accessibilité des principaux actifs récréatifs et verts, soutiennent l'économie urbaine et rurale et aident à une meilleure planification et gestion à long terme des espaces verts et Couloirs.»* (Countryside Agency, 2006).

Le concept d'infrastructure verte peut être approfondi en examinant un éventail de définitions supplémentaires. Ces définitions ont été extraites d'une variété de documents abordant l'infrastructure verte sous l'angle conceptuel et en tant que moyen de prestation (Tableau 1).

Tableau 1. Différentes définitions des infrastructures vertes selon différents chercheurs (Source : Auteur).

Source et année	Définition	Contribution
Fonds conservation et service des forêts Américain, 1990 (Benedict et McMahon, 2002).	L'infrastructure verte est un système naturel de survie qui contient un réseau interconnecté d'eaux, de zones humides, d'habitats sauvages et d'autres zones naturelles ; routes vertes, parcs et autres terres naturelles ; fermes actives, forêts ; zones sauvages et autres espaces ouverts.	-Soutenir les espèces indigènes, les processus écologiques naturels, les ressources en air et en eau -Contribuer à la santé et à la qualité de vie des communautés et des personnes.
Conseil du Président pour un développement durable, 1999 (Williamson, 2003).	L'infrastructure verte est définie comme suit : Système de soutien naturel de la vie de nos nations. - Un réseau interconnecté de terres et d'eau protégées.	- Soutenir les espèces indigènes, - Maintenir les processus écologiques naturels, - Soutenir les ressources en air et les ressources en eau. - Contribuer à la santé et à la qualité de vie des communautés et des peuples américains.

Benedict et McMahon, 2002	- L'infrastructure verte est un réseau interconnecté d'espaces verts. - L'infrastructure verte est le cadre écologique nécessaire à la durabilité environnementale, sociale et économique.	- Conserver les valeurs et les fonctions des écosystèmes naturels. - Offrir des avantages associés aux populations humaines.
TCPA, 2004 (Mell, 2010).	- L'infrastructure verte est un réseau sous-régional de sites protégés, de réserves naturelles, d'espaces verts et de liaisons de voies vertes. - Il devrait fonctionner à toutes les échelles spatiales, des centres urbains à la campagne ouverte.	- Permettre une utilisation multifonctionnelle.
TEP, 2005	- L'environnement physique à l'intérieur et entre les villes, les villes et les villages. Le réseau d'espaces ouverts, de cours d'eau, de jardins, de boisés, de corridors verts, d'arbres de rue et de campagne ouverte.	- Apporter de nombreux avantages sociaux, économiques et environnementaux aux populations et aux communautés locales.
Countryside Agency, 2006	L'infrastructure verte comprend la mise à disposition de réseaux planifiés d'espaces verts multifonctionnels reliés	- Contribuer à la protection des habitats naturels et de la biodiversité. - Permettre une réponse aux changements climatiques et à d'autres changements de la biosphère.

		- Permette des modes de vie plus durables et plus sains. - Améliorer la qualité de vie et le bien-être urbains. - Améliorer l'accessibilité des principaux actifs récréatifs et verts. - Soutenir l'économie urbaine et rurale. - Aider à une meilleure planification et gestion à long terme des espaces verts et des corridors.
Davies *et al.*, 2006	- L'infrastructure verte est l'environnement physique au sein et entre nos villes et villages. - Il s'agit d'un réseau d'espaces ouverts multifonctionnels, comprenant des parcs formels, des jardins, des zones boisées, des corridors verts, des voies d'eau, des arbres de rue et des espaces naturels. - Elle comprend toutes les ressources environnementales	- Contribuer également à la gestion durable des ressources.
Ahern, 2007	- L'infrastructure verte est un concept émergent de planification et de conception qui est principalement structuré par un réseau hybride hydrologique / drainage, complétant et reliant les	- Fournir des fonctions écologiques. - Contribuer à la durabilité urbaine.

	espaces verts reliques avec zones bâties. - Les plans d'infrastructure verte appliquent les principes clés de l'écologie du paysage aux environnements urbains, en particulier : une approche multi-échelle avec une attention explicite au modèle : les relations de processus et l'accent mis sur la connectivité. - Elle doit être pratiquée de manière transdisciplinaire pour cela doit répondre aux besoins des parties prenantes, bénéficier du soutien des décideurs, engager les scientifiques et les ingénieurs et inciter les planificateurs et les concepteurs à innover.	
U.S. Environmental Protection Agency, 2008 (Popescu et Petrișor, 2020).	- L'infrastructure verte est une approche et une technologie de gestion, qui contient toits verts, arbres, jardins pluviaux, canaux végétaux, zones humides de poche, réservoirs d'infiltration, chaussées poreuses et perméables, artères végétales, reboisement ou régénération végétale, protection et amélioration des bandes riveraines et des plaines inondables.	- Utiliser, améliorer et/ou imite les processus naturels du cycle hydrologique d'infiltration, d'évapotranspiration et de réutilisation.

Landscape Institute, 2009 (Popescu et Petrișor, 2020).	- L'infrastructure verte est composée de espaces verts ayant certaines fonctions, et qui sont liés dans réseaux d'espaces verts et autres éléments naturels (tels que rivières et lacs) répartis entre villages, villes et villes, en les reliant.	- Offrir un large éventail d'avantages sociaux, environnementaux et économiques lorsqu'ils sont planifiés, conçus et gérés de manière appropriée.
Natural England, 2010	L'infrastructure verte est un réseau stratégi-quement planifié et livré comprenant la plus large gamme d'espaces verts de haute qualité et d'autres caractéristiques environnementales. Il devrait être conçu et géré comme une ressource multifonctionnelle capable de fournir les services écologiques et les avantages en matière de qualité de vie requis par les communautés qu'il dessert et nécessaires pour soutenir la durabilité. - Sa conception et sa gestion devraient également respecter et mettre en valeur le caractère distinctif d'une zone en ce qui concerne les habitats et les types de paysages.	- Fournir les services écologiques et les avantages en matière de qualité de vie requis par les communautés. - Soutenir la durabilité.

Mell, 2010	L'infrastructure verte est une approche contemporaine de la conception et de la gestion des ressources paysagères.	- Relever les défis écologiques, économiques et sociaux de l'aménagement du territoire.
Commission Européenne, 2011 (Popescu et Petrișor, 2020).	L'infrastructure verte signifie forêts, rivières, zones côtières, parcs, corridors écologiques et autres structures naturelles ou semi-naturelles	- Fournir de services écosystémiques.
Commission Européenne, 2013 (Popescu et Petrișor, 2020).	L'infrastructure verte est un réseau stratégiquement planifié. - Elle constitué d'espaces naturels et semi-naturels et d'autres éléments environnementaux - intégrer des espaces verts (ou aquatique, dans le cas d'écosystèmes de ce type) et d'autres éléments physiques des zones terrestres (y compris côtières) et marines. - Sur la terre ferme, les infrastructures écologiques sont présentes aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain.	- Offrir une large gamme de services écosystémiques.
Agence Européenne pour l'Environnement, 2015	- Réseau constitué de zones naturelles, semi-naturelles et d'espaces verts.	- Offrir de nombreux services écosystémiques, fondement du bien-être humain et de la qualité de vie. - Répondre aux problèmes économiques, sociaux et environnementaux.

Rayfield *et al.*, 2015	- Les infrastructures vertes représentent l'ensemble des systèmes naturels et semi-naturels, de l'arbre à la trame verte.	- Rendre des services essentiels au bien-être des individus et des communautés
Kim et Song, 2019	L'infrastructure verte est une structure spatiale planifiée ou gérée et un réseau d'éléments environnementaux interconnectés, d'espaces naturels, d'espaces ouverts et de paysages	- Multiples fonctions pouvant favoriser le développement durable et croissance intelligente.
Grădinaru et Hersperger, 2019	Le terme infrastructure verte est un terme générique pour désigner un réseau stratégiquement planifié et géré d'espaces verts, d'aires protégées, de terres en exploitation et d'étendues d'eau.	- Offrir un large éventail d'avantages pour les humains et les écosystèmes.

Popescu et Petrisor, 2021	L'infrastructure verte est associée à des fonctions écologiques et l'idée que son rôle fondamental est de connecter les gens dans les espaces verts a été préservée. - Les infrastructures vertes doivent être conçues comme des espaces multifonctionnels.	- Fournir des avantages humains et écologiques.

À travers les multiples définitions évoquées précédemment, émerge une vision commune des composantes essentielles de l'infrastructure verte. Cette notion englobe une variété de principes fondamentaux qui la définissent et la distinguent. Parmi ceux-ci, on trouve la notion de variance spatiale, reflétant la diversité des espaces verts et naturels intégrés dans l'environnement urbain. La multifonctionnalité, un élément clé, souligne que ces espaces ne sont pas simplement décoratifs, mais remplissent plusieurs rôles, de la préservation de la biodiversité à la création d'opportunités économiques. Les avantages qu'offre l'infrastructure verte sont multiples, englobant des dimensions écologiques, économiques et sociales. Sur le plan écologique, elle permet une réponse aux changements climatiques et à d'autres changements de la biosphère, soutient les ressources en air et les ressources en eau, assure des fonctions écologiques, conserve et fournit de services écosystémiques, soutient la connectivité des paysages, protège la biodiversité et les habitats naturels. Sur le plan économique, elle stimule la création d'emplois, améliore la valeur des propriétés et encourage le tourisme vert. Du point de vue social, elle améliore la qualité de vie et le bien-être urbains et crée des espaces de loisirs, favorise la santé mentale et renforce le lien social au sein des communautés urbaines et modes de vie plus durables. La biodiversité, pierre angulaire de l'infrastructure verte, implique la préservation et la promotion de la variété des espèces végétales et animales dans l'environnement bâti. La durabilité, un pilier fondamental, souligne que ces espaces doivent être conçus et gérés de manière à perdurer dans le temps, en minimisant leur impact sur les ressources naturelles. Enfin, la connectivité renforce le

concept d'infrastructure verte en mettant en avant la nécessité de créer des liens entre les espaces verts pour former un réseau écologique cohérent. Chacune des définitions examinées converge vers l'idée que l'infrastructure verte ne peut être isolée, mais doit faire partie intégrante d'un écosystème urbain plus large, interconnectant différents éléments naturels et caractéristiques écologiques. Elle transcende ainsi les limites physiques et fonctionnelles pour offrir une approche holistique du développement urbain. En incorporant ces éléments dans la planification et la conception des espaces urbains, les villes peuvent réaliser des environnements plus durables, résilients et agréables à vivre pour leurs résidents, tout en contribuant à la préservation de la nature et à la création de sociétés plus équilibrées.

Dans l'ensemble, L'infrastructure verte est abordée dans différents contextes qui contribuent à sa définition polyvalente. Elle peut être perçue comme une entité en soi, telle qu'un parc étendu, où la nature est mise en valeur et préservée. De même, elle peut constituer une partie d'une ressource plus vaste, comme un réseau d'espaces verts imbriqués au sein d'une ville, interconnectés pour offrir une expérience paysagère holistique et fonctionnelle. Cette vision souligne l'idée de complémentarité et de synergie entre les éléments verts d'une région urbaine (Popescu et Petrisor, 2021). Cependant, l'approche ne se limite pas à la simple agrégation d'espaces verts sous un seul label. L'infrastructure verte peut également être perçue comme un concept global englobant une variété d'espaces verts, leur donnant une identité unifiée. Elle agit comme un catalyseur pour créer un lien entre ces espaces, leur conférant un objectif commun et une utilité globale. Cette perspective élargie est enracinée dans la volonté d'intégrer la nature au cœur des environnements urbains (Kleiber *et al.*, 2002). L'aspect écologique de l'infrastructure verte revêt une importance particulière, donnant un contexte significatif à sa dénomination. Cette dimension met en avant la considération primordiale de préserver et de favoriser les écosystèmes naturels au sein des environnements urbains. Ainsi, l'appellation « infrastructure verte » met en évidence l'importance de la nature comme un élément vital de l'urbanisme contemporain. Elle souligne que ces espaces ne sont pas simplement des éléments isolés, mais des maillons essentiels d'un écosystème urbain équilibré et durable (Walmsley, 2006).

1.2. Historique des infrastructures vertes

Dans le contexte de l'histoire de l'urbanisme, il devient évident que l'infrastructure verte est un terme relativement récent, bien que les idées qui le sous-tendent ne soient pas nouvelles. Ses origines remontent à la planification et aux efforts de conservation qui ont débuté il y a environ 150 ans. Ce concept trouve ses fondements dans deux précédents majeurs : tout d'abord, la connectivité des parcs et d'autres espaces verts dans le but de profiter aux populations locales, et d'autre part, la connectivité des espaces naturels dans le but de favoriser la biodiversité et de lutter contre la fragmentation des habitats (Benedict et McMahon, 2002).

Nous examinerons l'évolution de la littérature sur les espaces verts urbains en Angleterre et en Amérique du Nord pour mettre en contexte les contributions d'Olmsted, Howard et le mouvement des voies vertes (greenway), et ainsi éclairer la progression de l'idée d'infrastructure verte.

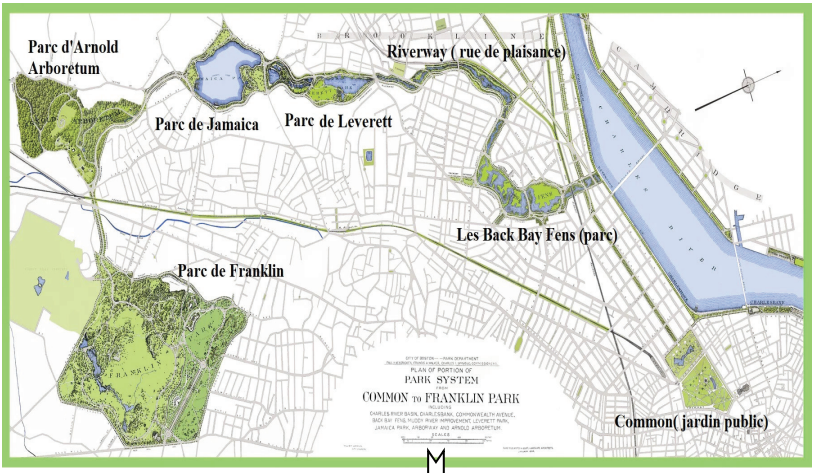
1.2.1. Les parcs urbains de Frederick Law Olmsted

Au cours de la seconde moitié du XIXe siècle, Frederick Law Olmsted a joué un rôle majeur dans l'évolution de l'architecture paysagère en Amérique du Nord, contribuant à la reconnaissance de cette profession émergente. Olmsted a élaboré des réseaux d'espaces verts qui visaient à créer des occasions de connexion entre des individus provenant de divers milieux socio-économiques à travers des environnements urbains complets, marquant ainsi une avancée significative dans la conception d'infrastructures vertes (Mell, 2010).

En 1903, l'architecte paysagiste Frederick Law Olmsted a déclaré qu'« *aucun parc, quelle que soit sa taille et sa conception, ne fournirait aux citoyens les influences bénéfiques de la nature* ». Au lieu de cela, les parcs devaient « *être reliés les uns aux autres et aux quartiers résidentiels environnants* ». Cette idée de relier les parcs au profit des gens a déclenché le mouvement moderne des voies vertes (Benedict et McMahon, 2002, 2006).

Frederick Law Olmsted a reconnu dès son époque que la nature pouvait offrir des bienfaits tels que la tranquillité d'esprit et un sentiment de liberté élargi. Il avait conscience de l'importance de préserver les paysages naturels et la qualité de l'eau, et il cherchait à créer des espaces conçus de manière efficace qui offriraient un refuge contre les défis de la vie urbaine et industrielle. Dans cette optique, il a élaboré des réseaux d'espaces verts qui visaient à fournir un accès facile à la nature, tout en préservant ces ressources précieuses (Popescu et Petrisor, 2021). L'approche d'Olmsted était ambitieuse, allant au-delà des réalisations de ses prédécesseurs américains. Il a développé des réseaux de parcs et de voies de plaisance (parkways) à une échelle considérable. Ces réalisations sont devenues des modèles emblématiques de planification urbaine de son époque, contribuant grandement à façonner le concept d'infrastructures vertes tel que nous le comprenons aujourd'hui (Mell, 2010).

Le « Emerald Necklace », conçu par Frederick Law Olmsted, est un système de parcs et de voies de plaisance situé à Boston, datant de 1887. Il s'agit de l'un des plus anciens exemples de systèmes de parcs et de voies de plaisance. Ce réseau relie une série de parcs. Ces parcs sont reliés entre eux par des ruelles et des cours d'eau, créant ainsi un réseau fluide et harmonieux (Fig. 1). Aujourd'hui, le « Emerald Necklace » offre un refuge bienvenu aux habitants de Boston, leur permettant de s'évader de l'agitation urbaine. De plus, il abrite une variété d'animaux sauvages, certains inhabituels dans un environnement urbain, tels que les cerfs de Virginie, les renards roux de l'Est, les rats musqués, les dindes sauvages, les hérons, les tortues serpentines, les hiboux barrés, les canards et les oies, ainsi que de nombreux oiseaux chanteurs et parfois même un coyote occasionnel (Benedict et McMahon, 2006). Ce système de parcs est considéré comme l'un des premiers exemples de réseaux verts planifiés, offrant une accessibilité étendue à la nature en milieu urbain. Il joue un rôle essentiel dans l'atténuation des inondations et remplit des fonctions multiples, allant au-delà de la simple offre récréative pour devenir un véritable élément de soutien à la qualité de vie et à la durabilité urbaine (Benedict et McMahon, 2006 ; Popescu et Petrisor, 2021).



Ville de Boston, département des parcs
Paul H Kendricken, Francis A. Walker, Charles F. Sprague, commissaires.
Plan d'une partie du système de parcs
De
Common à parcFranklin, y compris
Le bassin de la rivière Charles, CharlesBank, Commonwealth, Back Bay Fens, Amélioration de la Muddy river, Parc de Leverett, Jamaica, arborway (voie de plaisance) et l'Arnold Arboretum (parc).

Fig. 1. Plan d'un réseau de parcs en 1894 et la représentation du concept d'infrastructure verte aujourd'hui (système de collier d'émeraude d'Olmsted, Boston, Massachusetts) (Adaptée par : Saporta, 2022).

L'approche d'aménagement de Frederick Law Olmsted va au-delà de la simple conception de parcs pour l'usage humain. En réalité, bon nombre de ses parcs étaient conçus dans le but d'apprivoiser et de restaurer la nature. Un exemple frappant est son plan de restauration des Back Bay Fens en tant que marais d'eau salée. Cette initiative a été motivée par la constatation que les Fens étaient fortement contaminés, posant ainsi un risque pour la santé des habitants des régions avoisinantes. Plutôt que de simplement créer un

espace de loisirs pour les gens, Olmsted a choisi une approche plus holistique. Conscient du potentiel des Fens en tant que bassin de rétention des eaux pluviales, Olmsted a conçu des sentiers piétonniers et équestres autour de son périmètre. Cette stratégie visait à rétablir l'équilibre entre les besoins humains et ceux de la nature. D'un côté, les gens pouvaient profiter de l'espace de Back Bay pour leurs activités récréatives. De l'autre côté, les Fens ont été restaurés dans leurs fonctions naturelles de régulation hydrique et de préservation de la biodiversité. Ainsi, Olmsted a démontré sa capacité à intégrer les besoins humains et les impératifs environnementaux, en créant un espace qui répondait aux besoins des deux, tout en rétablissant la santé et la fonctionnalité écologique des écosystèmes (Benedict et McMahon, 2006). Cette approche novatrice illustre comment la vision d'Olmsted allait au-delà de la simple conception de parcs, pour s'inscrire dans une démarche globale de restauration et de coexistence harmonieuse entre l'homme et la nature.

1.2.2. La théorie de Howard Cités-jardins (Garden-city)

Le mouvement des cités-jardins en Angleterre, dirigé par l'urbaniste Ebenezer Howard qui a proposé le modèle des cités-jardins, avait pour objectif une meilleure maîtrise de la croissance urbaine, sous la forme de villes-satellites autonomes reliées entre elles par un important réseau de transports (Herde et Liébard, 2005), et s'est concentré sur l'importance d'équilibrer le développement avec le besoin de nature et sa vision de Howard était pour *« une cité-jardin qui, à mesure qu'elle grandit, les dons gratuits de la nature - air frais, soleil, salle de respiration et salle de jeux - seront conservés dans toute l'abondance nécessaire* » (Benedict and McMahon, 2006).

La théorie urbanistique d'Ebenezer Howard, connue sous le nom de « Garden City » ou cité-jardin, représentait une vision ambitieuse et innovante de la planification urbaine (Fig. 2). Au cœur de sa théorie se trouvait la conception d'une ville idéale, conçue pour être à la fois fonctionnelle, agréable et équilibrée. Sa proposition reposait sur plusieurs concepts clés visant à résoudre les problèmes liés à l'urbanisation croissante et à créer des environnements de vie plus harmonieux. La première idée majeure de la théorie de Howard était la création d'une ville concentrique de taille modérée, couvrant environ 2 400 hectares. Cette taille était délibérément choisie pour assurer une densité optimale de population tout en évitant la surpopulation et la congestion urbaine. La population prévue était de 32 000

habitants, qui constitueraient un mélange équilibré de résidents urbains et ruraux. La disposition circulaire de la ville était conçue pour faciliter l'accessibilité et la connectivité. Au centre de la ville se trouvait un parc, symbolisant la présence de la nature au cœur de l'environnement urbain. Les six grands boulevards de 37 mètres de large partaient du centre, rayonnant vers l'extérieur et divisant la ville en six secteurs distincts. Chaque secteur avait son propre caractère et sa propre fonction, ce qui permettait une organisation efficace et un équilibre des activités. L'idée était de favoriser une proximité entre les habitations, les espaces de travail et les espaces verts, minimisant ainsi les déplacements inutiles. Cette approche visait également à promouvoir la qualité de vie en offrant aux habitants un accès facile à la nature et à des espaces de détente (Howard, 1946)

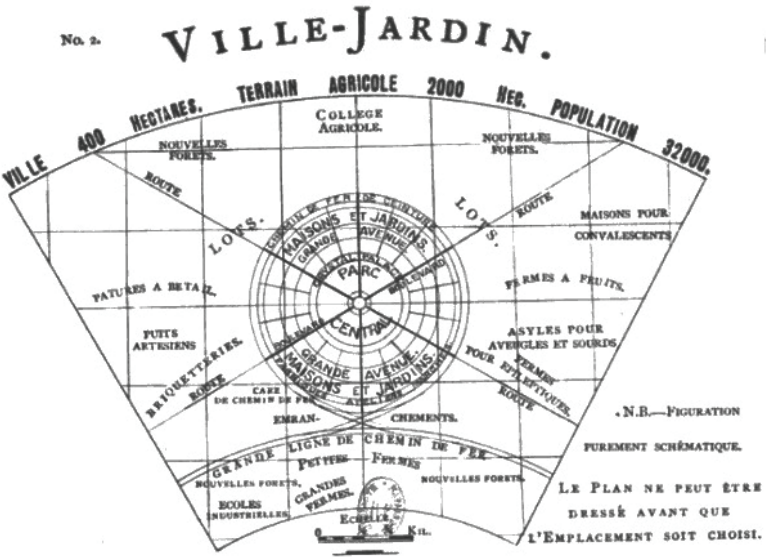


Fig. 2. Plan de la cité-jardin (Adaptée par : Zytnicki, 2022).

Effectivement, Ebenezer Howard avait pour ambition de résoudre le problème de l'extension incontrôlée des villes en proposant le concept novateur des cités-jardins. Il était préoccupé par les défis posés par la croissance rapide des zones urbaines (Herde et Liébard, 2005 ; Popescu et

Petrișor, 2020), Ebenezer Howard a proposé une approche visionnaire dans la planification urbaine avec la création de ce qu'il appelait les cités-jardins. Cette vision consistait à concevoir des agglomérations humaines qui associeraient harmonieusement les avantages de la vie urbaine à ceux de la vie en plein air et en contact avec la nature. Pour ce faire, il a préconisé la création d'une ceinture d'espaces verts à l'extérieur des zones urbaines, un concept qui peut être considéré comme le prototype des ceintures vertes (Zhao, 2012). L'idée de la ceinture verte consistait à entourer la ville de vastes espaces verts, préservant ainsi les terrains agricoles et les zones naturelles tout en limitant l'étalement urbain. Cette ceinture d'espaces verts aurait eu un double objectif : préserver la qualité de l'air et de l'eau en limitant les effets néfastes de l'urbanisation et offrir aux citadins un accès facile à des espaces de détente, de loisirs et de contact avec la nature (Fig.3).

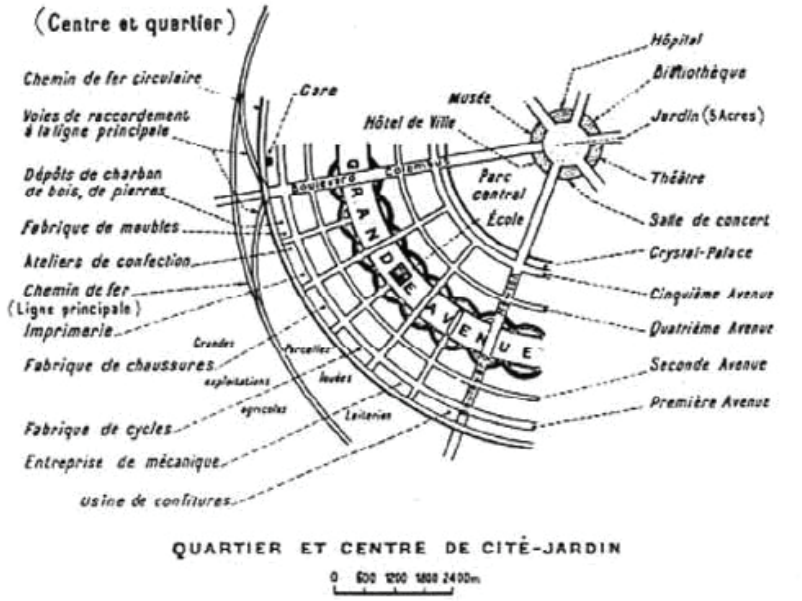


Fig. 3. Les structures individuelles de la Cité-Jardin (Adaptée par : Pallot, 2010).

Cette approche a été novatrice à l'époque et est aujourd'hui considérée comme l'un des principes fondamentaux des infrastructures vertes (Thomas et Littlewood, 2010).

La vision d'Ebenezer Howard ne se limitait pas seulement à la création d'espaces verts, mais incluait également des idées de réseaux polycentriques de petites zones urbaines. Chacune de ces zones devait être conçue de manière à contenir tous les éléments nécessaires à une vie équilibrée : des logements abordables, des emplois, des services et des infrastructures vertes. L'intention était de promouvoir l'utilisation quotidienne des espaces verts situés à proximité des habitations, encourageant ainsi un mode de vie sain et actif (Popescu et Petrișor, 2021). En outre, cette approche était une réponse aux effets néfastes de la croissance industrielle et de la pollution, car la création de réseaux d'espaces verts contribuerait à atténuer ces problèmes en offrant des espaces naturels qui agiraient comme des poumons verts au sein des zones urbaines (Mell, 2010).

1.3. Les voies vertes et les infrastructures vertes

La notion de voie verte a évolué pour représenter bien plus qu'un simple itinéraire de déplacement. Traditionnellement, elle a été perçue comme un corridor linéaire qui englobe diverses fonctions et objectifs, offrant ainsi un potentiel pour répondre à une multitude de préoccupations socioculturelles, récréatives, touristiques et écologiques. Cette compréhension élargie de la voie verte reflète la prise en compte croissante des valeurs positives qu'elle peut apporter à la société et à l'environnement. En effet, des recherches contemporaines ont mis en évidence les nombreux avantages que les parcs, les voies vertes et les espaces ouverts peuvent apporter. Ces avantages vont au-delà de la simple facilitation des déplacements et englobent des améliorations environnementales, psychologiques, de sécurité et esthétiques (Sharma, 2013).

L'évolution des espaces verts en Amérique du Nord peut être divisée en trois étapes distinctes, chacune caractérisée par des tendances et des priorités spécifiques en matière de planification et de développement (Fábos, 1995 ; Gobster et Westphal, 2004). La première étape est représentée par les travaux pionniers de Frederick Law Olmsted et de ses collaborateurs. Durant cette période, l'accent a été mis sur la création de

parcs urbains, de boulevards et de routes de plaisance « parkways ». Les projets conçus par Olmsted visaient à relier harmonieusement les espaces verts aux zones urbaines, créant ainsi des environnements agréables et apaisants au sein des villes. Ces aménagements étaient considérés comme prestigieux et ornementaux, mettant en évidence l'importance accordée à l'esthétique et à la qualité de vie. La deuxième étape du développement des espaces verts en Amérique du Nord a été marquée par la montée en puissance des voies vertes récréatives axées sur les sentiers. Ces voies vertes,ont joué un rôle essentiel dans la création de liens entre les zones urbanisées et les espaces naturels. Elles ont offert aux résidents des opportunités de profiter de modes de vie sauvages et de plein air, tout en favorisant la santé, le bien-être et la connexion avec la nature. Actuellement, nous entrons dans une troisième étape, où les influences des périodes précédentes se combinent pour développer des réseaux greenway multifonctionnels. Ces réseaux intègrent des éléments de chaque étape précédente, en mettant l'accent sur la connectivité, la diversité des usages et les avantages sociaux, environnementaux et économiques. Les espaces verts ne sont plus simplement des parcs isolés ou des voies vertes linéaires, mais font partie de systèmes intégrés visant à améliorer la qualité de vie des résidents, à préserver la nature et à promouvoir des modes de vie durables (Mell, 2010).

Benedict et McMahon (2002, 2006) ont avancé l'idée que les initiatives d'infrastructure verte ont souvent leur origine dans des projets de voies vertes, mais qu'elles diffèrent des voies vertes de trois manières fondamentales :

- **Écologie vs loisirs :** l'infrastructure verte se concentre principalement sur les aspects écologiques, visant à préserver et améliorer les écosystèmes naturels, la biodiversité et les services écosystémiques, plutôt que sur les loisirs. Contrairement aux voies vertes, conçues pour les loisirs, elle met l'accent sur la création de corridors écologiques et d'habitats viables pour la faune et la flore locales.
- **Plus grand vs plus petit :** l'infrastructure verte inclut des liens paysagers clés et des pôles écologiques majeurs, essentiels pour la biodiversité et la préservation des habitats naturels. Elle vise à créer des réseaux écologiques cohérents, contrairement aux voies vertes qui se concentrent sur des itinéraires linéaires restreints, en établissant des connexions significatives entre diverses zones naturelles.

- **Cadre pour la croissance :** l'infrastructure verte façonne la forme urbaine et encadre la croissance future en identifiant les zones écologiquement importantes et celles appropriées pour le développement. En planifiant à l'avance, elle guide le développement urbain pour minimiser les impacts sur les écosystèmes fragiles et maximiser les bénéfices pour la biodiversité et la qualité de vie urbaine.

En somme, on peut dire que les différences clés entre les voies vertes et l'infrastructure verte se situent au niveau de leurs objectifs et de leur échelle. Alors que les voies vertes sont axées sur les activités de loisirs et les déplacements, l'infrastructure verte a pour objectif la création de réseaux écologiques cohérents, la préservation des écosystèmes naturels et la mise en forme d'un développement urbain durable. Cette transition vers une approche plus holistique et écologiquement consciente reflète l'évolution de la façon dont les espaces verts sont conçus et perçus dans le contexte moderne des zones urbaines. La prise en compte des besoins de la nature, la connectivité des habitats et les avantages écologiques et sociaux de l'infrastructure verte témoignent d'une prise de conscience croissante de l'importance de l'intégration de la nature dans la planification urbaine. Ce passage à une vision plus large et à long terme contribue à créer des environnements urbains résilients, équilibrés et propices à la qualité de vie des habitants et à la préservation de la biodiversité.

1.4. Développement d'infrastructures vertes dans le monde

Effectivement, l'évolution des infrastructures vertes a suivi des trajectoires différentes en Europe, en Amérique du Nord et en Asie. Cette divergence trouve ses fondements dans les problématiques de planification spécifiques à chaque région géographique (Mell, 2010).

En Europe, le développement des infrastructures vertes est étroitement lié à l'émergence du programme de verdissement urbain et à la nécessité impérative de créer des espaces verts intégrés dans des environnements urbains caractérisés par leur densité élevée (Beatley, 2000, 2009). Parallèlement, la conservation de la faune et des ressources naturelles en Europe a traditionnellement été axée sur la préservation de sites spécifiques de grande importance écologique. Cependant, à partir des années 1970, une nouvelle approche novatrice a émergé sous la forme des « réseaux

écologiques ». Cette approche transcende la simple protection de sites spécifiques en promouvant la restauration active des habitats dégradés et la création de corridors et de passages permettant aux espèces de se déplacer et de migrer (Benedict et McMahon, 2006). Alors l'accent est désormais mis sur la connectivité écologique à travers les paysages, favorisant ainsi la circulation des populations animales et la préservation de la biodiversité dans son ensemble. Cette évolution de la perspective reflète une compréhension plus globale des écosystèmes et de la manière dont ils interagissent à travers les territoires. En intégrant les espaces verts dans la planification urbaine et en concevant des réseaux écologiques, l'Europe adopte une approche plus holistique, visant à harmoniser le développement urbain avec la préservation de la nature. Cette approche résonne avec les défis contemporains tels que le changement climatique, la perte de biodiversité et la nécessité de créer des villes plus durables et résilientes.

Le modèle d'aménagement cité-jardin a fait ses premières apparitions en Angleterre à la fin de la première moitié du XXe siècle, marquant une étape significative dans l'évolution de l'urbanisme. Il a été concrétisé pour la première fois dans le cadre du « plan de grand Londres » établi en 1944, et son succès s'est rapidement répandu dans d'autres villes anglaises. Cependant, l'influence de ce modèle n'était pas limitée à l'Angleterre. D'autres villes européennes, telles que Berlin et Budapest, ont également adopté cette approche novatrice d'aménagement urbain. Au cours de la deuxième moitié du XXe siècle, le concept des ceintures vertes a connu une diffusion plus étendue, touchant non seulement les villes européennes, mais aussi les villes nord-américaines et asiatiques (Dechaicha, 2020).

En Amérique du Nord, le développement des infrastructures vertes trouve ses fondements dans la conservation du paysage, mettant en lumière l'importance de préserver les espaces naturels et les habitats écologiques (Benedict et McMahon, 2006). Contrairement au modèle européen, le développement de l'infrastructure verte en Amérique du Nord a historiquement privilégié les avantages écologiques par rapport aux avantages sociaux et économiques. Cependant, cette perspective est en train d'évoluer, et les valeurs sociales et économiques du concept commencent à être davantage prises en compte (Mell, 2010). Dans l'histoire nord-américaine de l'urbanisme, l'accent initial était mis sur la préservation des espaces naturels, la création de parcs et de réserves naturelles pour préserver la biodiversité et offrir des espaces récréatifs aux citoyens. Cependant, au fil

du temps, le concept d'infrastructure verte s'est élargi pour inclure des éléments tels que la régulation des inondations, la restauration des écosystèmes dégradés, la création de corridors de biodiversité et la contribution à la santé et au bien-être des populations urbaines. Les avantages sociaux, tels que la création d'espaces de loisirs et de détente, ainsi que les avantages économiques liés au tourisme vert et à la valorisation immobilière, ont progressivement pris de l'importance dans le développement des infrastructures vertes en Amérique du Nord (Mell, 2010).

Les grandes formes que prend la recherche sur les infrastructures vertes en Europe et en Amérique du Nord ont également été liées à un certain nombre d'initiatives et de programmes de planification tels que la renaissance urbaine, la croissance intelligente, la foresterie communautaire et le programme des communautés durables ont influencé la recherche et le développement des infrastructures vertes en Europe et en Amérique du Nord. Ces approches ont permis d'intégrer les principes de durabilité écologique, économique et sociale dans la création de paysages urbains fonctionnels, mettant en valeur l'importance cruciale de l'infrastructure verte pour développer des paysages plus fonctionnels qui favorisent le développement écologique, économique et social (Mell, 2010).

En chine, l'émergence du concept d'infrastructure verte urbaine a été articulée à travers des idées apparentées, telles que l'infrastructure écologique, les solutions écologiques. Cette évolution conceptuelle est étroitement liée à la notion centrale de sécurité écologique urbaine, qui vise à optimiser les services écosystémiques pour assurer la résilience environnementale au sein des zones urbaines. Plus spécifiquement, l'élaboration de modèles de sécurité écologique urbaine est devenue une priorité dans plusieurs villes clés de la Chine, dont Shanghai (Su *et al.*, 2011), Beijing (Yu *et al.*, 2011) et Tianjin (Han *et al.*, 2015). Dans ces villes, la mise en place d'infrastructures vertes efficaces est considérée comme un moyen de garantir la qualité de l'environnement urbain, de minimiser les risques environnementaux et de promouvoir un mode de vie durable (Wang, 2020). Ce concept novateur cherche à transformer les villes en des entités capables d'absorber, de stocker et de réutiliser l'eau de manière efficace, contribuant ainsi à réduire les risques d'inondation et à améliorer la gestion de l'eau dans un contexte urbain dense (Yu *et al.*, 2011 ; Su *et al.*, 2011 ; Han *et al.*, 2015). Deux exemples emblématiques de

la conception de réseaux écologiques en chine illustrent l'évolution de l'infrastructure verte urbaine (Fig. 4).

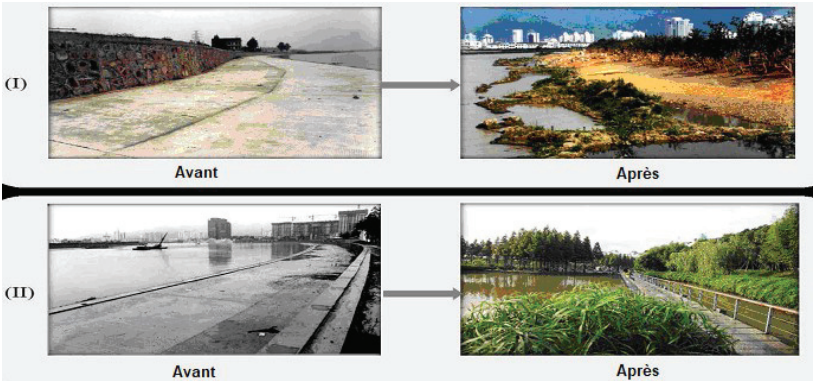


Fig. 4. Solutions basées sur la nature issues du concept chinois d'infrastructures vertes : (I) photos avant et après la conception et la mise en œuvre d'infrastructures vertes dans la ville de Taizhou, en Chine ; (II) exemple de parc public au bord de la rivière Yongning avant et après le plan d'infrastructure verte de Taizhou (Adaptée par : Wang, 2020, d'après Wang et Banzhaf, 2018, avec la permission du Prof. Yu (Yu, 2014)).

La cartographie des infrastructures vertes en chine a été initiée par le concept de modèles de sécurité environnementale urbaine développé par Yu en 1995. Ce concept a posé les bases de la planification d'infrastructures vertes intégrées, visant à connecter et à harmoniser les éléments naturels dans l'environnement urbain (Wang, 2020). Les idées de Yu englobent concept de modèles de sécurité le réellement conçus comme des infrastructures vertes destinées à soutenir des fonctions abiotiques, biotiques et culturelles (Ahern, 2007). L'infrastructure verte revêt une signification englobante qui s'appuie sur une approche fondée sur les processus écologiques. Cette perspective se matérialise notamment à travers le plan national des modèles de sécurité écologique (2008), un cadre méthodologique rigoureux et détaillé mis en œuvre pour promouvoir le développement durable et la préservation environnementale dans les contextes urbains. Au cœur de cette démarche, se trouvent des concepts spécifiques de modèles de sécurité écologiques, qui sont intrinsèquement liés à l'idée d'infrastructure verte. Ces concepts couvrent une gamme de

domaines essentiels pour la protection environnementale et la durabilité, particulièrement pertinents dans le contexte urbain chinois. Parmi ces domaines figurent la conservation des têtes de bassin versant, l'élaboration de méthodes efficaces pour gérer les eaux pluviales, la mise en place de mécanismes adéquats pour contrôler les inondations, l'engagement dans la remédiation de la désertification, la prévention de l'érosion des sols et enfin, la préservation de la biodiversité (Yu, 2014). En fin, le concept d'infrastructure verte représente indéniablement un atout de premier plan pour les plans d'urbanisation en chine, notamment dans le contexte du plan d'urbanisation de nouveau type (2014-2020) dévoilé le 16 mars 2014. Le plan d'urbanisation de nouveau type, avec son accent sur les villes respectueuses de l'environnement, trouve une complémentarité naturelle dans les principes de l'infrastructure verte (Wang, 2020).

1.5. Classification d'infrastructures vertes

L'identification de quatre grandes catégories d'infrastructures vertes a été établie : la canopée urbaine, les espaces publics végétalisés, les structures verticales vertes et les toits verts (Bartesaghi *et al.*, 2017). Les distinctions entre les catégories se manifestent à travers des variations significatives concernant la composition végétale, l'emplacement spatial et l'échelle d'étude (Fig. 5).

Par ailleurs, il convient d'inclure dans cette classification l'ensemble des phytotechnologies dédiées à la gestion des eaux pluviales et usées, comme les marais filtrants, les jardins pluviaux, la biorétention, les égouts séparateurs, les égouts pluviaux, les bassins d'eau de pluie et les milieux humides naturels. Il est également pertinent d'ajouter les infrastructures vertes qui se lient aux aménagements piétonniers et cyclables, à savoir les trottoirs perméables, les chaussées perméables, les trottoirs végétalisés en saillie, les trottoirs surélevés, les terre-pleins centraux végétalisés, ainsi que les rues conviviales et arborées (Wise, 2008 ; Dill *et al.*, 2010 ; Simard *et al.*, 2018).

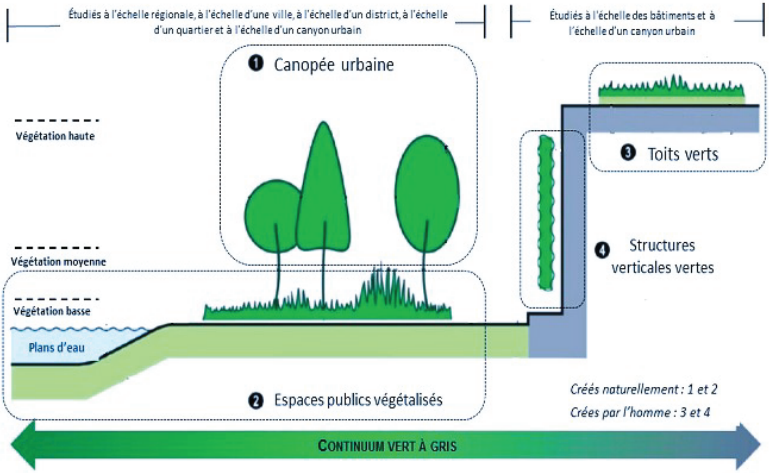


Fig. 5. Types des infrastructures vertes en fonction du continuum vert à gris (Adaptée par : Bel Fekih Boussema *et al.*, 2024, d'après Lapierre et Pellerin, 2018).

1.5.1. Canopée urbaine

La canopée urbaine représente la somme totale des feuillages formés par les arbres au sein d'une zone spécifique (Simard *et al.*, 2018). Cette conception englobe une variété d'éléments comprenant non seulement les ruelles verdoyantes, les alignements d'arbres le long des rues et les buissons, mais également l'application de la foresterie en milieu urbain (Tzoulas *et al.*, 2007 ; Rayfield *et al.*, 2015 ; Bartesaghi *et al.*, 2017 ; Simard *et al.*, 2018).

1.5.2. Espaces publics végétalises

Les espaces publics végétalisés correspondent à des zones ouvertes comportant au moins 50 % de surfaces perméables (Sánchez, 2018). Ils englobent principalement plusieurs éléments, notamment les ceintures vertes, les corridors verts, les zones végétatives, les espaces ouverts urbains, les parcs urbains, les structures végétales urbaines, les revêtements de sol végétalisés, les bacs de végétation en espace public, ainsi que les aires

protégées (Tzoulas *et al.*, 2007 ; Rayfield *et al.*, 2015 ; Bartesaghi *et al.*, 2017 ; Simard *et al.*, 2018).

1.5.3. Toits verts

Les toits verts, également désignés sous plusieurs noms tels qu'écotoits, toits végétalisés, toits bleus (pluviaux), toits vivants et jardins de toit (Tzoulas *et al.*, 2007 ; Rayfield *et al.*, 2015 ; Bartesaghi *et al.*, 2017 ; Simard *et al.*, 2018), se présentent comme des infrastructures durables dotées de trois éléments principaux. Il s'agit d'une couche végétale, d'un substrat de culture léger, ainsi que d'une couche de stockage ou de drainage située au-dessus d'une membrane imperméable (Li *et al.*, 2019). Ils peuvent être classés en deux types majeurs : extensifs et intensifs. La principale distinction entre ces deux catégories réside dans l'épaisseur du substrat de croissance (Li *et al.*, 2019). Par conséquent, le premier type présente un substrat d'une épaisseur de 15 centimètres ou moins, tandis que le second type est caractérisé par un substrat de plus de 15 centimètres d'épaisseur (Li *et al.*, 2019).

1.5.4. Structures verticales vertes

Le concept de structure verticale verte regroupe différentes phytotechnologies qui peuvent être installées de manière permanente sur les surfaces murales, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des bâtiments (Zaid *et al.*, 2018). Cette dénomination englobe un éventail d'approches, dont les biomurs, les façades vertes, les murs verts, les murs vivants, les murs végétalisés extérieurs et intérieurs, ainsi que la végétation verticale. Ces structures offrent une nouvelle dimension à la manière dont les bâtiments interagissent avec l'environnement urbain et naturel, en ajoutant des éléments végétaux verticaux qui ne se limitent pas seulement à l'horizon du sol (Tzoulas *et al*., 2007 ; Rayfield *et al*., 2015 ; Bartesaghi *et al*., 2017 ; Simard *et al*., 2018).

1.6. Pratiques des infrastructures vertes : Quelques exemples

Les villes des pays développés accordent désormais une attention accrue à divers aspects de l'approche de l'infrastructure verte (Pauleit *et al.*, 2017). Une illustration concrète réside dans l'intégration croissante d'infrastructures

vertes et grises pour la gestion des eaux pluviales aux États-Unis. Cette approche ne se limite pas à la simple mise en place d'une infrastructure verte urbaine ; elle témoigne de la façon dont des métropoles comme New York peuvent élargir leur vision pour relever des défis plus vastes liés à l'adaptation au changement climatique. Après avoir subi les conséquences dévastatrices de l'ouragan Sandy, la ville de New York a adopté un plan ambitieux intitulé « New York plus fort et plus résilient » (Pauleit *et al.*, 2017). Cette stratégie novatrice vise à accroître la résilience climatique de la ville en fusionnant l'ingénierie traditionnelle avec l'infrastructure verte, afin de générer des avantages multiples à la fois pour la société et l'environnement.

En Europe également, certaines villes, à l'instar de Barcelone en Espagne, se démarquent par des stratégies tout aussi ambitieuses axées sur l'amélioration de la connectivité (Pauleit *et al.*, 2017). Si ces approches sont mises en œuvre avec succès, les exemples de New York et de Barcelone pourraient devenir des modèles précurseurs démontrant comment l'infrastructure verte urbaine peut efficacement relever les grands défis de l'urbanisation dans des environnements urbains extrêmement denses.

Ces initiatives marquent un changement de paradigme dans la planification urbaine, mettant en évidence la nécessité d'adopter des approches intégrées et résilientes face aux enjeux croissants liés à l'urbanisation et aux impacts du changement climatique. Les succès de New York et de Barcelone illustrent la façon dont les villes peuvent transformer leurs infrastructures en des outils puissants pour améliorer la qualité de vie des citoyens, protéger l'environnement et créer des bases durables pour l'avenir.

1.6.1. La ceinture bleue de Staten Island : infrastructure verte de quartier/district

Au sein de la vaste toile des infrastructures vertes, un exemple concret et inspirant se profile sous la forme de la « Ceinture Bleue » de Staten Island. Cette réalisation exemplaire incarne la quintessence même d'une infrastructure verte à l'échelle d'un quartier ou d'un district. Elle illustre comment une approche intelligente et écologique peut transformer un territoire en un modèle de durabilité et de résilience urbaine.

Situé à l'extrémité sud-ouest de New York, Staten Island. Dans les années 1980, la ville de New York a amorcé une planification proactive pour résoudre des problèmes cruciaux tels que les inondations récurrentes et la dégradation de la qualité de l'eau, notamment en réponse aux débordements fréquents des égouts unitaires. Consciente des enjeux croissants liés à l'eau et à l'environnement, la ville de New York a pris une initiative audacieuse en intégrant les précieuses zones humides préexistantes dans ses stratégies de gestion de l'eau, en se focalisant sur une section d'environ 4000 hectares au sud-ouest de Staten Island. Cette section comprenait environ 16 petits bassins versants urbains, chacun contribuant à la complexité du défi à relever (Fig. 6). C'est ainsi que naquit le plan de « ceinture bleue », une approche novatrice qui résultait directement de l'étude menée par Ian McHarg sur Staten Island. Le succès retentissant du plan de ceinture bleue se traduisit par des améliorations significatives tant sur le plan de la qualité de l'eau que sur le plan économique, engendrant des économies substantielles dépassant les 80 millions de dollars (Ahern, 2007).

La mise en œuvre réussie de cette approche novatrice démontre que l'harmonisation entre les besoins urbains croissants et la préservation environnementale n'est pas seulement réalisable, mais peut également se traduire par des avantages tangibles. Le cas exemplaire de Staten Island et de son plan de ceinture bleue illustre l'importance de repenser la manière dont les zones urbaines interagissent avec leur environnement naturel. Cette démarche constitue un modèle d'intégration réussie d'infrastructures vertes dans la planification urbaine, offrant des leçons précieuses pour d'autres villes confrontées aux défis similaires de gestion de l'eau et d'adaptation aux changements environnementaux (Hadji et Petrişor, 2023).

La ceinture bleue s'est révélée être une véritable réussite en parvenant à réduire de manière significative à la fois la quantité et la vitesse des eaux de ruissellement. Cette réalisation majeure fut appuyée par l'introduction de plantes aquatiques, lesquelles jouaient un rôle essentiel dans le processus de bioremédiation. Les propriétés de ces végétaux ont permis d'éliminer efficacement les contaminants présents dans les eaux de ruissellement, contribuant ainsi à restaurer la qualité de l'eau. En exploitant ces principes de bioremédiation, la ceinture bleue a démontré la puissance de l'écologie urbaine pour résoudre des problèmes complexes liés à la gestion des eaux et à la préservation de l'environnement (Hadji et Petrişor, 2023).

En somme, la ceinture bleue de Staten Island incarne une étape pionnière de l'infrastructure urbaine verte, où l'interaction harmonieuse entre les éléments naturels et les innovations humaines a permis de créer un système durable et performant. Cette initiative novatrice démontre comment une approche holistique peut transformer des défis environnementaux en opportunités d'amélioration urbaine, tout en soulignant le rôle crucial que jouent les écosystèmes dans la résilience et la durabilité des villes modernes.

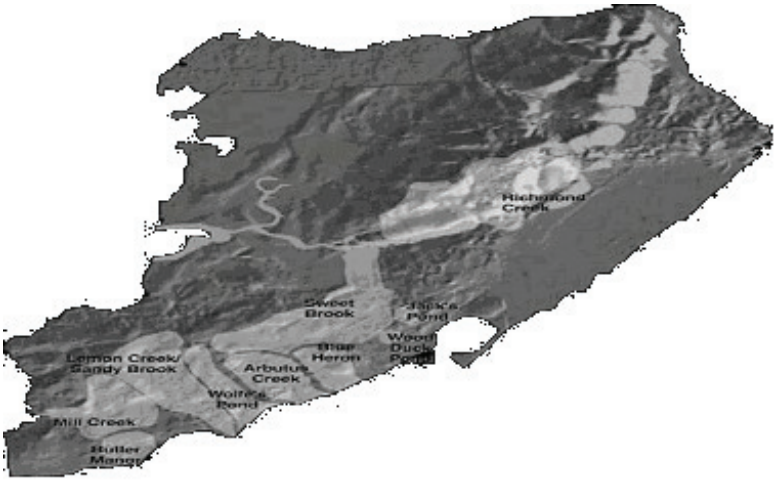


Fig. 6. La ceinture bleue de Staten Island comprend 16 sous-bassins versants et 2500 hectares à Staten Island, New York (Adaptée par : Ahern, 2007).

1.6.2. Plan de Barcelone pour les infrastructures vertes et la biodiversité 2020

Le « plan d'infrastructure verte et de biodiversité 2020 », une initiative récente, se profile comme un cadre stratégique déterminant pour le développement de l'infrastructure verte à Barcelone. Ce plan ambitieux vise à fusionner de manière symbiotique les espaces verts naturels et conçus au sein de la ville. Son objectif premier est d'instaurer une symbiose harmonieuse entre la santé et le bien-être humains ainsi que la préservation de la biodiversité. Le défi majeur auquel Barcelone est confronté réside

dans sa densité de construction qui limite l'espace disponible pour les espaces verts traditionnels (Fig. 7).



Fig. 7. Une vue de la ville de Barcelone (Adaptée par : Rayfield *et al*., 2015).

Cependant, cette contrainte a incité la ville à explorer des solutions novatrices pour améliorer la qualité de vie de ses citoyens tout en respectant la nature environnante. Les parcs naturels établis dans les collines environnantes témoignent de cette dynamique, tout en contribuant à l'enrichissement écologique et à l'attrait esthétique de la ville (Hansen *et al.*, 2016 ; Pauleit *et al.*, 2017).

Cette référence au « plan d'infrastructure verte et de biodiversité 2020 » est pertinente à ce stade car elle met en lumière comment la planification urbaine peut intégrer efficacement les principes fondamentaux de l'infrastructure verte (Fig. 8), tels que :

 Multiples objectifs : le projet vise à transformer l'aménagement urbain en adoptant une approche holistique. Au-delà de la construction d'infrastructures, il envisage la ville comme un écosystème dynamique et durable. Ses objectifs incluent l'amélioration de la qualité de vie urbaine et la préservation environnementale, intégrant des dimensions cruciales pour un développement harmonieux (Rayfield *et al.*, 2015). Il vise à préserver et valoriser le patrimoine naturel de la ville, en protégeant et restaurant les espaces naturels comme les parcs, forêts et zones humides. En maintenant ces écosystèmes, la ville conserve une biodiversité riche et offre des espaces

de loisirs pour les résidents. En parallèle, il cherche à créer un réseau cohérent d'infrastructures vertes, incluant parcs, jardins, pistes cyclables et ruelles vertes, pour promouvoir la mobilité douce et renforcer la connectivité entre les quartiers. (Pauleit *et al*., 2017).

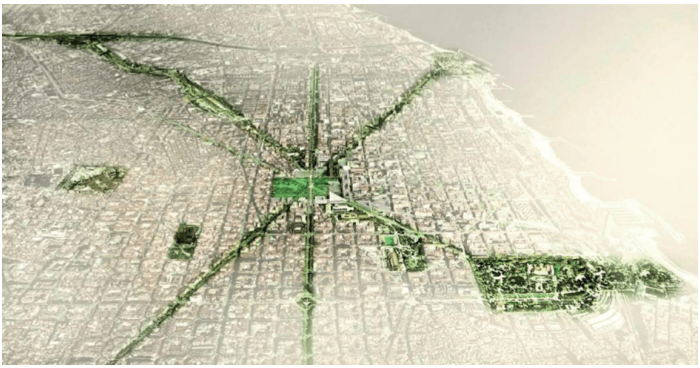


Fig. 8. Plan de biodiversité et d'infrastructure verte pour Barcelone en 2020 (Adapté par : Zrubáková, 2024, d'après la mairie de Barcelone)

Le projet a pour objectif d'offrir divers services sociaux et environnementaux en utilisant les espaces verts pour réguler la température, purifier l'air et gérer les eaux pluviales, améliorant ainsi la qualité de vie et la durabilité urbaine. En parallèle, il éduque la société sur les valeurs de l'infrastructure verte et de la biodiversité, sensibilisant les résidents à l'importance de la nature en milieu urbain et encourageant des comportements respectueux de l'environnement (Rayfield *et al*., 2015 ; Pauleit *et al*., 2017).

 Esthétique du paysage : l'infrastructure verte dépasse les simples parcs et jardins publics pour inclure divers autres types d'espaces verts, formant ainsi un réseau écologique. Au total, 13 catégories d'espaces verts ont été identifiées pour représenter cette infrastructure verte urbaine. (Pauleit *et al.*, 2017).

 Approche holistique : une approche diversifiée reflète une compréhension approfondie des multiples rôles des espaces verts dans la vie urbaine. Pour chacune des 13 catégories d'espaces verts, un réseau

complexe de 23 fonctions sociales et environnementales, appelées « valeurs », a été minutieusement défini (Pauleit *et al.*, 2017). Les valeurs des espaces verts incluent la préservation de la biodiversité, la régulation du carbone, la création d'espaces récréatifs, et l'amélioration du lien avec la nature. Le plan vise à optimiser les avantages écologiques, sociaux et économiques de chaque espace vert de manière holistique (Rayfield *et al.*, 2015).

 Les principes clés de la planification de l'infrastructure verte : ces principes sont la connectivité entre les espaces verts, la multifonctionnalité de ces espaces, l'intégration des infrastructures grises et vertes, et l'engagement de la société dans la préservation des espaces ouverts. Ce plan vise à créer un réseau harmonieux de zones vertes, à optimiser les services écosystémiques, à fusionner les infrastructures grises et vertes, et à impliquer activement la société dans la préservation des espaces vert (Rayfield *et al.*, 2015 ; Pauleit *et al.*, 2017).

L'interprétation de la ville de Barcelone a ses limites, étant donné que sa densité est historiquement acquise, résultant d'un processus complexe qui contribue fortement à son identité unique. Ce caractère distinctif est le fruit d'une compréhension architecturale approfondie de l'espace urbain, intégrant une densité réfléchie avec de nombreux avantages sociaux et économiques. Barcelone incarne ainsi un modèle de planification urbaine, mais cette spécificité historique doit être prise en compte avant d'appliquer ses leçons à d'autres contextes urbains.

1.6.3. IDENT-Cité : La biodiversité des arbres en ville à Montréal

Le projet IDENT-Cité est affilié au réseau international IDENT (International Diversity Experiment Network with Trees) (Rayfield *et al.*, 2015). Il s'agit d'une forêt urbaine située aux abords de l'avenue Park Stanley, dans le quartier Ahuntsic-Cartierville (Fig. 9).

Le projet vise à sensibiliser les citoyens à l'importance cruciale d'une gestion réfléchie et équilibrée de la végétation urbaine, mettant en avant les multiples avantages qui en découlent à la fois pour la nature et pour les individus. L'accent est porté sur l'influence exercée par la diversité des arbres ainsi que leur aménagement sur la santé des écosystèmes urbains et sur les différents services que la forêt en milieu urbain peut offrir,

notamment en ce qui concerne la santé humaine (Rayfield *et al.*, 2015), De plus, le projet agit également comme un centre d'éducation en sensibilisant la population à l'importance de la biodiversité en milieu urbain. Ce concept novateur offre aux visiteurs l'opportunité de promener au cœur d'une double spirale végétale (Fig. 10). Cette configuration singulière place les espèces d'arbres les plus rares au centre de la spirale, tandis que les espèces plus communes trouvent leur place aux extrémités. L'impact de ce projet est profond, illustré par la riche variété de 322 espèces d'arbres différentes présentes sur l'île. Cette diversité dépasse de loin les chiffres observés dans les forêts naturelles du Québec, atteignant six fois le nombre d'espèces habituellement rencontrées dans un environnement naturel (Roy, 2020).



Fig. 9. Situation du projet IDENT-Cité en 2015 (Adaptée par : Roy, 2020).

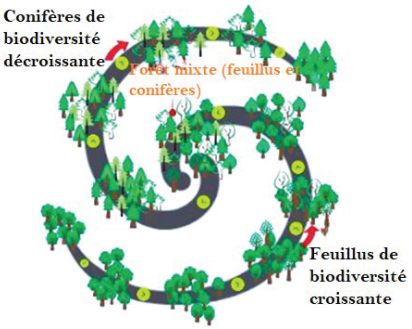


Fig. 10. Le projet IDENT-Cité en 2015 (Adaptée par : Gobeille, 2015).

2. Planification des infrastructures vertes

2.1. Qu'est-ce que la planification des infrastructures vertes ?

L'infrastructure verte représente une approche holistique qui va au-delà de sa simple apparence matérielle. Elle est à la fois un processus en mouvement et un produit concret. Le cadre de planification de cette infrastructure verte émerge comme une démarche collaborative, fusionnant les intérêts de conservation et de développement au sein d'une démarche stratégique de préservation des territoires. Dans ce processus, une communauté élargie s'implique, contribuant à identifier de manière précise les zones vitales et les corridors essentiels qui offrent des avantages aussi bien aux êtres humains qu'à la biodiversité de la région. Le produit issu de cette planification peut prendre diverses formes, telles qu'une cartographie détaillée qui met en lumière les zones de convergence entre conservation et aménagement, ou un rapport analytique qui détaille les retombées positives de ces approches intégrées. Ces résultats peuvent également s'intégrer à des initiatives déjà existantes, telles que des plans globaux d'aménagement du territoire ou des programmes spécifiques pour les espaces ouverts. Ces plans d'infrastructure verte peuvent être dirigés par les autorités locales ou régionales, mais des groupes sans but lucratif, comme les fiducies foncières, peuvent également jouer un rôle important pour les coordonner. De même, des entreprises privées peuvent aider en rassemblant les personnes impliquées dans cette démarche, ce qui montre à quel point il est important

que tout le monde s'engage ensemble pour préserver l'équilibre entre la nature et nos communautés (Amundsen *et al.*, 2009).

2.2. L'infrastructure verte en tant qu'approche de planification stratégique

Le terme d'infrastructure verte a été inventé en 1994 dans le cadre d'une planification qui préconisait la conservation des terres par un système de voies vertes (Wang, 2020). En tant que réalisation importante en matière d'urbanisme, la planification des infrastructures vertes urbaines, dans le cadre du projet « green surge », est définie comme suit :

« *Approche de planification stratégique qui vise à développer des réseaux d'espaces verts et bleus dans les zones urbaines conçus et gérés pour fournir un large éventail de services écosystémiques. La planification des infrastructures vertes urbaines vise à créer des réseaux multifonctionnels à différents niveaux spatiaux, probablement de la planification urbaine régionale à la planification urbaine et à la planification des quartiers. Grâce à son approche intégrative et multifonctionnelle, la planification des infrastructures vertes urbaines est capable de prendre en compte et de contribuer à un large éventail d'objectifs politiques liés aux espaces verts urbains, tels que la conservation de la biodiversité, l'adaptation au changement climatique et le soutien à l'économie verte.* » (Hansen *et al.*, 2016, 2017).

La planification des infrastructures vertes est une approche de planification stratégique du paysage pour la conservation des espaces ouverts (Wang, 2020), permettant aux parties prenantes locales telles que les communautés, les propriétaires fonciers et les organisations de travailler ensemble pour identifier, concevoir et préserver les éléments essentiels du réseau paysager (Fig. 12), pour le maintien de services écosystémiques durables (Pauleit *et al.,* 2017 ; Isabelle *et al*., 2019). Les infrastructures vertes et les services écosystémiques ont été largement promus en tant que stratégies appropriées pour améliorer la planification environnementale et urbaine à différentes échelles spatiales (Benedict et McMahon, 2002, 2006 ; Petrișor *et al*., 2016 ; Popescu et Petrișor, 2020).

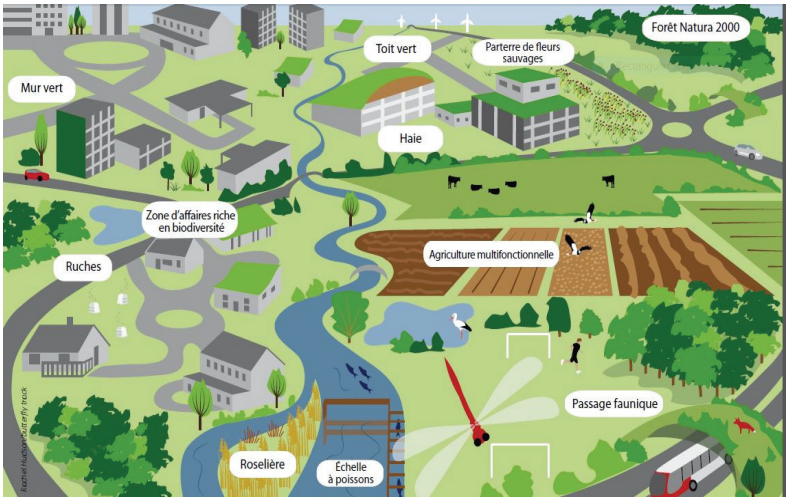


Fig. 11. Composantes potentielles d'une infrastructure verte (Source : Commission Européenne, 2014).

2.3. Principes de planification des infrastructures vertes

Les infrastructures vertes urbaines suscitent de plus en plus d'attention à l'échelle mondiale, comme en témoignent les études précédentes, et l'Union Européenne intensifie ses efforts de recherche en lien avec leur développement. La planification de ces infrastructures, conçue pour établir un réseau d'espaces verts aux fonctions multiples au sein des environnements urbains, exige une approche holistique qui s'adapte à chaque projet d'aménagement spécifique (Pauleit *et al.*, 2017 ; Isabelle *et al.*, 2019). Dans ce contexte, le processus décisionnel doit prendre en compte le socio-écosystème dans lequel le projet sera intégré, en anticipant notamment les interactions que les citoyens auront avec ces nouvelles infrastructures (Isabelle *et al.*, 2019). La littérature met en évidence l'émergence de théories visant à définir les principes de planification spécifiques à l'infrastructure verte (Hansen *et al.*, 2017 ; Isabelle *et al.*, 2019). Ces principes, également appelés « métarègles » de planification, sont structurés comme suit :

2.3.1. Principes fondamentaux de planification des infrastructures vertes

2.3.1.1. La connectivité écologique (Network)

Avec la montée des préoccupations environnementales à partir de la seconde moitié du 20e siècle, le concept de connectivité a évolué vers une perspective davantage centrée sur la préservation de la biodiversité. De nombreuses études ont établi de manière convaincante l'impact néfaste de la fragmentation des habitats sur le déclin de la biodiversité. Face à cette crise écologique, la science de l'écologie du paysage a mis en avant l'importance cruciale de la connectivité entre les zones naturelles pour soutenir la fonctionnalité écologique des écosystèmes (Ahern, 2003), ce qui caractérise le concept de l'infrastructure verte qui tire sa force de l'accent mis sur la connectivité - entre les terres naturelles et autres espaces ouverts, entre les personnes et entre les programmes (Benedict et McMahon, 2006).

La connectivité paysagère correspond au degré de communication ou de mouvement permis entre taches d'habitat préférentiel pour une espèce donnée. Il s'agit d'une propriété paysagère par laquelleles individus trouvent les possibilités de se déplacer entre les différentes tâches d'habitat (Taylor *et al.*, 1993). La connectivité fonctionnelle pour un individu donné est en rapport à la fois avec les taches d'habitats et la composition de la matrice paysagère englobant les taches elles-mêmes. La matrice paysagère joue un rôle déterminant dans le fonctionnement des processus écologiques. Elle peut favoriser le mouvement des individus dans le cas d'existence convenable de corridors comme elle peut le contraindre dans le cas inverse, par cette connectivité, les différents éléments formant une infrastructure verte agissent comme un tout et sont capables d'offrir plusieurs processus écologiques qui sont à la base des services écosystémiques (Grădinaru et Hersperger, 2019). La présence de corridors écologiques avec configuration adéquate est nécessaire pour favoriser les déplacements et, donc, l'interaction des espèces vivantes (Wu, 2013 ; Bourgeois, 2015).

La connexion stratégique des composantes de l'écosystème - parcs, réserves, zones riveraines, zones humides et autres espaces verts - est essentielle au maintien des valeurs et des services des systèmes naturels (tels que le transport et le filtrage des eaux pluviales - ruissellements) et au maintien de la santé et de la diversité des populations fauniques. Les infrastructures vertes peuvent aider à établir des priorités en matière

d'acquisition de terres qui assurent une connectivité adéquate entre les terres déjà préservées (Benedict et McMahon, 2006).

Le projet CREW (Corkscrew Regional Ecosystem Watershed) dans le sud-ouest de la Floride a pour objectif principal la préservation des vastes zones humides interconnectées qui sont essentielles à la survie de la panthère de Floride et de l'ours noir de Floride. Ce projet vise à maintenir l'intégrité des liens entre le refuge national de la panthère de Floride, la réserve d'état de Fakahatchee Strand et le sanctuaire de Corkscrew Swamp de la National Audubon Society (Benedict et McMahon, 2006).

Un autre exemple qui montre le rôle de la connectivité dans le « programme paysage » de Berlin (Fig. 12), est un instrument stratégique pour l'intégration des objectifs écologiques dans le développement urbain. Le programme vise une structure verte bien connectée qui devrait servir de réseau d'habitats, modérer le climat urbain et créer des corridors à usage humain. La récente mise à jour du plan du réseau d'habitat est maintenant fondée sur une étude scientifique incluant les espèces cibles. Les habitats existants et potentiels pour ces espèces ont été cartographiés par des experts locaux (Pauleit *et al.*, 2017).

Afin d'accroître la connectivité de la structure verte de Berlin, le Plan général d'atténuation urbaine identifie les zones prioritaires dans lesquelles sont concentrées les mesures de compensation pour les projets de développement urbain conformément à la loi fédérale allemande sur la conservation de la nature (Pauleit *et al.*, 2017).

Le plan général d'atténuation urbaine de Berlin suit la structure verte de Berlin composée de deux anneaux et de deux axes. Les points indiquent les sites où des mesures de compensation prioritaires pour l'ensemble de la ville ont été mises en œuvre depuis 1995, tandis que les zones de recherche de sites appropriés pour les mesures de compensation sont délimitées par les lignes rouges (Berlin intérieur) et vertes (zone de loisirs périurbains) (Pauleit *et al.*, 2017).

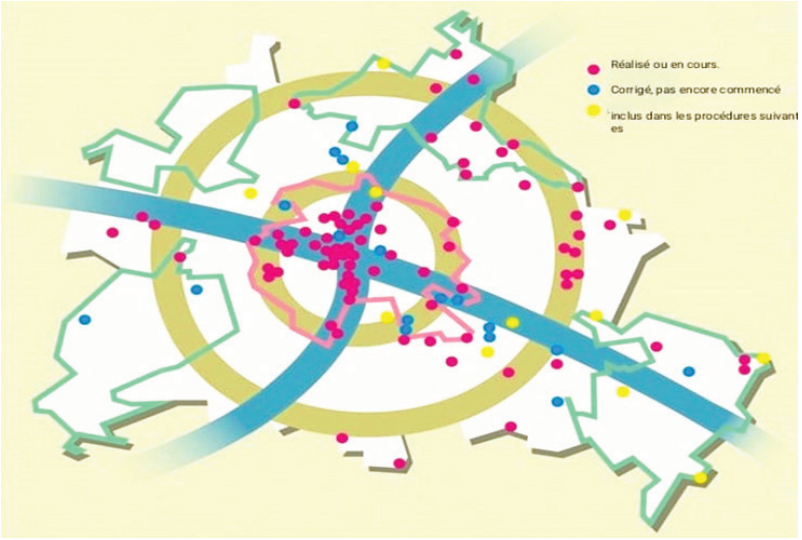


Fig. 1. Le rôle de la connectivité dans le « programme paysage » de Berlin (Adaptée par : *Pauleit et al.*,2017).

2.3.1.1.1. Les taches

Les taches ou fragments constituent les éléments de composition des paysages (Dechaicha, 2020). Elles sont formées d'un intérieur et une lisière (Fig. 14). Plusieurs appellations correspondent à ses éléments de composition : écotope, composante, habitat, site, unité de paysage, ainsi que d'autres (Forman et Forman, 1995). Considérées comme les éléments dominants du paysage, les taches sont définies comme « *des portions d'espace non linéaires et différentes en apparence de leur environnement. Les taches sont des régions homogènes pour une propriété donnée* » (Aguejdad, 2009). Il n'existe pas d'échelle spatiale inhérente aux taches. Elles constituent l'habitat des populations d'espèces (animales ou végétales) et ont une influence directe sur l'écologie des organismes qui y vivent. Elles exercent des effets sur les déplacements d'animaux au sein du paysage, les flux d'énergie et de nourriture, sur le micro-environnement ainsi que sur l'abondance et la composition des espaces. Les taches peuvent être décrites spatialement à travers leur forme, leur étendue, leur composition et leur

position relative par rapport aux autres éléments du paysage (contiguïté, proximité, éloignement, etc.) (Aguejdad, 2009 ; Dechaicha, 2020).

2.3.1.1.2. Les corridors

Les taches d'habitat peuvent être reliées entre elles par des corridors (Fig. 14). Ces derniers sont des éléments principalement de forme linéaire, de largeur plus ou moins importante ; ils sont souvent organisés en réseau (Aguejdad, 2009). Les corridors sont définis comme « *les corridors sont des bandes relativement étroites et organisées généralement en réseau. Avec cette forme linéaire, ces éléments du paysage servent comme éléments assurant la liaison entre taches qui accueillent le même type d'habitat »* (Dechaicha, 2020). Les corridors peuvent remplir plusieurs fonctions, dont celle d'habitat ou de conduit (Forman et Forman, 1995), ils jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes. Ils permettent le déplacement des populations et le transfert de matière et d'énergie. Mais, d'un autre côté, ils peuvent se révéler de véritables barrières pour certaines espèces en contrôlant leur dynamique (Aguejdad, 2009 ; Dechaicha, 2020). Donc Il ne fait donc pas, en lui-même, partie de l'habitat d'une espèce (Aguejdad, 2009).

2.3.1.1.3. La matrice

La matrice correspond au milieu qui environne les fragments d'habitat. La structure et la constitution de la matrice sont différentes de celles des taches et des corridors (Fig. 14) (Dechaicha, 2020). Elle est généralement composée d'un grand nombre de classes distinguables par leur morphologie ou leur composition (Aguejdad, 2009). Pereboom rappelle que *« la matrice est donc devenue synonyme de milieu (plus ou moins) hostile à une espèce… [] Elle n'est cependant pas nécessairement complètement imperméable, d'où la nécessité de parler du niveau de porosité de la matrice »* (Pereboom, 2006 d'après Aguejdad, 2009). L'ensemble des éléments, qu'il s'agisse de taches, de corridors et de matrices, qu'ils soient naturels ou créés par l'homme, présente une diversité de formes, de dimensions et de configurations. Ces configurations sont en réalité le produit d'interactions entre des facteurs physiques, biologiques et sociaux. La manière dont un paysage est organisé spatialement peut ainsi influencer les processus écologiques et jouer un rôle déterminant dans sa biodiversité. En effet, il est

bien établi que des modifications de la taille et de la connectivité des taches ont des répercussions sur la diversité des espèces, leur répartition et leur persistance (Aguejdad, 2009).

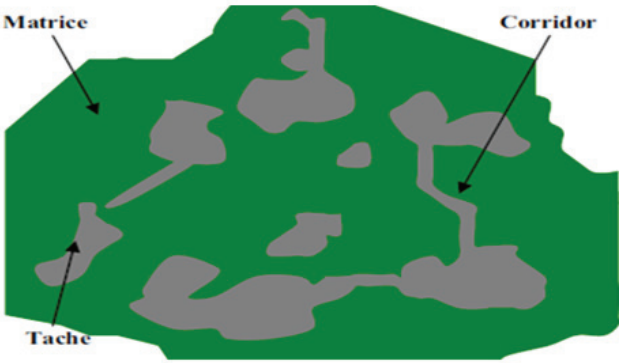


Fig. 2. Taches, corridors et matrice : les éléments de base d'une structure paysagère (Adaptée par : Aguejdad, 2009, d'après Clergeau, 2007).

2.3.1.2. La multifonctionnalité

Le principe de multifonctionnalité de l'infrastructure verte urbaine avec la connectivité, considérée comme un élément central de la planification de l'infrastructure verte (Hansen et Pauleit, 2014), c'est-à-dire sa capacité à remplir plusieurs fonctions et à offrir plusieurs avantages sur une même zone spatiale (Agence Européenne pour l'Environnement, 2012), et sont des avantages écologiques, socioculturels et économiques (Fig. 14) (Ahern, 2011 ; Hansen et Pauleit, 2014 ; Madureira et Andresen, 2014 ; Madureira et Cormier, 2014 ; Pauleit *et al*., 2017 ; Wang, 2020), vise à entrelacer ou à combiner différentes fonctions et donc à utiliser plus efficacement un espace limité (Ahern, 2011).

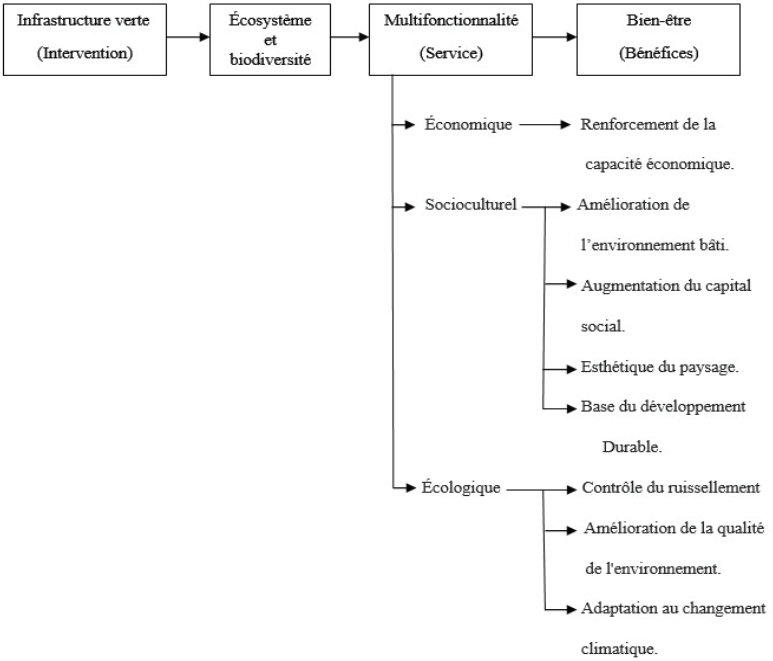


Fig. 14. Le cadre conceptuel de la multifonctionnalité et des avantages de l'infrastructure verte (Adaptée par : Kim et Song, 2019, d'après de Hansen et Pauleit, 2014).

Le principe de multifonctionnalité a été observé comme l'un des principaux attraits du concept émergent d'infrastructure verte, étant reconnu comme un moyen d'atteindre plusieurs objectifs de politique urbaine environnementale, sociale, culturelle et économique (Madureira et Andresen, 2014 ; Madureira et Cormier, 2014). La multifonctionnalité apporte des avantages aux humains (Fig. 15) (tels qu'une amélioration de la santé et de la cohésion sociale) grâce aux services écosystémiques (Lafortezza *et al.*, 2013 ; Tzoulas, 2007). Diverses parties prenantes et décideurs politiques utilisent le concept de multifonctionnalité comme un facteur clé d'attraction de la planification des infrastructures vertes en raison de ses diverses fonctions et avantages dans la même zone spatiale (Kim et Song, 2019).

Ce principe a été utilisé par Édimbourg, la capitale de l'Écosse (Fig. 15), où a créé Open Space Strategy (OSS) est un plan du conseil municipal d'Édimbourg et vise à fournir des espaces verts multifonctionnels qui offrent des avantages écologiques et sociaux.

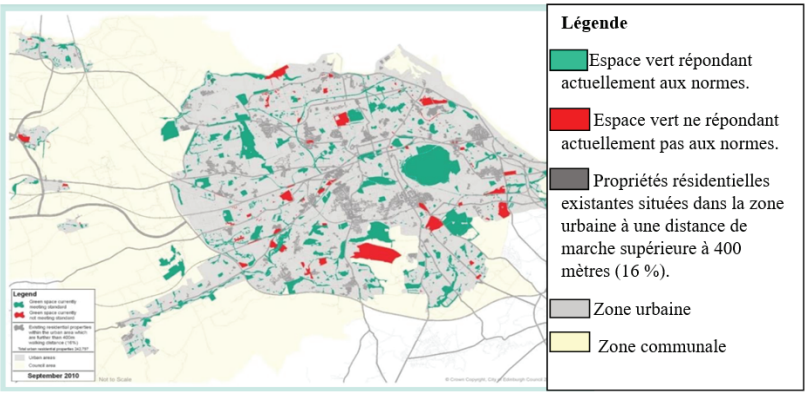


Fig. 15. Évaluation des critères de conformité des espaces verts locaux depuis 2010 (Adaptée par : Hansen *et al.*, 2016).

L'OSS (Open Space Strategy) couvre tous les espaces verts et ouverts dans les zones urbaines d'Édimbourg et de ses établissements de l'ouest, appartenant au Conseil et aux non-Conseils, à l'exception des jardins résidentiels privés et partagés et des terres agricoles. Le logiciel libre comprend trois composantes principales : l'audit, les normes et les plans d'action. L'audit a eu lieu dans les années 2008-2009, classant tous les espaces ouverts importants de 500 mètres carrés et plus, fournissant des informations de base sur la quantité et la qualité des différents types d'espaces ouverts. Ensemble, l'audit et les normes assurent la livraison d'espaces verts multifonctionnels offrant à la fois des fonctions écologiques et sociales (Hansen *et al*., 2016)

En outre, l'OSS (Open Space Strategy) soutient les priorités stratégiques du conseil, comme la promotion de modes de vie sains ainsi que l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques. En plus de l'OSS, douze plans d'action de quartier ont été introduits pour améliorer l'offre d'espaces verts et ouverts dans toute la ville. L'OSS (Open Space Strategy) est actuellement

en cours d'examen et devrait être mis à jour tous les cinq ans (Hansen *et al.*, 2016). Comme on sait que la multifonctionnalité apporte des avantages aux humains grâce aux services écosystémiques (Lafortezza *et al.*, 2013 ; Tzoulas, 2007), on doit donc faire faire une synthèse littérature sur services écosystémiques.

2.3.1.2.1. Services écosystémiques

Grâce les services écosystémiques, l'être humain reçoivent divers avantages (Benedict et McMahon, 2002, 2006 ; Kim et Song, 2019 ; Popescu et Petrișor, 2021). Un gamme des services écosystémiques comprend les services d'approvisionnement (qui offrent des produits naturels tels que l'eau et les forêts), les services de régulation (qui peuvent être considérés comme des fonctions écosystémiques telles que les inondations et le contrôle du climat), les services culturels (qui présentent des avantages esthétiques, mentaux et esthétiques) et les services de soutien (qui soutiennent ces trois principaux services (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 ; World Business Council for Sustainable Development, 2011). Avec le temps, les besoins humains en services écosystémiques augmentent, mais en raison de changements sociaux soudains, et les services écosystémiques sont mis en péril par l'urbanisation. Les changements dans les écosystèmes peuvent être attribués à des changements sociaux tels que la croissance urbaine ; cela comprend les constructions et les couches imperméables (caractéristiques d'une société hautement développée), qui sont les principales causes de la diminution des services écosystémiques (Carter et Keeler, 2007). La demande de services écosystémiques n'a pas été satisfaite dans les centres urbains car ils sont principalement fournis par des espaces verts non urbains, qui ont connu une diminution de ces services en raison des changements susmentionnés (Artmann *et al.*, 2017).

L'infrastructure verte a été proposée comme moyen de planifier et de gérer les multiples avantages des services écosystémiques. La perte de zones agricoles et de districts de préservation de la nature, ainsi que le déclin des opérations écosystémiques, entraînent une demande de fonctions écologiques, productives et culturelles. En termes de multifonctionnalité, la gestion des infrastructures vertes a un potentiel pour les écosystèmes, et elle révèle des synergies tout en agissant sur des espaces semi-naturels dans les villes (Gren et Andersson, 2018).

L'augmentation le niveau des services écosystémiques dépend la croissance de la biodiversité résultant par une planification adéquate qui engendre une durabilité urbaine (Petrișor *et al.*, 2016 ; Petrisor, 2017 ; Popescu et Petrisor, 2020).

2.3.1.3. Intégration vert-gris

Le principe d'intégration vert-gris doit assurer l'intégration des infrastructures vertes dans l'espace bâti et le paysage urbain, c'est-à-dire la planification de l'infrastructure verte soit intégrée d'autres infrastructures urbaines en termes de relations physiques et fonctionnelles (Hansen et Pauleit, 2014).

Les infrastructures vertes peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration de changement climatique et aussi l'amélioration des infrastructures traditionnelles monofonctionnelles telles qu'un système d'égout (Pauleit *et al*., 2017), à travers de réduire le volume et le débit des eaux usées, à améliorer la qualité de l'eau et à réduire le ruissellement des eaux pluviales par le biais de l'interception, de la captation, du stockage, du traitement, de l'infiltration ou de l'évapotranspiration (Hansen et Pauleit, 2014 ; *Tao et al.*, 2014, li *et al.*, 2019), par des plusieurs méthodes ou techniques tel que : les jardins pluviaux et les bassins de rétention, mais aussi les jardins sur le toit et les trottoirs perméables, sont des éléments qui font partie des systèmes de drainage urbain durables (Hansen et Pauleit, 2014 ; Imran *et al.*, 2013). D'autres domaines pour l'intégration d'infrastructures grises et vertes, comme les pistes cyclables dans les corridors verts, l'aménagement de corridors d'habitat le long des lignes électriques ou des corridors verts pour la ventilation naturelle des villes, et les façades et toits verts pour le refroidissement des bâtiments et la production simultanée d'électricité par des panneaux solaires (Wise, 2008 ; Dill *et al.*, 2010). Ces techniques offrent également le potentiel d'augmenter la convivialité, l'esthétique et la valeur de l'habitat des espaces verts urbains. Ils peuvent ainsi contribuer à l'atteinte des objectifs de protection de la biodiversité et de cohésion sociale (Pauleit *et al*., 2017).

Un exemple réal qui présente l'utilisation du principe d'intégration vert-gris pour la gestion des eaux pluviales en Malmö, Suède (Fig. 16). Malmö est la troisième plus grande ville de Suède, avec 300 000 habitants. La ville a

réussi sa transition d'une ville portuaire et industrielle à une économie basée sur les services. La croissance récente a entraîné une augmentation des espaces bâtis et pavés, ce qui génère plus d'eaux pluviales (Pauleit *et al.*, 2017).

Comme il y a eu des incidents de graves inondations locales, le développement des infrastructures pour la gestion des eaux pluviales est devenu un sujet important pour la ville de Malmö. Le plan d'approvisionnement en eau de Malmö, qui est en cours, peut s'appuyer sur les expériences acquises au niveau des projets et sur les politiques relatives aux eaux pluviales depuis la fin des années 1980 (Pauleit *et al*., 2017).



Fig. 16. De gauche à droite : l'un des étangs humides ; l'un des canaux pavés ; pelouse engloutie (partie du parc rénové d'Augustenborg) (Adaptée par : Mottaghi, 2020).

La conversion de l'ancien port occidental en nouveau quartier résidentiel lors de l'exposition du bâtiment en 2001 et la rénovation de la zone d'habitation alors délabrée d'Augustenborg sont devenues des exemples bien connus d'intégration de systèmes de drainage urbain durables dans les espaces verts (Mottaghi, 2020).

Alors que la plupart des infrastructures de gestion des eaux pluviales sont mises en œuvre dans les extensions urbaines, l'exemple d'Augustenborg montre qu'elles peuvent également être un outil important pour la mise à niveau des zones bâties (Pauleit *et al.*, 2017 ; Mottaghi, 2020).

Intégration de la gestion des eaux pluviales dans les espaces verts du quartier résidentiel d'Augustenborg à Malmö, en Suède, où l'eau est retenue dans des étangs, ce qui augmente la qualité récréative et esthétique de l'espace vert (Pauleit *et al.*, 2017).

2.3.1.4. Participation et inclusion social

L'inclusion sociale fait référence à l'implication d'un large éventail de groupes sociaux (y compris les groupes vulnérables qui peuvent facilement être exclus) dans différents domaines de la vie, y compris la prise de décision politique, en améliorant l'accès des exclus aux services publics et privés. En conséquence, la planification socialement inclusive met l'accent sur les résidents et leurs groupes et sur l'inclusion des parties socialement plus faibles d'entre eux (Baker et Eckerberg, 2008 ; Hansen *et al*., 2016 ; Pauleit *et al.*, 2017). Les groupes sociaux peuvent inclure, par exemple, des personnes extrêmement pauvres, des sans-abris, des chômeurs, des migrants ou des minorités ethniques. La recherche a montré que l'accès, la perception et l'utilisation des espaces verts diffèrent entre des groupes socialement et culturellement différents (Gidlow et Ellis, 2011 ; Kabisch et Haase, 2014). L'absence de planification socialement inclusive peut donc aboutir à une infrastructure verte urbaine qui ne répond pas bien aux exigences des différents secteurs de la société urbaine, intensifiant ainsi les inégalités sociales plutôt que de promouvoir la cohésion sociale (Pauleit *et al*., 2017).

La planification des infrastructures vertes qui comprend des terres publiques et privées et vise à fournir de multiples avantages doit impliquer un large éventail d'intervenants dans la planification et la mise en œuvre. Des approches de planification qui ont été appelées participatives, collaboratives ou communicatives sont nécessaires à ce but (Pauleit *et al*., 2017). Par exemple, l'adoption de nouvelles approches pour la gestion locale des eaux pluviales dans des environnements densément bâtis nécessite la coopération de différents secteurs de l'administration publique, mais aussi du secteur privé (par exemple, les propriétaires fonciers, les résidents locaux et les utilisateurs d'espaces verts qui devraient bénéficier de telles mesures). Par conséquent, les thèmes de l'intégration vert-gris et de l'inclusion sociale sont clairement liés (Pauleit *et al.*, 2017).

Le principe d'inclusion sociale comme un exemple a été clairement appliqué à Gellerup qui est la plus grande zone de logements sociaux au Danemark (Fig. 17), construite en 1968-1972, comprenant 2 400 appartements répartis dans 30 tours (environ 7000 résidents en janvier 2013). Depuis les années 2000, Gellerup a été classé comme un « ghetto » en raison de la forte proportion de résidents de pays non occidentaux, du chômage, du nombre de condamnés, du faible niveau d'éducation et de revenu. En 2013, 78,6 % des citoyens venaient de pays non occidentaux ; ce chiffre est de 11% pour le reste d'Aarhus (Hansen *et al.*, 2016).



Fig. 17. La conception des blocs de logements d'origine illustre de création une conception et un environnement plus respectueux de l'homme (Adapté par : Hansen *et al.*, 2016).

La mise à niveau des espaces verts a été un élément important du plan directeur global pour la régénération du quartier. Les autorités locales sont allées au-delà des formes conventionnelles de consultation en matière de planification. Au lieu de cela, un processus participatif a été conçu afin que tous les groupes résidentiels puissent exprimer leurs préoccupations. Différentes formes de communication et d'engagement avec les résidents ont été utilisées à ce but. Ceux-ci comprenaient, entre autres, des ateliers participatifs et des visites de projets inspirants dans des endroits au Danemark qui ont contribué à susciter la discussion pour la vision de Gellerup. Une attention particulière a été accordée à la participation des femmes de différents groupes ethniques aux questions de sécurité dans les espaces publics, ainsi qu'aux représentants des associations de jeunes. La municipalité a également employé 10 travailleurs dits de loisirs représentant

les minorités ethniques pour faciliter le lien avec les résidents locaux (Pauleit *et al*., 2017). Ces mesures étaient importantes pour l'élaboration du plan directeur et l'élaboration de plans concrets. L'expérience à ce jour montre que malgré les nombreuses mesures prises, il s'est avéré difficile d'impliquer tous les groupes ethniques en raison des barrières culturelles et linguistique (Pauleit *et al*., 2017).

2.3.2. Principes de soutien de la planification des infrastructures vertes

2.3.2.1. Multi-Object

L'infrastructure verte vise à développer une multitude de formes d'infrastructures vertes (jardin de pluie, agriculture urbaine, etc.) et favoriser la diversité des solutions adoptées sur un territoire pour accroître sa résilience (Isabelle et *al.*, 2019). Tous les types d'espaces verts et bleus urbains, quelle que soit leur propriété et leur origine, peuvent être considérés comme faisant partie d'un réseau d'infrastructures vertes (Hansen *et al.*, 2016).

2.3.2.2. Multi-échelle

Une approche multi-échelle est basée sur la théorie de la hiérarchie qui aborde la structure et le comportement des systèmes qui fonctionnent simultanément à plusieurs échelles. Par exemple, la théorie de la hiérarchie est largement utilisée dans la planification des transports, car pour comprendre la dynamique et la capacité du trafic routier local, il faut comprendre le réseau routier plus large avec lequel les routes locales sont connectées. Il en va de même pour les paysages qui sont aussi des systèmes hiérarchiques. Bien que les paysages soient, par définition, de vastes zones de terres hétérogènes, ils sont aussi par définition « imbriqués » dans de plus grandes zones de terres qui limitent ou contrôlent souvent les processus écologiques, en particulier ceux associés au mouvement des espèces ou aux processus hydrologiques. Dans l'écologie appliquée du paysage, une approche multi-échelles (aborder les modèles spatiaux et les processus écologiques) est la norme acceptée (Leitao et Ahern, 2002). L'approche multi-échelles implique l'évaluation et la planification de la configuration spatiale des modèles de paysage et des processus écologiques à plusieurs échelles, et de la façon dont ces modèles et processus interagissent. Cette analyse indique généralement les points clés pour les liens physiques, où

des connexions importantes existent ou où des connexions doivent être établies. Dans les environnements urbains, les échelles appropriées sont la région métropolitaine ou la ville, les districts ou les quartiers et les sites individuels (Ahern, 2007). Donc multi-échelle est la méthode de planifier en appréhendant le changement d'échelle spatiale afin de garantir une cohérence entre le bâti, le quartier et le territoire (Isabelle *et al.*, 2019).

2.3.2.3. Inter- disciplinarité et transdisciplinarité

La planification des infrastructures vertes vise à développer une vision commune du projet au travers d'une approche holistique et systémique des enjeux de végétalisation (Hansen *et al*., 2017 ; Isabelle *et al.*, 2019), à travers établir des liens entre les disciplines, ainsi qu'entre la science, les politiques et la pratique. Il intègre les connaissances et les demandes de différentes disciplines telles que l'écologie du paysage, l'urbanisme et l'aménagement du territoire et l'architecture de paysage, et il est développé en partenariat avec différentes autorités locales et parties prenantes (Pauleit *et al.*, 2017).

3.3. L'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine et les défis du développement urbain durable

Les constats faits depuis les années 60 notamment par les écologistes, sur la baisse des coûts environnementaux du développement urbain, qui ont conduit à la formalisation du paradigme de « développement durable » présenté dans le rapport de la commission mondiale des nations unies sur l'environnement et le développement, intitulé « Notre avenir commun » (Brundtland, 1987). La ville, la plus grande entité artificielle, est au cœur de ces réflexions. Elle peut contribuer considérablement à la durabilité urbaine : « *la ville n'est pas durable, mais elle peut contribuer à la durabilité* » (Da Cunha, 2005 d'après Dechaicha, 2020).Il existe un consensus généralisé sur le fait que l'utilisation de l'infrastructure verte pour l'aménagement de l'espace urbain engendre une gamme variée de services, qu'ils soient environnementaux, sociaux ou économiques (TEP, 2005 ; Mell, 2008 ; Mell, 2010 ; Agence Européenne pour l'Environnement, 2015 ; Popescu et Petrișor, 2020 d'après Landscape Institute, 2009). Cette approche est largement reconnue comme une solution efficace pour promouvoir la durabilité (Benedict et McMahon, 2002 ; Davies *et al.*, 2006 ; Andersson,

2006 ; Ahern, 207 ; Mell, 2009 ; Natural England, 2010 ; Ahern, 2013 ; Kim et Song, 2019 : Popescu et Petrisor, 2020), notamment grâce aux multiples services écosystémiques qu'elle offre (Ahern, 2004 ; Petrisor, 2017 ; Petrisor, 2020).

3.3.1. Infrastructure verte pour des avantages environnementaux durables

Concernant les défis environnementaux, les espaces végétalisés urbains sont souvent considérés dans le cadre du développement durable comme de véritables supports pour la biodiversité (Lovell et Taylor, 2013 ; Isabelle *et al.*, 2019). De plus, les infrastructures vertes participent à l'amélioration de la qualité des ressources (eau, air, sol), à la gestion des eaux pluviales et des inondations, à la gestion des déchets urbains (compost, eaux usées, etc.), favorisant ainsi l'économie circulaire, à la production alimentaire saine et locale ou encore à la dépollution. Par exemple, il a été montré à Beijing en Chine que les arbres permettaient de réduire la pollution atmosphérique des aires urbaines (Yang *et al.*, 2005).

En fournissant aux villes des espaces verts, les infrastructures vertes s'adaptent et atténuent l'impact du changement climatique grâce au refroidissement (Lovell et Taylor, 2013 ; Xiang, 2018), par exemple, des recherches ont montré qu'au cours d'une journée ensoleillée de 26 °C (à l'ombre), un toit exposé au soleil pouvait atteindre une température de 80 °C si sa couleur est foncée, 45 °C s'il est blanc et seulement 29 °C s'il est recouvert de végétaux (Isabelle *et al.*, 2019).

Les infrastructures vertes protègent la diversité biologique et les habitats, contribuent aux réseaux écologiques, améliorent la qualité environnementale des terres, de l'eau et de l'atmosphère, améliorent les microclimats et réduisent les émissions de carbone (Lovell et Taylor, 2013 ; Xiao *et al.,* 2018 ; Kim et Song, 2019). Donc, les infrastructures vertes soutiennent des écosystèmes fonctionnels constituent une solution permettant de combiner l'atténuation et l'adaptation au changement climatique au sein d'un même dispositif (Fig. 18).

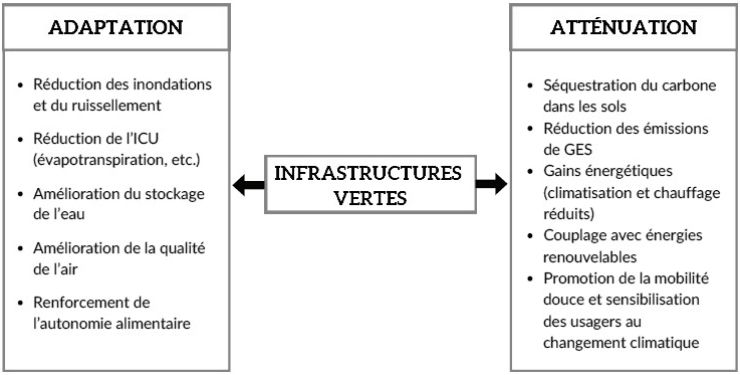


Fig. 18. Les infrastructures vertes au cœur des synergies d'adaptation et d'atténuation (Adaptée par : Isabelle *et al.,* 2019).

3.3.2. Infrastructure verte pour des bénéfices socioculturels

D'un point de vue socioculturel, l'infrastructure verte favorise les activités de loisirs et crée une esthétique dans les communautés, en plus des avantages intéressants en ce qui concerne le rôle éducatif de la nature et la préservation des ressources naturelles historiques et permet aux résidents de gérer les ressources par eux-mêmes afin qu'ils puissent améliorer l'environnement, ce qui conduit à un processus d'apprentissage adaptatif où les gens peuvent acquérir des connaissances pour maximiser les services écosystémiques (Lovell et Taylor, 2013), créant un mode de participation implique que la communauté peut créer des environnements durables dans l'établissement de la justice environnementale, ainsi que l'inclusion des membres de la communauté (Kim et Song, 2019).

L'infrastructure verte permet de répondre à des enjeux de santé et de bien-être, de cohésion sociale, de promotion du sport, de création d'emplois (Isabelle *et al.*, 2019). L'application d'infrastructures vertes améliore l'accessibilité des services publics, assure la sécurité en prévenant la criminalité et les catastrophes naturelles, améliore l'environnement physique des collectivités et améliorent la santé psychologique, mentale et physique (Tzouras *et al.*, 2007 ; Cirillo et Podolsky, 2012 ; Lovell et Taylor, 2013). Par exemple, la présence d'espaces verts publics à proximité d'un

lieu de résidence a été associée à une meilleure santé métabolique et cardiaque des habitants (Paquet *et al*., 2014), mais aussi à une amélioration de la prévention contre le diabète, le surpoids et l'obésité chez les enfants et les adolescents (Isabelle *et al*., 2019). De nombreuses études rapportent les bénéfices de la nature et de la biodiversité pour la gestion du stress et une plus grande capacité à faire face aux problèmes et aux grandes difficultés de la vie (Isabelle *et al*., 2019).

3.3.3. Infrastructure verte pour des avantages économiques durables

Enfin, les infrastructures vertes contribuent à reconsidération d'une communauté sous-développée, en renforçant l'attractivité de ses territoires (Isabelle *et al*., 2019 ; Kim et Song, 2019), et surtout à augmenter la valeur des biens immobiliers qui l'entourent et favorisent la croissance économique (Isabelle *et al.*, 2019 ; Kim et Song, 2019). Par exemple High Line à New York, qui attire chaque année 4 millions de touristes et a permis de créer de nouvelles activités économiques (Isabelle *et al.*, 2019). De plus, l'infrastructure verte augmente la productivité et les possibilités d'emploi en améliorant les conditions de travail et les processus de conception et de construction grâce à l'amélioration de l'environnement physique (Cirillo et Podolsky, 2012). Des autres avantages, les infrastructures vertes réduit le coût de la gestion en augmentant la qualité de l'environnement en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'eau, en offrant des possibilités d'économie d'énergie pour le refroidissement et le chauffage et en offrant la sécurité contre les catastrophes naturelles (Cirillo et Podolsky, 2012 ; Ziogou *et al*., 2018).

L'adoption de l'infrastructures verte comme une solution naturelle permet de réduire les coûts d'investissement car elles sont souvent moins chères que les infrastructures dites « grises » (bassins de rétention, digues artificielles, etc.), dont les bénéfices générés sont d'ailleurs moindres pour des coûts plus élevés (Isabelle *et al.*, 2019).

Les multiples avantages évoqués précédemment peuvent être synthétisés en intégrant les bénéfices de l'infrastructure urbaine verte et en démontrant chaque type d'avantage dans son contexte pertinent par rapport à une gamme variée de défis liés au développement urbain durable (Tableau 2).

Tableau 2. Avantages de l'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine (Source : Kim et Song, 2019).

Avantage	**Type d'avantage**	**La description**
Économique	**Capacité économique renforcée**	- Développement économique local avec avantages communautaires et promotion de centres urbains. - Amélioration de la commercialisation. - Augmentation des ventes au détail. - Augmentation de la valeur des propriétés et des recettes fiscales. - Crédits d'impôt/frais et autres incitatifs financiers - Réduction des coûts associés à l'infrastructure, au développement, aux inondations, à l'eau traitement et soins de santé. - Réduction de la consommation d'énergie (pour le refroidissement), de sel (pour les routes glacées) et d'eau - Agriculture urbaine/production alimentaire durable. - Augmentation de la productivité des employés de bureau. - Création d'emplois verts.

Socioculturel	**Opportunités éducatives**	-Augmentation des possibilités de loisirs et des interactions avec la nature. - Cultiver les possibilités d'éducation du public (exposition régulière à la nature et sensibilisation accrue aux questions environnementales).
	Amélioration de l'environnement bâti	- Amélioration de l'accès aux services publics, tels que l'approvisionnement en eau disponible et espaces verts. - Réduction de la pollution sonore. - Amélioration de la qualité des logements.
	Augmentation du capital social	- Amélioration de la qualité de vie et de la participation du public. - Développement communautaire et renforcement de la cohésion communautaire. - Possibilités pour les jeunes de passer du temps dans les espaces publics. - Plus d'espaces de rassemblement social. - Moins de criminalité. - Expression culturelle. - Amélioration de la santé physique/mentale.
	Esthétique du paysage	- Esthétique améliorée. - Avantages élargis du paysage et du paysage urbain. - Restauration paysagère.

	Base du développement durable	- Crédits de conformité réglementaire. - Un environnement de qualité pour attirer et retenir une main-d'œuvre compétente. - Liens entre les villes et la campagne. - Les systèmes de transport non motorisés (tels que les pistes cyclables, les sentiers pédestres et itinéraires combinés). - Régénération de sites dégradés pour de nouveaux développements de qualité. - Utilisation efficace des terres.
Environnemental	**Contrôle du ruisselleme-nt**	- Réduction de l'érosion en aval. - Contrôle/prévention des inondations, protection contre les ondes de tempête et hébergement des les risques naturels. - Meilleure gestion du ruissellement des eaux pluviales. - Moins d'incidents de débordements d'égouts unitaires. - Maintien des volumes de ruissellement et des débits de refoulement avant le développement.

	Solidité environnementale améliorée	-Amélioration de la recharge des eaux souterraines et de l'eau potable -Préservation des habitats terrestres et aquatiques - Amélioration de la qualité et de la conservation de l'eau. - Amélioration de la qualité de l'air et moins de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. - Protection de la biodiversité et pollinisation. - Protection pour mettre en valeur les sites géologiquement importants, tels que les réserves naturelles et les sites patrimoniaux. - Une empreinte écologique réduite. - Amélioration des charges polluantes.
	Adaptation au changement climatique	- Réduction des besoins en infrastructures grises - Réduction des îlots de chaleur urbains et des températures ambiantes. - Infrastructures résilientes et adaptation/atténuation des changements climatiques.

Conclusion

En conclusion, ce chapitre a jeté les fondements essentiels de l'infrastructure verte en tant que concept clé pour le développement urbaine durable. À travers une exploration détaillée, nous avons pu saisir l'ampleur de son importance dans la création de villes résilientes, saines et équilibrées.

En comprenant la diversité des formes que peut revêtir l'infrastructure verte, des parcs aux toits verts en passant par les structures verticales, nous avons constaté comment chaque élément contribue à améliorer la qualité de vie urbaine. Les exemples concrets tels que la ceinture bleue de Staten Island et le plan de Barcelone pour les infrastructures vertes ont démontré comment ces idées sont mises en pratique pour façonner des environnements urbains plus agréables et durables.

De plus, les principes fondamentaux de la planification des infrastructures vertes ont été explorés en profondeur, soulignant l'importance de la connectivité écologique, de la multifonctionnalité, de l'intégration vert-gris et de la participation citoyenne. Ces principes guident la création de réseaux d'espaces verts qui offrent des avantages environnementaux, sociaux et économiques à la fois aux citoyens et à l'écosystème urbain.

Alors que nous achevons ce chapitre, il est clair que l'infrastructure verte joue un rôle crucial dans la construction d'espaces urbains durables et équilibrés. Elle est bien plus qu'une simple composante esthétique ; elle représente une vision holistique de la planification qui intègre harmonieusement la nature au cœur des villes. Cette approche ouvre la voie à une transformation urbaine où la coexistence harmonieuse entre l'homme et la nature est au centre de notre vision d'un avenir urbain durable.

Chapitre 2. L'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasiennes : stratégies et pratiques durables

Introduction

Dans cette exploration, nous démarrons par définir l'essence même de l'oasis, en explorant les différentes facettes de son concept. Puis, nous nous aventurons à travers les diverses classifications qui émergent de la richesse de ces oasis, révélant des formes géographiques distinctes qui témoignent des multiples façons dont la vie peut s'épanouir dans des conditions apparemment hostiles.

En nous examinant ensuite sur les normes et les mécanismes de l'infrastructure verte dans les villes oasis traditionnelles, nous découvrons comment la nature a été insérée au cœur de l'urbanisme, créant des liens profonds entre les communautés et leur environnement naturel. Nous explorons également le développement de cette infrastructure verte, en mettant en lumière les techniques habiles d'exploitation de l'eau qui ont permis à ces oasis de prospérer.

La transformation des oasis traditionnelles en espaces de résilience et d'équilibre implique une variété de pratiques évolutives, notamment l'introduction de jardins dans ces villes vertes. Ces changements reflètent une demande accrue d'interaction entre la nature et l'habitat humain, une demande ayant des implications à la fois esthétiques et environnementales.

Enfin, nous approfondissons les fondamentaux d'un écosystème oasien. L'essence de l'eau est scrutée sous tous ses aspects, à l'image des palmiers verts qui symbolisent les oasis. Nous voyons comment ces arbres ne sont pas seulement décoratifs, mais aussi des piliers du développement économique, environnemental et social.

Alors, ce chapitre nous invite à percer les mystères des oasis, révélant comment ces oasis prospèrent au carrefour du naturel et de l'humain, et comment ces écosystèmes exceptionnels continuent de résonner avec des leçons précieuses pour un avenir durable.

1. L'oasis : définitions et concepts

Une oasis est un lieu fertile dans une étendue aride où les gens peuvent vivre et cultiver des plantes dans le désert. Elle est située à proximité d'une source d'eau, qui est apportée par des conduites (à partir de secteurs plus humides) ou par des puits (nappe souterraine). Cet endroit exceptionnel offre une détente et un repos bienvenus, se présentant comme une exception au milieu de ce qui est désordre et trouble (Larousse, 2023).

D'après Kilani *« Qui dit oasis, dit espace clos dans une immensité désertique. Les métaphores ne manquent pas pour illustrer cette clôture fondamentale. Une oasis est (un havre de paix ou de prospérité dans un monde inhospitalier), (un bouquet de verdure dans un environnement hostile), (un port dans le désert), (un lieu parfait) … »* (Kilani,1992).

Battesti définit l'oasis comme un lieu où l'on peut trouver une agglomération humaine et des terres cultivées, souvent des palmeraies, dans des environnements désertiques ou semi-désertiques. Elle est intégrée à son environnement grâce à sa structure écosystémique particulière (Battesti, 1999).

L'oasis est un lieu symbolique de la vie humaine dans le désert. Depuis des millénaires, l'écosystème oasien a été utilisé pour produire des ressources de manière durable. Il a été un modèle de développement durable très efficace dans le monde pendant environ 7 000 ans. Cependant, l'introduction de modes de production inadaptés et la modernité ont perturbé l'équilibre de ce modèle, qui était auparavant si bien adapté à la vie dans le désert (Organisation Mondiale du Tourisme, 2006).

L'oasis peut être décrit comme un lieu où les terres sont irriguées intensivement pour cultiver des plantes dans des régions arides où l'agriculture sans eau est impossible. Les arbres sont très importants pour assurer la pérennité de l'oasis. Le palmier dattier est l'arbre le plus courant dans les oasis sahariennes et présahariennes. Les zones arides ont peu d'eau de surface où les oasis sont donc créées principalement grâce aux cours d'eau allogènes ou aux eaux des nappes profondes (Kassah, 2009).

Koohafkan et Altieri définissent l'oasis comme un espace de vie vert qui prospère dans des conditions extrêmes. Il abrite une grande variété d'espèces et son écosystème complexe a évolué au cours de plusieurs milliers d'années. La gestion de l'eau est une partie essentielle de ce système, et elle est gérée par des institutions traditionnelles qui assurent une répartition équitable des ressources (Koohafkan et Altieri, 2011). L'eau a été l'élément clé dans l'installation humaine dans le désert. Cependant, l'eau ne suffit pas à elle seule à garantir la survie de l'homme dans le Sahara. D'autres facteurs tels que le climat, la chaleur, les vents, la qualité du sol et la difficulté d'accès sont également des éléments importants à prendre en compte (Hadagha, 2022). L'écosystème oasien est un système complexe structuré par différents éléments fondamentaux, tels que l'eau, les palmiers, les humains, et les habitats. Les habitats peuvent prendre diverses formes, en fonction des facteurs naturels de la région et de la culture du groupe humain. Cela fait de l'homme un composant fondamental de cet écosystème particulier (Hadagha, 2022 ; Bouzaher, 2015 ; Kouzmine, 2007).

D'un point de vue climatique, on peut dire que l'oasis est une zone qui se distingue clairement de son environnement. Les propriétés de surface changent et cela a un impact sur les propriétés de la basse-atmosphère en contact avec l'oasis. En conséquence, le climat environnant est modifié localement. Les températures sont souvent très élevées et le climat est sec, avec des variations de température importantes dues à un fort rayonnement solaire et à la rareté des pluies. À l'extérieur de l'oasis, la vitesse du vent est souvent élevée en raison de la faible rugosité du désert (Kabiri, 2014).

Le même auteur a découvert différents niveaux pour décrire les oasis et les systèmes agricoles oasiens. Sur le plan géographique, l'oasis est un sanctuaire où la vie peut s'épanouir dans un milieu aride. Sur le plan bioclimatique, l'oasis crée un microclimat en milieu aride grâce à l'homme. Sur le plan socio-économique, l'oasis est un endroit où les gens se sédentarisent et où il y a beaucoup d'activités économiques et socioculturelles dans un environnement aride (Kabiri, 2014).

D'après toutes les définitions et les concepts, on peut conclure que l'oasis est une zone verte dans un environnement désertique hostile qui est alimentée en eau souterraine. Les oasis sont souvent formées par des sources d'eau souterraines qui remontent à la surface, créant ainsi un environnement fertile pour la croissance de la végétation (Fig. 19). Les oasis abritent

également une grande variété d'espèces de plantes et d'animaux, ce qui en fait des écosystèmes complexes et uniques.

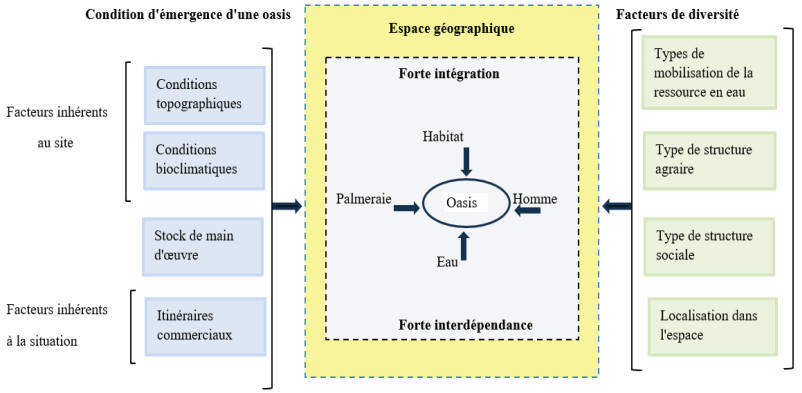


Fig. 19. Configuration du système oasis (Adaptée par : Bengouga, 2019, d'après Kouzmine, 2007).

2. Classification des différentes oasis

Depuis l'Antiquité, les populations des zones arides ont dû gérer de manière équilibrée les ressources en eau disponibles. C'est pourquoi la réglementation de l'utilisation de l'eau est plus complexe et détaillée dans les zones où l'eau est rare. Les civilisations arabes ont réussi à maîtriser ces ressources en eau de manière ingénieuse, en les exploitant, en les répartissant et en les utilisant de manière diversifiée. Les oasis se trouvent en fonction de quatre facteurs : la disponibilité de la nappe phréatique, la méthode d'extraction de l'eau, la présence de terres fertiles et la protection contre les éléments naturels tels que les vents et la chaleur (Bouzaher, 2015). Selon ces critères, les oasis sont classées comme suit :

2.1. Oasis de montagnes

Les galeries creusées dans les montagnes permettent de recueillir l'eau météorique infiltrée (Fig. 20). Le tracé est généralement rectiligne et peu profond, ce qui nécessite peu de puits d'aération. En revanche, dans les

Oasis de piémont, le parcours de la galerie est plus long et sinueux en raison de l'hétérogénéité des sols. Cela permet un drainage plus important des aquifères, mais nécessite également un plus grand nombre de puits d'aération pour l'entretien de la galerie. Les citernes sont utilisées pour stocker l'eau, permettant ainsi un cycle de production continu dans l'Oasis. Ce système agricole traditionnel permet la rotation des cultures typique de la région (Laboasis, 2023).

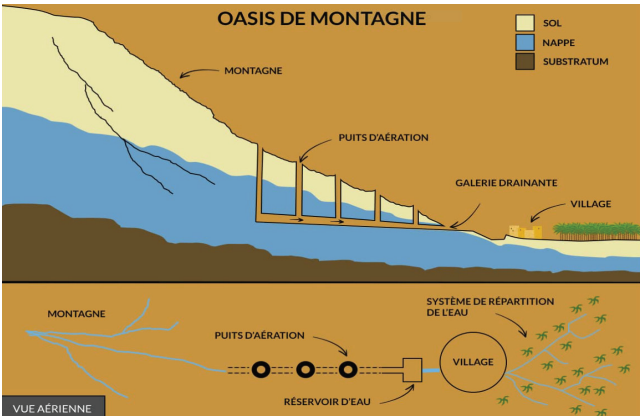


Fig. 20. Oasis de montagne (Source : Laboasis, 2023).

2.2. Oasis fluviales (Oued)

Sont un type d'oasis qui se développent le long d'un cours d'eau (oued) (Fig. 21). L'eau des oueds est dérivée à l'aide petits barrages et des canaux d'eau, puis dirigée par gravité vers des rigoles qui permettent à leur tour d'assurer une utilisation équilibrée de l'eau (Bouzaher, 2015 ; Hadagha, 2022).

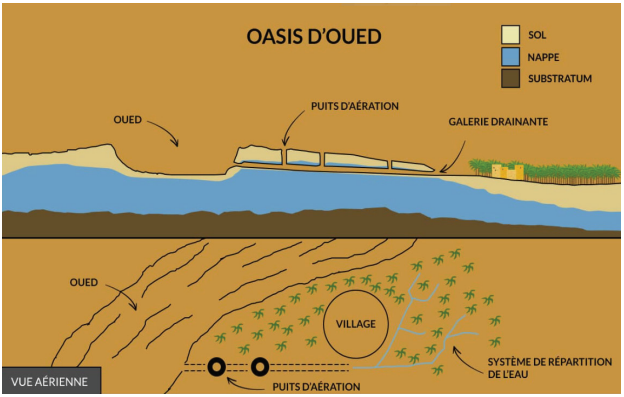


Fig. 3. L'oasis fluviale (Oued) (Source: Laboasis, 2023).

2.3. Oasis de dépression

Les oasis de dépression (Fig. 22) sont des zones où l'on trouve des dépressions elliptiques profondes avec un fond salin, les anciens bassins asséchés (Sebkha ou Chott), qui sont alimentées par des eaux souterraines qui remontent à la surface. Dans ces zones, des galeries de drainage sont construites pour intercepter et drainer les micro-flux souterrains que les précipitations ont infiltrés dans les roches sur les reliefs du désert.

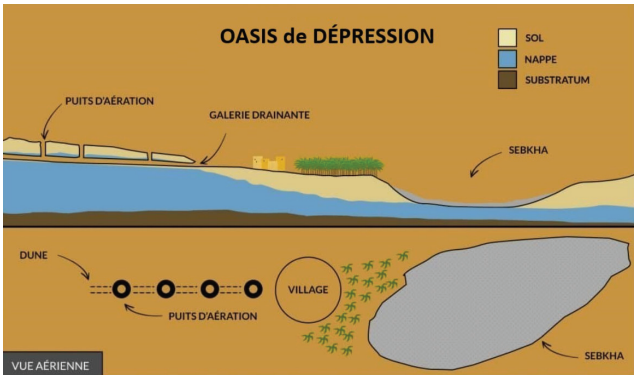


Fig. 22. Oasis de dépression (Source : Laboasis, 2023).

La pente minimale des galeries permet l'écoulement gravitationnel, tout en évitant l'érosion du canal. Les galeries remontent vers les hauts plateaux avec des tunnels qui finissent par se retrouver à de grandes profondeurs. La galerie suit la structure traditionnelle de la Foggara, récupérant l'humidité des sables via les puits d'aération verticaux pour la percolation, l'entretien, la condensation et la ventilation (Laboasis, 2023).

2.4. Oasis artésiennes ou artificielles

L'eau est obtenue par l'intervention de l'homme lorsqu'elle est profonde, à partir de la création d'un puits profond. Cela est possible car l'eau est bloquée entre deux couches imperméables (Hadagha, 2022).

2.5. Oasis d'erg

Les oasis de l'erg (Fig. 24) ont réussi à trouver des moyens astucieux pour obtenir de l'eau dans des zones arides à travers de larges galeries (Foggara) pouvant mesurer jusqu'à 20 km.

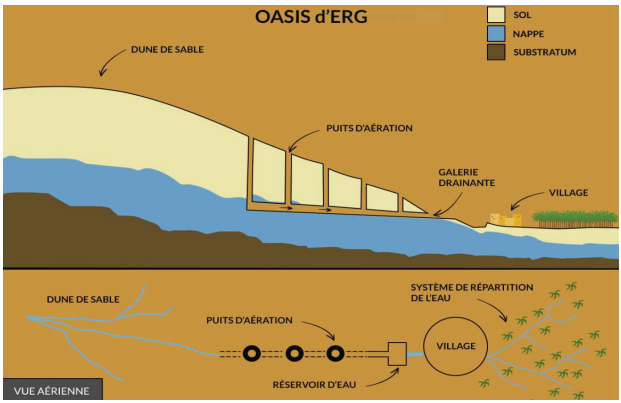


Fig. 4. Oasis d'erg (Source: Laboasis, 2023).

Elles commencent de la zone agricole à la dune en plein désert et ont une pente légère dans le substrat de roche calcaire des grandes dunes pour permettre l'écoulement souterrain de l'eau avec une érosion minimale.

Parfois, le parcours procède en zigzag afin de ralentir la vitesse de ruissèlement. Les puits d'aération sont disposés entre 5 et 22 mètres l'un de l'autre et reliés à la surface externe, perpendiculaires avec le parcours. La profondeur des puits est estimée jusqu'à 20 mètres selon la pente du parcours. Les puits jouent un rôle important dans l'aération nécessaire à la condensation et pour maintenir la pression interne égale à celle atmosphérique, facilitant ainsi l'écoulement de l'eau. En outre, ils sont la voie d'accès pour effectuer les fréquents travaux d'entretien de la galerie. Grâce aux bassins de décantation souterrains, l'eau pour usage domestique ainsi que pour la palmeraie est assurée (Laboasis, 2023).

2.6. Oasis en forme de cuvette ou alvéoles

Elle se trouve dans les zones sablonneuses du désert (Fig. 24) où l'eau n'est pas disponible sans l'effort de l'homme et la nappe phréatique est peu profonde (5 à 20 mètres). Les gens ont simplement creusé le sable pour atteindre le niveau de la nappe phréatique (Bouzaher, 2015 ; Hadagha, 2020).

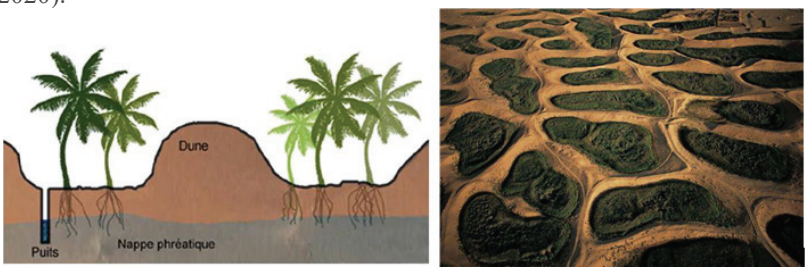


Fig. 24. Oasis en forme de cuvette ou alvéoles (Adaptée par : Bouzaher, 2015 ; Bengouga, 2019).

2.7. Oasis de gorges

Une oasis de gorges (Fig. 25) est une zone verdoyante et fertile qui se trouve dans une gorge ou un canyon, généralement dans un désert ou une région aride. Les oasis de gorges sont souvent alimentées par des sources naturelles d'eau souterraines et sont entourées de falaises abruptes (Hadagha, 2022).



Fig. 25. Oasis de gorges à Mchounech, Biskra (Source : Auteur, 2023).

3. Normes et mécanismes de l'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasis

Les oasis sont étroitement liées à la présence d'eau souterraine dans le désert (Alkama, 2005). Pour créer une oasis, il faut non seulement trouver de l'eau, mais aussi introduire des plantes, du travail et du savoir-faire. Cela nécessite des investissements importants et la transmission de connaissances à travers les générations. C'est un défi passionnant de transformer des terres arides en zones fertiles et verdoyantes (Bengouga, 2019).

Pour un saharien, l'oasis est un symbole de vie et la palmeraie lui inspire la vitalité. Le palmier est considéré comme l'arbre roi de cet environnement (Bouzaher et Alkama).

3.1. L'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasis : une biodiversité riche

L'écosystème végétal d'une oasis se déploie avec une densité et une stratification qui reflètent sa nature de véritable pépinière biologique. Cette structure en couches (Fig. 26) présente une hiérarchie végétale distinctive (Amrani, 2021). Au sommet, on trouve la strate phoenicicole, dominée par la présence majestueuse des palmiers. Ces arbres emblématiques, les palmiers, dominent le paysage, offrant de l'ombre généreuse et fournissant des dattes nutritives, une ressource cruciale dans cet environnement. Juste

en dessous, l'étage intermédiaire se présente sous forme de strate arboricole, abritant une variété d'arbres fruitiers. Ces arbres, aux formes et aux couleurs variées, enrichissent la diversité de l'oasis en offrant une gamme de fruits. Leur présence contribue également à créer un équilibre écologique au sein de cette oasis, favorisant la biodiversité. Au niveau le plus bas, la strate herbacée s'épanouit, avec une mosaïque de cultures maraîchères. Ce tapis végétal varié est le résultat d'un mélange minutieusement planifié de cultures, mettant en valeur des légumes et des plantes comestibles. Cette combinaison de cultures maraîchères représente l'ingéniosité et la persévérance de ceux qui ont transformé cette terre aride en un jardin productif et florissant (Battesti, 1999).

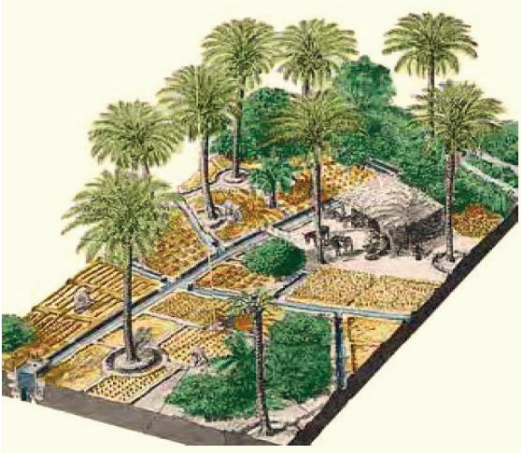


Fig. 26. Hiérarchie végétale dans une oasis à travers une structure stratifiée (Adaptée par : Bouzaher, 2015, d'après Claude Cournoyer, 2004).

L'oasis peut incarner une diversité biologique remarquable, comme en témoigne le cas du Fezzan en Libye. Cette région offre un exemple éloquent de la variété des plantes cultivées. Dans une liste détaillée des végétaux en culture au Fezzan, on n'identifie pas moins de 93 espèces différentes. Parmi elles, se distinguent 14 variétés d'arbres fruitiers, 5 autres types d'arbres, ainsi que 7 variétés d'ombellifères utilisées comme condiments. De plus, la liste comprend 9 types de céréales, environ une dizaine de variétés de

légumineuses telles que les lentilles, 6 variétés de courges et de concombres, ainsi que 4 types de cotonniers (Bengouga, 2019).

3.2. Le développement de l'infrastructure verte dans les villes traditionnelles oasis et les techniques d'exploitation de l'eau

L'entreprise de métamorphoser les étendues désertiques en zones de culture au sein du Sahara a requis la mise en place d'organisations spécifiquement dédiées à la gestion de l'eau d'irrigation, tirée de sources, de puits et de foggaras. Ces structures sophistiquées ont été mises en place pour maîtriser et distribuer avec soin la ressource hydrique précieuse nécessaire à la croissance des cultures. Outre ces approvisionnements d'eau permanents, les habitants ont également exploité avec ingéniosité les crues subites qui surviennent dans les plaines arides. Ces crues, bien que sporadiques, ont été transformées en opportunités d'élargir les surfaces irriguées. Les habitants ont su canaliser ces épisodes soudains d'abondance d'eau pour enrichir leurs champs et optimiser leur production agricole (Pérennès, 1993).

La technique des « jessour » (Fig. 27) est une approche astucieuse destinée à relever les défis environnementaux et agricoles dans les régions arides et semi-arides du Maghreb. Elle repose sur la construction stratégique de barrages le long des « talwegs » des oueds et des ravins, des zones qui collectent l'eau pendant les pluies. Les « jessour » ont un double objectif : ils captent les alluvions charriées par les eaux de ruissellement, créant des sols fertiles propices à la culture. Ces barrages retiennent également une partie de l'eau, limitant l'écoulement rapide et favorisant l'infiltration dans le sol. Cette rétention d'eau améliore l'irrigation naturelle des cultures (Ben Fraj *et al.*, 2016).

Grâce aux sols humides des « jessour », les habitants créent de petits jardins en amont des barrages de talweg, offrant un environnement propice à la culture. Les arbres fruitiers tels que les oliviers, les amandiers, les figuiers, les abricotiers et les palmiers dattiers sont cultivés, tout comme l'orge, les fèves, les lentilles, les petits pois et les pastèques. Les jardins des « jessour » sont également ensemencés avec des oignons et d'autres cultures variées. Ces jardins jouent un rôle crucial dans la limitation du ruissellement et la réduction de l'érosion causée par les pluies torrentielles. Ils protègent également les zones aménagées des risques d'inondations et favorisent la

recharge des nappes d'eau souterraines (Ben Fraj *et al.*, 2016 ; Bengouga, 2019).

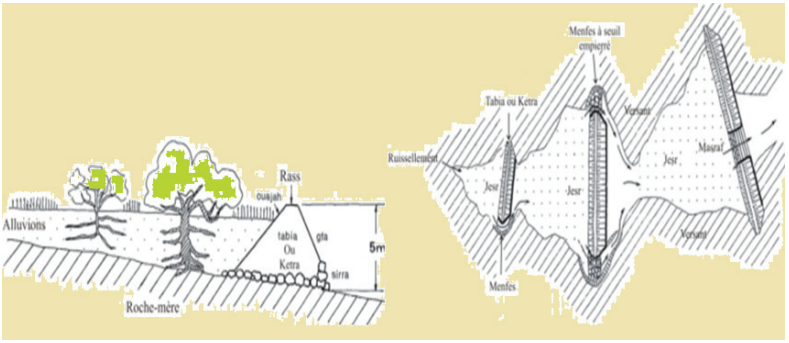


Fig. 27. Technique des Jessour (plan et coupe) et diversité végétale (Adaptée par : Ben Fraj *et al.*, 2016).

3.3. Le jardin dans les villes oasis traditionnelles : une nouvelle forme introduite

Dans les zones urbaines du Sahara, l'évolution des jardins est liée à la révolution scientifique du monde musulman entre le Xème et le XVème siècle. La maîtrise de l'hydraulique, de la botanique et du jardinage a permis la création de jardins dans des environnements arides. Ces avancées ont surmonté les défis climatiques avec des systèmes hydrauliques novateurs, notamment les qanâts (galeries drainantes souterraines). Ces galeries drainantes souterraines ont acheminé l'eau vers les jardins en ville, remodelant le paysage saharien en oasis de verdure (Bengouga, 2019).

L'aménagement des villes arabes, en particulier oasiennes, dont Marrakech, a intégré le jardin comme élément central de son développement. Les historiens médiévaux ont loué les espaces verdoyants entourant ces villes, et le modèle de la cité-jardin a été largement adopté de Damas à Marrakech. Les maisons se fondent harmonieusement dans des environnements verdoyants. Au XIe siècle, le géographe al-Qazwînî a formalisé ce concept en dessinant la cité-jardin avec un noyau urbain entouré de vergers et de cultures (El Faiz, 2001).

Le climat désertique au Maroc, en particulier à Marrakech, caractérisé par des températures élevées et une rareté d'eau, a modelé l'art des jardins dans le contexte musulman. La création de jardins et de vastes espaces verts a nécessité une compréhension approfondie de l'hydraulique, de l'agronomie et de la botanique. L'évolution des villes marocaines a montré que les jardins jouaient un rôle crucial, comme à Marrakech où les habitations semblent émerger d'un paysage verdoyant. Ainsi, le jardin est étroitement associé à la planification urbaine, adaptant les oasis de verdure aux défis du climat aride (Pordany-Horvath, 2004).

Au fil du mouvement d'urbanisation, l'art des jardins s'est développé, influençant la conception des cités andalouses et maghrébines. À Marrakech, au XIIe siècle, le « jardin à l'almohade » est né, avec ses vastes vergers, ses bassins imposants et ses éléments architecturaux liés à l'eau. Les oasis urbaines du Sahara ont également abrité d'autres styles de jardins, tels que 'Arsa, Jnân et Riyâd (Fig. 28), qui étaient d'une finesse exquise. Ces jardins ont créé des compositions sophistiquées et intimes en harmonisant l'eau, les faïences, les arbres et les fleurs (El Faiz, 2001).



Fig. 28. Jardin Riyâd (Adaptée par : Pordany-Horvath, 2004).

Les jardins les plus anciens de Marrakech, notamment l'Agdâl et la Ménara, sont des témoignages éloquents d'une grande ingéniosité dans les domaines de l'agriculture et de l'irrigation (Pordany-Horvath, 2004). Le principal architecte en charge de ces créations aurait été al-Hâjj Ya'îs. Il convient de

souligner que leur conception a requis une planification d'envergure, une gestion compétente et hiérarchisée, ainsi qu'une mobilisation colossale de ressources financières et humaines, impliquant des fonds princiers, des architectes, des ingénieurs, des spécialistes de l'hydraulique, des agronomes, des arpenteurs et des artisans. Ces jardins offrent une variété de compositions, avec une prédominance de l'olivier. En plus de cela, on y retrouve une diversité d'arbres et de plantes, tels que des orangers, des vignes, des abricotiers et des plantes aromatiques. Les palmiers et d'autres espèces végétales contribuent également à cette richesse botanique (El Faiz, 2001).

Pour commencer, le jardin de l'Agdâl (Fig. 29) a été créé par le sultan Abd El Moumen et son successeur Youssef Abou Yacoub.



Fig. 29. Jardin de l'Agdâl (Adaptée par : Pordany-Horvath, 2004).

Ce vaste verger, bordé d'oliviers et d'orangers, s'étend sur plusieurs kilomètres au sud de la ville et tire son inspiration des jardins andalous. D'autre part, la Ménara (Fig. 30), reconnue pour l'immensité de son bassin, était autrefois la propriété des sultans de Marrakech. Bien que moins étendu que l'Agdâl avec une superficie d'environ dix hectares. Il est dit que le pavillon situé au milieu des cyprès servait de lieu de rencontre entre le sultan et ses favorites. De plus, le bassin offre une vue spectaculaire où les montagnes de l'Atlas se reflètent à la surface de l'eau (Pordany-Horvath, 2004). Ces deux jardins illustrent la fusion entre l'art de la conception paysagère et la maîtrise des méthodes d'irrigation, laissant un héritage de splendeur et de fonctionnalité dans l'histoire de Marrakech.



Fig. 30. Jardin de la Ménara (Adaptée par : Pordany-Horvath, 2004).

4. Les composantes principales des écosystèmes oasiens

Les écosystèmes oasiens sont tous construits autour de ces trois éléments fondamentaux : l'eau, le palmier dattier et le ksar (pluriel : ksour) (Fig. 31).

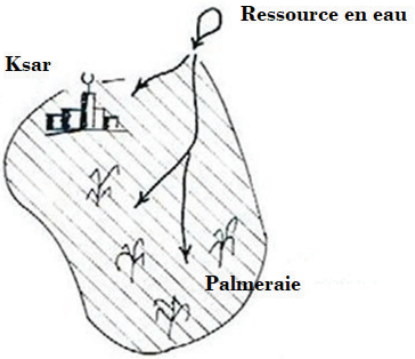


Fig. 5. La trilogie basique de l'oasis (Adaptée par : Dechaicha, 2020 d'après Côte, 2014).

Ces éléments sont interconnectés et se renforcent mutuellement pour créer un environnement viable et durable (Bouzaher, 2015 ; Dechaicha, 2020). La trilogie de l'eau, de l'habitat et du couvert végétal est une caractéristique essentielle des oasis. Bien que les formes spécifiques de ces éléments

puissent varier d'une oasis à l'autre, ils sont tous nécessaires pour soutenir la vie dans ces environnements arides (Dechaicha, 2020).

4.1. L'eau

L'eau est l'un des éléments clés de chaque écosystème oasien. Les oasis se trouvent souvent dans des zones arides et désertiques, où l'eau est rare et précieuse. Les écosystèmes oasiens ont évolué pour faire face à cette rareté d'eau, en utilisant des systèmes sophistiqués pour collecter et stocker l'eau de pluie, ainsi que des méthodes d'irrigation efficaces pour maximiser l'utilisation de l'eau tel que : foggara, puits artésien, dérivation d'Oued, etc. Le résultat est un environnement fertile et verdoyant qui peut soutenir une grande variété de plantes et d'animaux (Battesti, 2005 ; Kassah, 2009 ; Koohafkan et Altieri, 2011). Les Foggaras sont souvent utilisées dans les oasis du Touat pour l'irrigation des cultures. Les Seguia, quant à elles, sont plus courantes dans les oasis de Biskra comme système d'irrigation traditionnel (Hadagha, 2022). Il s'agit d'un canal ouvert qui transporte l'eau des sources de montagne vers les champs et les jardins de l'oasis. Les swâgî (pluriel de sêgya, les seguias) sont souvent construites en pierre et en terre et sont conçues pour maximiser l'utilisation de l'eau et minimiser les pertes (Battesti, 2005).

4.2. Le Ksar (habitat)

Un ksar est un type de village fortifié traditionnel dans les régions désertiques avec des remparts et des tours de guet. Il y a une ou plusieurs entrées monumentales pour accéder au ksar et souvent construits sur des sites plus élevés que le reste de l'oasis. Cette position stratégique est choisie pour se protéger contre les inondations et les eaux qui remontent. Les ksour sont également construits de manière défensive pour se protéger contre les ennemis.

Les ksour (pluriel de ksar) sont souvent construits en adobe et en pierre, avec des murs épais et des rues étroites pour se protéger contre les tempêtes de sable et les invasions. Les maisons sont généralement construites autour d'une cour centrale et sont souvent décorées de motifs géométriques, il y a toujours une mosquée, un espace pour les fêtes et parfois un fondouk

(hôtel). Les ksour sont souvent situés près d'une source d'eau et sont un exemple remarquable de l'architecture traditionnelle de la région.

4.3. La palmeraie : une infrastructure verte oasienne durable

4.3.1. La palmeraie : écosystème vital pour l'économie locale et la régulation du climat

La palmeraie est un lieu qui caractérise l'oasis. Elle joue deux rôles importants pour les habitants, elle offre des revenus et un bioclimat favorable, ce qui a conduit les oasiens à être intéressés par la production agricole comme un élément essentiel dans leurs vies (Belguidoum, 2002). Elle protège, nourrit et offre des matériaux utiles comme le bois d'œuvre et la corderie (Hadagha, 2022). Pour répondre aux contraintes environnementales, l'oasis a réussi à se développer dans un environnement désertique grâce à une structure sociale et écosystémique unique. Les habitants de l'oasis pratiquent une agriculture intégrée avec la superposition de trois strates, qui crée l'effet oasis (Fig. 32), ce qui offre les conditions microclimatiques nécessaires à la vie oasienne sont convenablement offertes grâce à la protection du palmier, notamment une évapotranspiration moindre, il y a une projection d'ombre, une protection contre l'ensablement et un brise-vent. Tout cela contribue à créer un environnement propice à la vie dans le désert (Bouzaher, 2015 ; Dechaicha, 2020 ; Raddo, 2023).

L'effet oasis est un microclimat interne à l'oasis qui est créé sous la protection du palmier. La lumière, la chaleur et l'humidité résultante sont des facteurs clés qui permettent aux habitants de cultiver une grande variété de cultures et d'élever du bétail dans un environnement qui serait autrement hostile aux activités agricoles (Raddo, 2023). L'oasis traditionnelle se distingue par la superposition de trois étages végétaux créant l'effet d'oasis (Bouzaher, 2015 ; Raddo, 2023) :

- **La strate arborée :** le palmier dattier qui peut atteindre une hauteur de 15 à 30 mètres. Les feuilles du palmier filtrent les rayons du soleil, ce qui permet d'éviter une trop forte évapotranspiration en raison des fortes chaleurs et de l'air très sec.

 La strate arbustive : la partie intermédiaire de l'oasis est constituée de vignes accrochées aux palmiers. Ensuite, il y a les arbres fruitiers tels que les pêchers, les pommiers, grenadiers et les orangers, etc.

 La strate herbacée : la dernière partie de l'oasis est constituée des céréales d'hiver et d'été (blé, maïs, orge, sorgho, etc.), de plantes basses, comme la luzerne, sont cultivées pour le fourrage, ainsi que des plantes aromatiques et médicinales, en plus de cela, il y a aussi le maraîchage (olives, navets, courges, piments, tomates, pommes de terre, haricots, oignons, carottes, etc.), qui offre une grande variété de cultures oasiennes. Les troupeaux sont nourris avec les plantes fourragères, et leur fumier est utilisé pour maintenir la fertilité des sols.

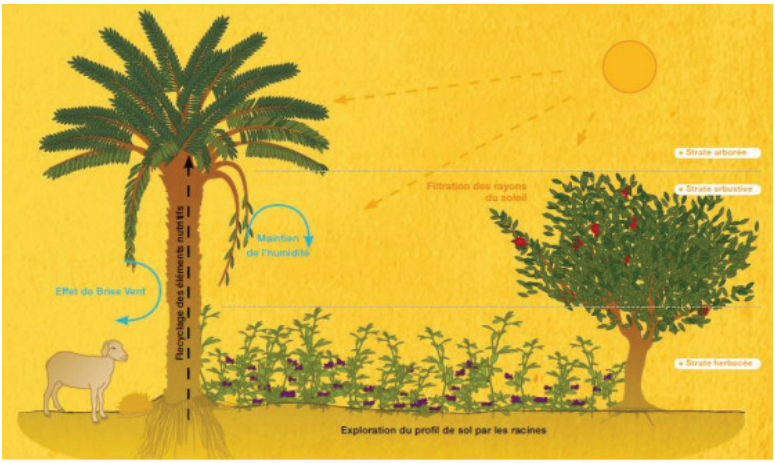


Fig. 6. Fonctionnement de l'effet oasis pour créer un microclimat interne à l'oasis (Source : Raddo, 2023).

4.2.2. La palmeraie : un écosystème en faveur de l'écologie durable

Les hachures de palmes sont intégrées dans le processus de fabrication des briques en terre (toub) afin de renforcer leur structure et d'améliorer leur résistance ainsi que leur durabilité. Parallèlement, les troncs de palmiers jouent un rôle essentiel dans la construction des habitations traditionnelles au Sahara (Fig. 33). Ils sont utilisés à la fois pour la couverture des toitures

et pour le soutien structurel de celles-ci. Ces troncs offrent une excellente combinaison de légèreté et de solidité, ce qui les rend idéaux pour créer des structures capables de résister aux conditions environnementales rigoureuses. De plus, ils sont également utilisés pour créer des ouvertures dans les bâtiments, ainsi que pour canaliser et évacuer les eaux pluviales (Chaouche Bencherif, 2007).



Fig. 7. Divers usages des palmiers : linteaux, poutres, clôtures et faux plafonds (Source : Auteur, 2024).

Les feuilles de palmier ne sont pas en reste. Elles jouent un rôle essentiel dans la fabrication de divers objets familiers. Les feuilles sont tissées pour créer des toits pour les maisons et les abris, offrant une protection contre les éléments naturels tels que le soleil brûlant et les tempêtes de sable. De plus, les feuilles de palmier peuvent également être transformées en divers objets du quotidien, tels que des nattes, des paniers, des chapeaux et même des sacs (Fig. 34). L'approche du recyclage est présente grâce aux différentes transformations, de la base du tronc à la pointe des palmes (Bouzaher, 2015).

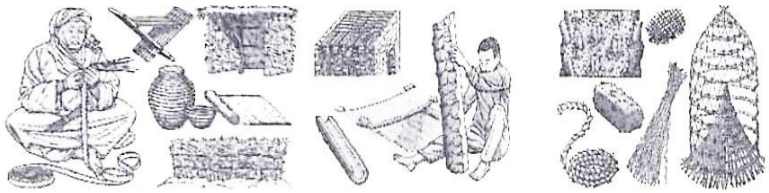


Fig. 34. Le palmier est réutilisé et transformé en objets du quotidien (Adaptée par : Bouzaher, 2015 d'après Perrière, 1995).

La sélection judicieuse de matériaux locaux et écologiques, parmi lesquels le palmier joue un rôle essentiel, les maisons traditionnelles oasiennes se distinguent par leur faible consommation énergétique et leur grande respectabilité envers l'environnement (Hadagha, 2022).

Il convient de souligner que l'exploitation du bois de palmier est menée de manière durable, étant donné qu'elle se concentre sur la récolte des troncs de palmiers non productifs (Hadagha, 2022 d'après Guedria *et al.*, 2014).

La palmeraie joue des rôles écologiques variés qui vont au-delà de sa simple présence. Elle agit comme un rempart contre l'avancée du désert, freine la progression des vents violents et contribue à limiter la prolifération des cigales. En tant que stabilisateur et régulateur naturel des cultures, cet arbre emblématique retient efficacement la terre et l'eau sur les pentes, agissant comme une barrière naturelle. De plus, il améliore significativement la rétention d'eau dans les sols asséchés et influence positivement les conditions climatiques du milieu environnant, contribuant ainsi à créer un environnement de vie plus agréable et durable (Bouzaher, 2015).

4.2.3. La palmeraie : un socle de la durabilité sociale

Le palmier-dattier occupe une place prépondérante au sein de la vie des habitants, revêtant un rôle d'une importance capitale. Sa présence assure une stabilité sociale au sein des populations résidant dans ces oasis. Cette stabilité contribue non seulement à la préservation des connaissances et des compétences traditionnelles, mais aussi à une utilisation responsable et durable des ressources naturelles. Ces ressources incluent notamment l'eau, qui est gérée avec sagesse grâce aux techniques d'irrigation ancestrales, ainsi que la biodiversité, qui est prise en compte dans le choix de variétés végétales adaptées à l'environnement, De plus, un palmier dattier offre un choix de vie spécifique qui résulte de la nature même de son environnement. Par exemple, le nomadisme, une gestion particulière de l'espace et de ses ressources (Bouzaher et Alkama, 2011). Cependant, il est important de noter que le nomadisme ne signifie ni une absence de lien avec le territoire, ni un manque d'attachement social envers ces espaces. Au contraire, ces modes de vie imposés par les conditions environnementales renforcent souvent les liens sociaux et culturels des communautés avec leur environnement (Bouzaher, 2015).

4.2.4. La palmeraie : un rôle central dans la durabilité urbain

Au niveau de la configuration globale, la palmeraie s'étendait sur d'immenses superficies, conférant ainsi à cet espace une fonction de toit-terrain. Sous cette étendue, se développaient les arbres fruitiers qui trouvaient un abri et une protection. La conception architecturale des constructions prenait en compte cette caractéristique naturelle. En effet, les bâtiments étaient érigés avec une hauteur qui ne dépassait pas celle de la palmeraie environnante. Cette disposition permettait aux édifices de se fondre harmonieusement dans le paysage tout en étant préservés des aléas climatiques tels que les intempéries et les vents. La palmeraie agissait comme un bouclier naturel, créant un environnement plus favorable pour les habitations et les espaces de vie (Bouzaher et Alkama, 2011).

Conclusion

En refermant les pages de ce chapitre dédié aux infrastructures vertes oasiennes et à leurs stratégies durables, il est clair que ces oasis ne se résument pas simplement à des mirages verdoyants au milieu des déserts arides. Au contraire, elles incarnent des leçons profondes sur la manière dont l'homme peut coexister en harmonie avec la nature, même dans des environnements apparemment hostiles.

Chaque étape de ce voyage a contribué à tisser un récit complexe et captivant. Des définitions initiales aux classifications minutieuses des divers types d'oasis, nous avons découvert comment ces lieux uniques manifestent la persévérance humaine et la faculté d'adaptation. Chaque variation géographique a généré des communautés qui ont appris à exploiter les ressources naturelles avec ingéniosité et prudence.

L'exploration des normes et mécanismes de l'infrastructure verte au sein des villes oasiennes traditionnelles a révélé une véritable symphonie entre l'urbanisme et la nature. Elle a également montré comment la durabilité est tissée au cœur de chaque aspect de la vie oasienne. La présence de la nature dans les oasis, soigneusement intégrée dans l'urbanisme, témoigne de la sagesse des communautés locales qui ont su exploiter les ressources naturelles de manière responsable.

L'évolution des oasis traditionnelles en centres urbains durables révèle la capacité d'adaptation des sociétés aux changements environnementaux, tout en préservant leur patrimoine naturel et culturel. L'introduction de jardins et d'espaces verts dans les oasis montre une volonté croissante d'associer le bien-être humain à la préservation de la biodiversité. L'histoire des oasis est ainsi devenue le reflet d'une alliance durable entre l'homme et son environnement.

L'eau, élément vital, et la palmeraie, symbole emblématique des oasis, se révèlent comme des piliers de la durabilité économique, environnementale et sociale. Leur rôle dans la régulation du climat, la création d'écosystèmes équilibrés et la stimulation de l'économie locale montre comment les infrastructures vertes oasiennes ne sont pas de simples luxes esthétiques, mais des éléments cruciaux pour un développement équilibré et respectueux de l'environnement.

En fin, ce chapitre nous offre une perspective renouvelée sur les oasis et leur signification profonde. Plus qu'un simple décor, les oasis sont des écosystèmes en interaction constante avec les dynamiques humaines et naturelles. Elles inspirent une réflexion sur la façon dont nous pouvons créer des environnements urbains durables qui s'épanouissent en harmonie avec la nature. Les oasis nous rappellent que le respect et l'intégration de la nature sont les fondements d'un avenir durable pour nos villes et notre planète tout entière.

PARTIE CONTEXTUELLE

Chapitre 1. Contexte physique, humain, historique et urbain de la ville de Biskra

Introduction

Au milieu de l'immensité du Sahara, une région se distingue par sa richesse culturelle, son patrimoine historique et ses caractéristiques physiques uniques : Biskra. Au fil des siècles, ce paysage a été le témoignage silencieux d'un profond changement, où les forces naturelles et les aspirations humaines ont fusionné pour créer un lieu unique. A travers ce chapitre, notre exploration nous mènera au cœur de cette ville en constante évolution, où chaque recoin du paysage et chaque niveau de la société révèle une histoire fascinante et de nouvelles opportunités.

Nous commencerons par examiner les caractéristiques physiques qui définissent la personnalité de Biskra. Le panorama qui s'étend devant nous va bien au-delà de la composition du territoire et de la géologie, c'est une écologie complexe où la géographie façonne l'atmosphère, où la géologie raconte des secrets enfouis au fil des siècles. Là où le temps porte son rythme incessant, nous interpréterons les changements de température qui dominent la vie quotidienne, les douces pluies qui déplacent la terre et les vents tourbillonnants qui tissent des histoires dans les collines du désert. La climatologie n'est pas seulement une découverte scientifique, mais une compréhension plus approfondie de la relation complexe entre l'homme et la nature, entre la société et son écosystème.

L'hydrologie, comme le fil conducteur de la région, est au cœur de l'histoire. Rivières et canaux, aquifères souterrains et oasis luxuriantes convergent tous vers la question centrale de l'eau. C'est la source de la vie, le moteur de l'activité humaine et le cœur battant du développement durable. L'exploration des plans d'eau nous permet de comprendre non seulement comment Biskra a prospéré au fil des siècles, mais aussi comment elle anticipe et se prépare à relever les défis à venir.

La démographie de Biskra est en constante évolution et se présente comme un miroir reflétant les vagues du temps. Les mouvements de population, les migrations et la mobilité sociale sont retracés implicitement, reflétant un chevauchement de pluralisme et d'aspirations. En entrant dans les récits du

passé, nous tenterons de parcourir les époques et les évolutions qui ont contribué à façonner la Biskra que nous connaissons aujourd'hui.

Le cadre de ce chapitre brille de l'éclat de l'histoire culturelle riche et fascinante de Biskra, où les récits du passé se confondent harmonieusement avec les visions du futur. Les héritages des différentes époques, du précolonial au colonial, de l'indépendance à l'ère moderne, fournissent un ensemble complexe d'influences qui façonnent une image vivante et nuancée de la ville. L'histoire de Biskra s'avère être le miroir des courants sociaux, des textures culturelles et des changements économiques qui ont marqué le cours de son développement. A travers cette étude, nous comprenons la richesse historique, environnementale, sociale et économique de Biskra. Cela nous permet de trouver les bonnes solutions pour un avenir prospère et de préserver son identité unique.

En définitive, la richesse culturelle et historique de Biskra explorée dans ce chapitre nous guide vers une appréciation plus complète et plus éclairée de cette ville unique. En comprenant les multiples dimensions qui la composent, nous sommes mieux équipés pour trouver des réponses innovantes et durables et pour façonner un avenir qui intègre harmonieusement le patrimoine de Biskra et ses aspirations dans cette nouvelle ère émergente.

1. Motivation et critères de choix de la région

La recherche centrée sur la ville de Biskra trouve sa motivation dans une série de raisons profondes et pertinentes. Chacune de ces raisons contribue à définir l'importance et la pertinence de cette démarche de recherche spécifique.

1.1. Un héritage historique

Biskra est une ville ancienne qui a connu de nombreux changements au fil des siècles. Pendant l'époque romaine, la ville était connue sous le nom de Vescera et était un important centre commercial. Plus tard, pendant la période médiévale, la ville a été conquise par les Arabes et est devenue un centre de l'islam en Afrique du Nord. Au 19ème siècle, la ville a été colonisée par les Français, qui ont construit de nombreux bâtiments coloniaux et ont transformé la ville en un lieu de villégiature populaire

(Balhi, 2011). De nos jours, Biskra est une ville moderne avec une culture unique et de moments historiques qui s'entrelacent pour former l'essence même de cette cité vibrante et captivante.

1.2. Une situation stratégique

Biskra, également connue sous le nom évocateur de « porte du désert », occupe une position géographique privilégiée au sein de l'Algérie. Cette situation stratégique confère à la ville une importance capitale, non seulement sur le plan local mais aussi à l'échelle régionale et internationale. Nichée le long de la route nationale principale, elle établit un lien vital entre le nord de l'Algérie et les vastes étendues désertiques du Sahara, tout en offrant une voie d'accès vers les contrées du sud de l'Afrique. L'importance géographique de Biskra en tant que point de convergence entre le nord et le sud a tracé les contours de son destin économique et commercial. Les flux de personnes, de marchandises et de cultures traversent ses rues animées, faisant d'elle un carrefour incontournable des échanges et des interactions humaines. En effet, la ville a su exploiter habilement cette position stratégique pour devenir un « hub » commercial majeur de la région. La route nationale qui traverse Biskra est bien plus qu'une simple artère de circulation. Elle symbolise une passerelle entre deux mondes distincts, entre le dynamisme urbain du nord et la majesté silencieuse du désert. Cette dualité se reflète dans le tissu même de la ville, où les influences culturelles, les traditions et les opportunités commerciales fusionnent pour créer une ambiance unique et captivante. La contribution de Biskra à l'économie régionale est indéniable. Son rôle en tant que centre commercial majeur a nourri son développement (Farhi, 2002).

1.3. Un milieu physique fragile

La ville de Biskra se trouve confrontée à des défis contemporains majeurs liés à son développement urbain. L'urbanisation non maîtrisée a entraîné des risques et des problèmes récents tels que la remontée des eaux souterraines et les inondations, qui ont mis en évidence la vulnérabilité des écosystèmes oasiens. La fragmentation de l'espace, la pollution, le rétrécissement de l'espace agricole et la dégradation de l'environnement ont également contribué à menacer l'équilibre et le fonctionnement naturels des écosystèmes oasiens, ce qui entraîne une perte progressive des identités oasiennes. Pour cette raison, il est important que la région fasse l'objet d'une

surveillance continue de l'environnement et de recherches scientifiques approfondies pour répondre aux besoins de la population sont autant de préoccupations essentielles qui justifient une recherche approfondie et ciblée.

2. Contexte Physique

2.1. Contexte saharien

Le Sahara algérien est l'un des plus grands déserts du monde, couvrant de 2 millions de km². Il contient une richesse en paysages et en ressources naturelles qu'il présente, et il y a environ 3 millions de personnes qui y habitent (Kouzmine, 2007).

Dans le Sahara algérien, il y a trois parties distinctes (Fig. 35) : le Sahara de bas, le Sahara de l'Ouest et le Sahara Touareg. Biskra est situé dans le Sahara de bas, qui est la partie centrale de l'Algérie, tandis que le Sahara de l'Ouest est situé dans la partie ouest de l'Algérie et le Sahara Touareg est situé dans la partie sud-est de l'Algérie (Kouzmine et Fontaine, 2018).

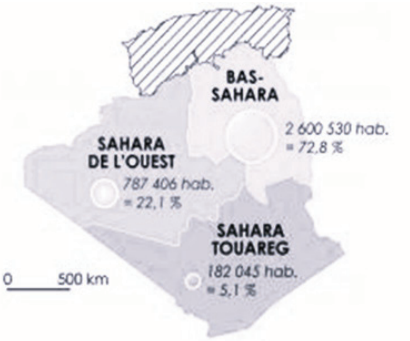


Fig. 35. Les trois divisions du Sahara algérien (Adaptée par : Kouzmine et Fontaine, 2018).

Bien que l'aridité soit une caractéristique majeure de toutes les régions désertiques, ces régions ne sont pas climatiquement uniformes. Leur niveau d'aridité dépend de la quantité de précipitations qu'elles reçoivent. Les biogéographes ont classifié le Sahara en trois domaines bioclimatiques : le semi-aride, correspond à une pluviométrie entre 100 et 300 mm ; l'aride,

entre 50 et 100 mm ; l'hyperaride, moins de 50 mm (Monod, 1992). Les modes de peuplement, la flore, la végétation et la couverture des sols sont des paramètres qui contribuent à la discrimination de chaque domaine désertique. Le Sahara algérien est un exemple fascinant de la diversité de ces régions (Dechaicha, 2020).

Les villes sahariennes ont été construites pour servir de relais sur les axes caravaniers et ont pris la forme de villes-oasis. La palmeraie et l'eau ont permis cette fonction. Récemment, la découverte de ressources en eau profonde a créé un mouvement de renouveau de l'agriculture saharienne et le dédoublement des surfaces cultivées (Hadagha, 2022).

2.2. Situation

Biskra est une ville historique située à 470 km de la capitale Alger. Elle est le chef-lieu de la wilaya de Biskra (Fig. 36) portant son nom et la microcapitale du pays des Ziban qui se localise au Sud Est algérien. Cette ville, la plus grande du Sud algérien, s'étend sur une superficie communale de 127,53 km² et est considérée comme une oasis connue pour sa production agricole, en particulier les dattes (Dechaicha, 2020), Elle est limitée :

- Au Nord par les communes de Branis et El Outaya.
- A l'Est par la commune de Chetma.
- Au Sud par les communes d'Oumache et Sidi Oqba.
- A l'Ouest par la commune d'El Hadjeb.

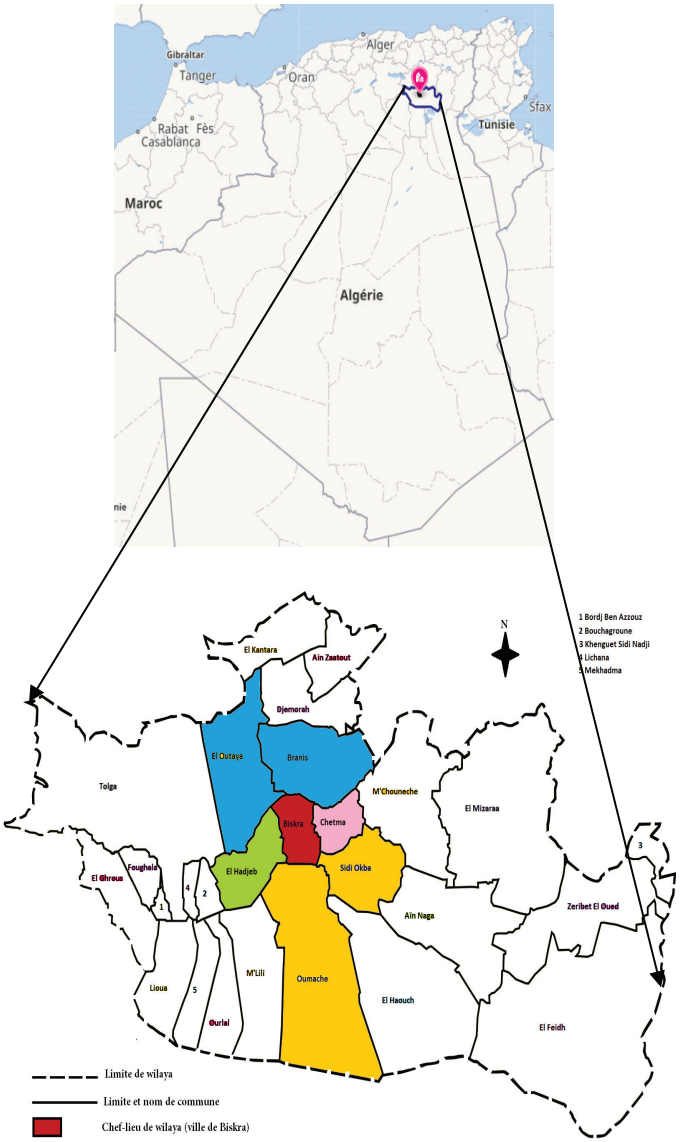


Fig. 36. Localisation de la ville de Biskra/ Wilaya de Biskra/ Algérie (Adapté par : Gifex, 2023).

Elle est localisée sur les coordonnées suivantes : latitude (34° 80′ 00″ Nord) ; longitude (5° 73′ 00″ Est) ; Altitude : 87 m (Striti, 2013).

Topographiquement, La ville de Biskra se situe à la limite entre deux zones naturelles opposées, limitée par un relief montagneux de l'Atlas Saharien au Nord et de la chaîne du Zab à l'Ouest qui forment une cuvette (Fig. 37) avec une topographie réduite progressivement du nord vers le sud qui permet la facilité de l'extension urbaine est possible dans toutes les directions, sauf vers le Nord, en raison de la présence d'une topographie accidentée (Fig. 38).



Fig. 37. Site d'implantation de la ville de Biskra (Source : Google Earth, 2023).

Elle contient deux oueds : Oued Biskra à l'Est et Oued Z'Mor à l'Ouest qui traversent la ville (Striti, 2013 ; Dechaicha, 2020). La composition géologique de Biskra ajoute à sa richesse naturelle. Environ 80% de son territoire est couvert de plaines argilosablonneuses, formant ainsi la majeure partie de son assise géologique. Cette caractéristique contribue à la malléabilité du terrain et joue un rôle déterminant dans le façonnement du tissu urbain. Les 10% de zones de piémont et de zones de relief, situées principalement dans la partie nord de la ville, ajoutent une diversité topographique qui influence les options d'aménagement et d'extension urbaine (Bouzahzah, 2015).

Géographiquement, elle est localisée sur les coordonnées suivantes : latitude (34° 80′ 00″ Nord) ; longitude (5° 73′ 00″ Est) ; Altitude : 87 m (Striti, 2013).

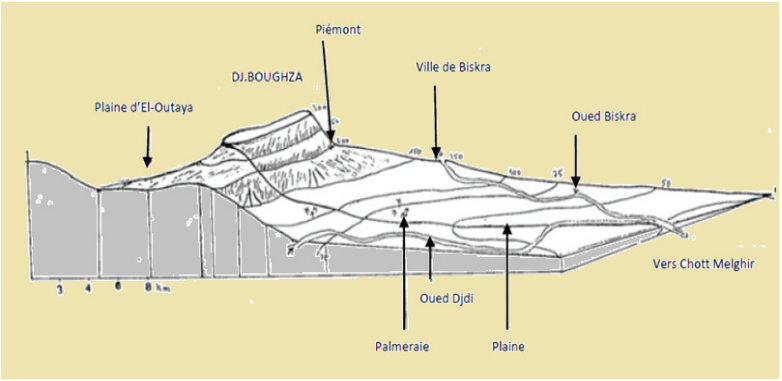


Fig. 38. Coupe topographique de la ville Biskra (Adaptée par : Bouzahzah, 2015, d'après carte topographique de Biskra).

2.3. Climat

La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones (Fig. 39), Biskra appartient à la zone D de la classification climatique en Algérie, qui est caractérisée par un climat aride avec une forte intensité de rayonnement solaire et une faible humidité. La période froide est courte avec des journées modérées et des nuits très froides. L'été est très chaud et rigoureux, avec des températures pouvant atteindre 45°C à l'ombre et des vents intenses de siroco (Mazouz, 2004). En général, Biskra est caractérisée par un climat chaud et aride (Sriti, 2013).

2.3.1. Température

En été, Biskra est l'une des villes les plus chaudes du monde, avec des températures qui peuvent atteindre près de 50°C. Les nuits à Biskra sont également très difficiles en raison de la configuration géographique de la ville. Nichée dans une vaste serre naturelle, la chaleur accumulée tout au long de la journée n'a que peu d'occasions de se dissiper la nuit. Cette particularité contribue à maintenir des températures relativement élevées

même pendant les heures nocturnes, ajoutant ainsi à l'intensité de l'environnement thermique de la région (Hadagha, 2022).

Les données météorologiques (Tableau 3) fournissent un aperçu précieux des conditions climatiques à Biskra, permettant de saisir les fluctuations et les tendances des températures sur une période de plusieurs années moyennes mensuelles à Biskra entre 2012 et 2022. D'après les variations de ces températures, il est généralement constaté que le mois de janvier est le plus froid, avec une température moyenne de 11,3°C en 2017, tandis que les mois de juillet et août sont les plus chauds, avec une température moyenne de 37,1°C en 2018 et 36,7°C en 2021. L'analyse de ces données météorologiques offre une perspective essentielle pour comprendre les caractéristiques climatiques de Biskra. Les températures moyennes annuelles varient de 20 à 30°C, ce qui indique que le climat est chaud (De Herde et Liébard, 2005).

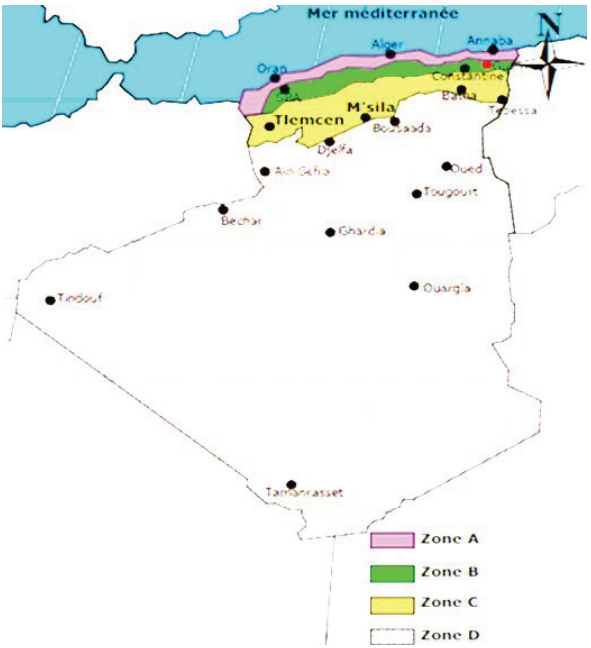


Fig. 39. Classification du climat en Algérie (Adaptée par : Mazouz, 2004).

Tableau 3. Température mensuelle moyenne et annuelle en c° entre 2012 et 2022 (Auteur à base de données collectées de Infoclimat, 2023).

Mois / Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total annuel en c°
01	12	14.6	13.1	11.6	13.4	11.3	13.9	12.1	12.8	13.3	11.9	
02	11.6	12.7	15.2	12.6	15.2	15.7	12.4	13.3	16.7	16.5	15.1	
03	17.1	18.3	16.4	16.2	17.3	19.1	17.6	16.9	17.9	17	17.4	
04	21.3	22	22.8	22.5	22.7	21.7	22	20.9	22.2	22.2	21.4	
05	26.6	26	26.5	27.5	26.4	28.3	25.1	24.4	27.7	27.2	27.3	
06	33.7	29.3	30	30.9	31.5	32.1	29.9	33.9	31.8	35	35.3	
07	36.1	34	34.2	33.7	34.5	35	37.1	35.5	34.8	36.1	36	
08	35.7	32.1	34.5	34.2	33.1	34.3	32	35.1	35.5	36.7	35.3	
09	29.5	29.8	31.2	29.5	29.1	28.3	31.3	29.9	29	32	32.5	
10	24.9	26.2	25.6	23.6	25.8	22.8	22.8	24.7	22.8	23.7	25.6	
11	18.4	17.5	18.7	18.1	17.5	16.4	17	15.9	19.1	16.8	19.1	
12	13.1	12.7	13.2	12.9	14.6	12.5	13.8	15.4	13.6	13.2	15.7	
23.33	22.93	23.45	22.77	23.42	23.12	22.90	23.16	23.65	24.14	24.38		

2.3.2. Précipitation

Selon le Tableau 4, la ville de Biskra connaît une faible quantité de précipitation, le cumul annuel maximum de précipitation a atteint 143 mm/an en 2016 et 112,9 mm/an en 2018. Le cumul a progressivement diminué ces dernières années, atteignant 41,2 mm/an. Les périodes sèches sont relativement longues, pouvant s'étendre sur 8 mois de l'année, comme en 2012.

Tableau 4. Précipitation mensuelle moyenne et annuelle en mm entre 2012 et 2022 (Source : Auteur à base de données collectées d'Infoclimat, 2023).

Mois / Année	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total annuel (mm)
2012	0	0	6	4	0	0	0	0	3	84	0	0	97
2013	0	0	0	0	0	20	0	13	3	40	0	15	91
2014	8	4	15	0	2	3	0	0	26	1	2	0	61
2015	0	17	28	0	2	0	0	4	22	34	4	0	111
2016	0	0	3	68	19	0	0	0	30	0	21	2	143
2017	1	0	5	13	0	2	1	0	9	10	0	4	45
2018	0	7	12	0	49	0	0	1	17	26.9	0	0	112.9

2019	1.4	0.2	9.2	31.6	17.4	0	0.8	7.2	16.8	0.6	7.7	2.2	95.1
2020	1.7	0	12.8	25.2	16.4	2.4	0.4	0	16	0	0.2	5	80.1
2021	0.2	0	2.2	10.4	14.8	1.4	0	1.2	7.1	4	5.2	2	48.5
2022	0	8	8.4	3.2	0	0	1.2	0	4.8	1.4	0	14.2	41.2

2.3.3. Humidité relative

L'humidité relative est un paramètre climatique crucial qui peut grandement influencer la perception de confort et les conditions environnementales d'une région donnée. Le climat est sec lorsque l'humidité relative est inférieure à 55% et il est humide lorsqu'elle est supérieure à 55% (De Herde et Liébard, 2005). Selon les données météorologiques du Tableau 5, qui présentent les humidités relatives mensuelles et annuelles à Biskra entre 2011 et 2021, nous avons observé que le taux d'humidité annuel est toujours inférieur à 55%, avec des taux plus élevés de 47,62 % en 2013 et de 46,88 % en 2018, ceci indique que le climat à Biskra est généralement sec, avec en général 4 mois humides chaque année et le reste sec.

Tableau 5. Humidité relative moyenne mensuelle et annuelle (%) entre 2011 et 2021 (Source : Auteur à base de données collectées de Nasa Power, 2023).

Mois / Année	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total annuel (%)
2011	62.19	60.75	56.56	48	45.94	41.19	29.75	29	39.06	57.81	63.69	67.25	50

2012	64.62	60.06	50.62	47.75	35.69	26.94	22.56	23.31	37.06	45.56	63.12	64.56	45.12
2013	64.81	59.62	54.12	44.12	40.94	30	29.62	31.69	44.19	45.44	59.38	68.19	47.62
2014	64.88	58.88	56	39.19	37.75	34.06	24.56	26.62	37.5	40.69	53.75	70	45.25
2015	64.44	62.31	49.31	33.19	29	31.56	23.25	34.88	42.38	54	58.94	57.62	45
2016	59.75	55	45.88	42.75	33.88	30.06	25.31	29.38	39.88	46.25	58	70.19	44.62
2017	67.69	54	41.19	44.31	37.31	33.25	24.25	25.12	37.5	49.94	52.06	68.69	44.56
2018	60.62	61.12	53.38	41.94	44.12	31.12	20.69	37.19	36.44	54.25	59.94	62.75	46.88
2019	68.94	52.69	43.62	47	42.19	24.56	23.81	29.44	47.94	49.44	64.06	63.75	46.44
2020	60.69	46.12	56.38	55	37.81	32.62	27.56	24.94	48.69	41.31	57.38	67.06	46.25
2021	63.38	51.5	47	41.56	39.88	27	20.31	20.75	32.06	46.44	62	65.5	43.06

2.3.4. Vents

Les vents dominants à Biskra soufflent du Nord-Est en hiver et du Sud-Ouest en été (Fig. 40), avec des vitesses moyennes variant de 2,8 m/s à 6,08 m/s, et une vitesse moyenne annuelle maximale de 5,94 m/s enregistrée en 2019 (Tableau 6).

Tableau 6. Vitesse moyenne mensuelle et annuelle en (m/s) entre 2011 et 2021 (Source : Auteur à base de données collectées de Nasa Power, 2023).

Mois / Année	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total annuel m/s
2011	4.30	5.21	4.66	3.85	4.22	3.68	5.14	4.05	3.51	4.16	4.79	4.255	5.15
2012	5.74	4.92	5	3.99	4.72	3.78	3.46	3.71	4.45	4.18	4.14	3.58	5.73
2013	5.61	4.64	4.51	5.1	5.43	4.58	4.04	3.91	3.79	3.23	4.50	4.27	5.56
2014	4.51	4.96	5.19	4.49	3.99	4.30	4.48	3.68	3.64	4.94	4.79	5.13	5.17
2015	5.23	5.33	5.23	4.31	4.73	4.62	3.14	3.88	3.45	3.81	4.67	1.68	5.24
2016	4.66	4.3	4.67	4.19	5.05	4.01	4.17	4.54	3.95	3.50	4.08	4.52	5.05
2017	4.29	5.13	5.03	4.59	4.08	4.08	4.21	2.87	5.14	2.8	5.64	3.35	5.60
2018	4.36	3.56	4.61	4.55	5.15	4.22	4.12	3.37	3.6	4.49	4.2	4.34	5.08
2019	6.08	5.22	3.58	4.98	4.14	4.39	4.71	3.38	4.375	4.83	5.45	4.85	5.94
2020	5.16	3.84	4.97	5.06	4.34	4.36	3.82	3.6	4.79	4.06	4.57	4.70	5.14
2021	4.15	4.86	4.09	4.97	3.98	4.55	3.89	4.11	3.73	3.61	4.92	4.57	4.85

Biskra est caractérisée par un vent chaud et sec appelé le sirocco, qui est assez rare. Il est au minimum en hiver et au maximum en été, avec les fréquences les plus fortes enregistrées pendant les mois de juin, juillet et août (Bouzahzah, 2015).

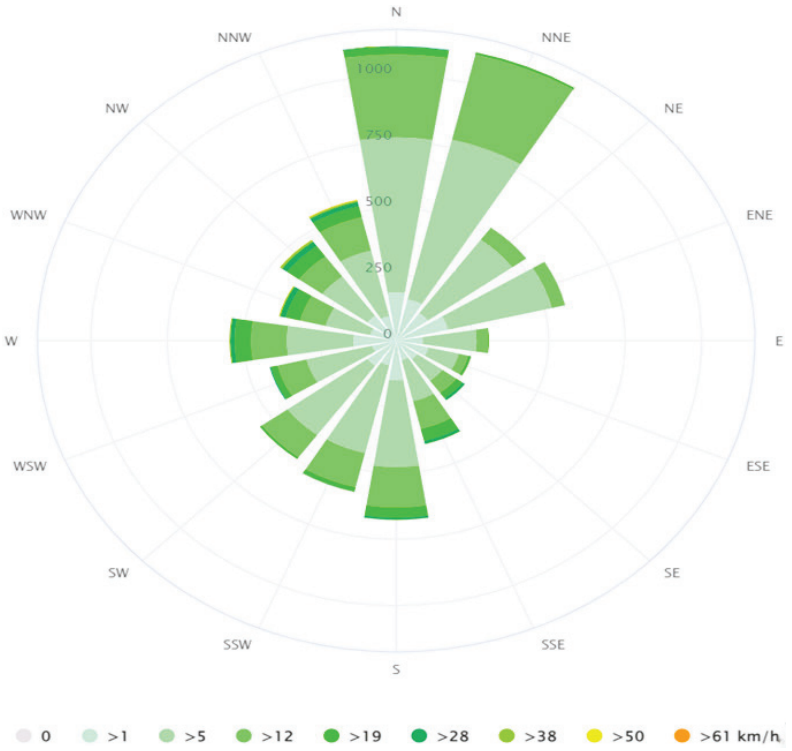


Fig. 40. La Rose des vents pour Biskra montre combien d'heures par an (Adaptée par : Meteoblue, 2023).

2.4. Hydrologie et ressources en eau

2.4.1. Hydrographie

Il est clair que les ressources en eau sont essentielles pour le développement économique et social de la région. Biskra est en effet bien pourvue en ressources en eau de surface, avec l'Oued Biskra qui traverse la ville du Nord au Sud, et qui est alimenté par de nombreux affluents collectant les

eaux de ruissellement du Sud-Ouest des Aurès. Les deux artères principales de la ville, l'Oued Abdi et l'Oued El Haï, rejoignent également l'Oued Biskra pour finalement se déverser dans le Chott Melghir (Fig. 41). Biskra fait partie du bassin versant du Chott Melghir et plus précisément du sous-bassin d'Oued Djedi, qui s'étend sur 2246 km Biskra fait partie du bassin versant du Chott Melghir et plus précisément du sous-bassin d'Oued Djedi, qui s'étend sur 2246 km^2 (Bouzahzah, 2015).

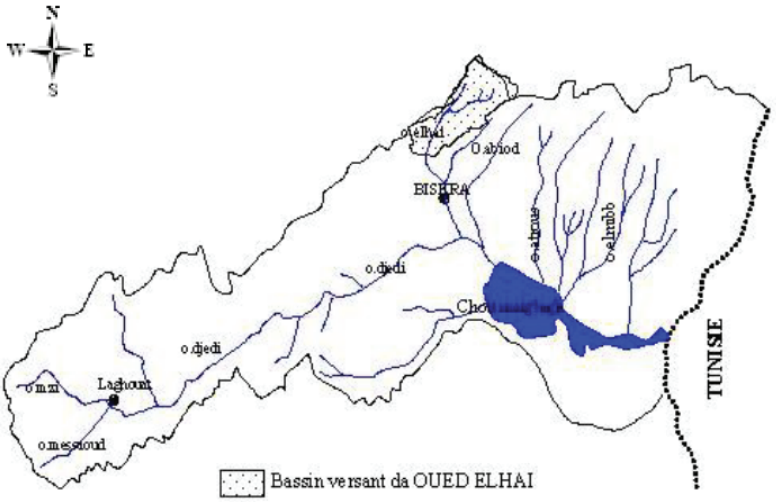


Fig. 41. Réseau hydrographique de la région de Biskra (Adaptée par : Bouzahzah, 2015 d'après agence régionale des ressources hydrauliques, 1992).

2.4.2. Hydrogéologie

Il est intéressant de noter que la série d'explorations géophysiques entreprises depuis le début du XXe siècle dans le désert algérien à la recherche de gisements de pétrole a conduit à la découverte d'énormes réserves d'eau dans le sous-sol du désert algérien (Fig. 42). Ces réserves sont considérées comme de grandes « mères » souterraines et sont parmi les plus importantes au monde. Les importantes réserves d'eau souterraines dans le désert algérien ont été formées grâce à la logique morphogénétique de l'évolution lithologique au-dessus de la plateforme saharienne.

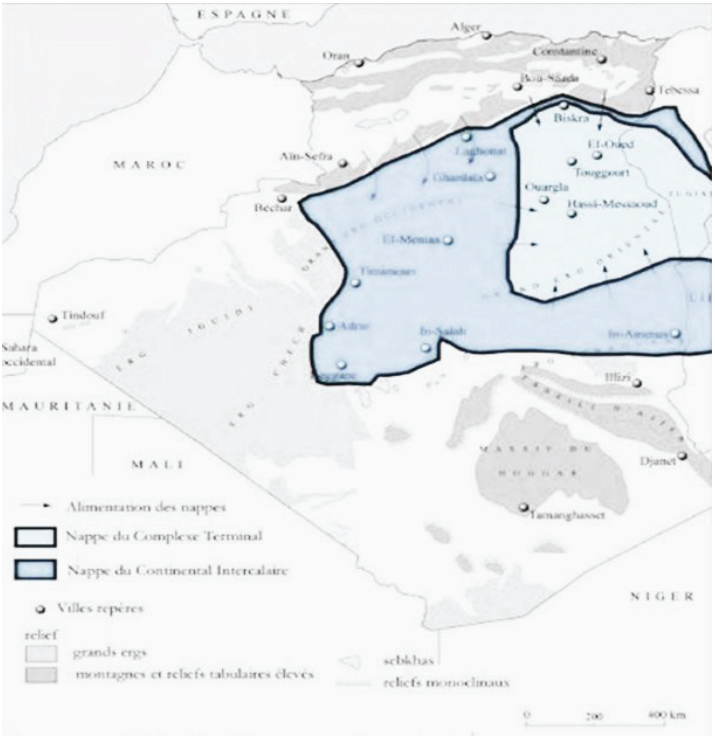


Fig. 42. Ressources hydrogéologiques de la région de Biskra (Adaptée par : Kouzmine, 2012).

Les couches perméables et imperméables ont permis la formation d'importants aquifères (Harouadi *et al.*, 2007 ; Dechaicha, 2020), Ces aquifères ont engendré des ressources en eaux souterraines dans la ville de Biskra, comprenant les trois nappes phréatiques (Bouzahzah, 2015) :

 La nappe phréatique : est une nappe superficielle souvent très salée située entre 3 et 20 mètres de profondeur. Elle est alimentée par les précipitations, par l'infero-flux et les eaux d'irrigation. Cette nappe est exploitée pour fournir de l'eau à la ville de Biskra.

 La nappe du complexe terminal : est située à une profondeur de 300 à 400 mètres. Elle s'étend sur une superficie de 350 000 km² et longe le

piémont saharien, passant au nord de Ghadamès. Cette nappe est alimentée par des arrivées d'eau du sud et de l'ouest. Elle s'étend de Biskra au nord et la Tunisie et la Libye à l'est, et jusqu'au nord-est d'Ain Salah à l'ouest.

 La nappe du continental intercalaire : aussi connue sous le nom de nappe albienne, est situé à une profondeur variant de 650 à 1000 mètres, elle est d'une ampleur considérable en termes d'extension spatiale et de volume. Elle couvre une superficie de 500 000 km² et est caractérisée par une eau très chaude, atteignant une température pouvant aller jusqu'à 50°C. La nécessité de mettre en place des approches et des démarches plus durables pour gérer ces ressources est soulignée par l'impact environnemental et socio-économique récemment observé (Kouzmine, 2012 ; Idder *et al.*, 2013), car ces ressources naturelles sont non renouvelables et que la gestion non raisonnée de ces capacités peut entraîner des phénomènes problématiques récemment apparu (Côte, 1998).

3. Contexte humain

L'analyse démographique (Tableau 7) des différentes périodes après l'indépendance (1962) nous permettra de mieux comprendre le phénomène de l'augmentation de la population.

Tableau 7. Évolution de la population à la ville de Biskra entre 1966 et 2008 (Source : Auteur à base de données collectées de Hadagha, 2022).

Année	1966	1977	1987	1998	2008
Nombre de pop (hab.)	52 519	87200	128 281	176145	200654
Décennie	1966-1977	1977-1987	1987-1998	1998-2008	
Taux d'accroissement (%)	6,003	4,71	3,39	1,39	

Dans la période (1966-1977), la ville de Biskra a connu une croissance de population considérable et assez forte, atteignant un taux de 6,003%. Cette croissance est due au flux de migratoires et l'exode rural accentué vers le chef-lieu de la wilaya (Chadli et Hadjiedj, 2003). La croissance a continué pendant la période (1977-1987), mais à un rythme moins rapide, estimé à 4,71%. Cette croissance est attribuable au développement économique générale du pays et aux efforts de développement considérables qui ont été réalisés, notamment grâce aux différents plans nationaux de développement. La ville de Biskra a bénéficié de ces efforts, en particulier lors de sa

promotion administrative en 1974 (Bouzahzah, 2015 ; Abdou Abahri, 2022), cela a engagé la ville sur un chemin de mutations profondes, tant sur le plan économique que social et urbanistique (Bouzahzah, 2015). Entre 1987 et 1998, la ville a connu un taux de croissance annuel moyen de 3,39%. Ce taux est en partie dû au rôle économique important acquis par Biskra, qui est devenue un pôle économique incontournable dans la région (Bouzahzah, 2015).

La période (1998-2008), l'évolution de la population continue en augmentation, malgré le ralentissement du taux d'accroissement. En résumé, la population a été multipliée par quatre fois au cours des quatre dernières décennies (1966-2008).

La croissance démographique actuelle entraîne divers problèmes généraux tels que la fragmentation de l'espace, l'encombrement urbain et la pollution. Elle pose également des problèmes locaux, notamment les risques liés aux contraintes environnementales particulières, tels que la remontée des eaux souterraines et les inondations. Ces risques sont principalement dus aux aménagements inadaptés aux spécificités géomorphologiques et bioclimatiques locales, et entraînent également la perte progressive des identités oasiennes (Alkama, 2005 ; Kouzmine, 2012), ainsi que le rétrécissement de l'espace agricole et la dégradation de l'environnement (Abdou Abahri, 2022).

4. Contexte historique de Biskra : événements historiques et peuplement

Les historiens ont constaté que les premiers habitants de la région des Ziban étaient présents il y a 80 000 à 8 000 ans avant notre ère. Cela est prouvé par les vestiges du Pléistocène supérieur trouvés sur la rive est de l'Oued, tels que des silex taillés et des pointes de flèches (Balhi, 2011).

Depuis l'antiquité (3000 siècles av J.C), Biskra était un endroit stratégique qui relie le Nord au Sud et l'Est à l'Ouest. Depuis l'Antiquité, de nombreuses civilisations y sont passées. Les Grecs ont créé des comptoirs commerciaux au Maghreb, dont Biskra faisait partie. Après que les Carthaginois ont vaincu les Grecs et multiplié leurs comptoirs côtiers (Sriti ; 2013). Après de nombreuses guerres entre l'Empire romain et Yugurtha, petit-fils de Massinissa et empereur de Numidie, ainsi qu'avec les Gétules, cavaliers du

Sahara algérien, la région des Ziban a été annexée en 395 par l'Empire romain d'Occident, dont le Maghreb faisait partie. Biskra, appelée « Vescera » à l'époque, était un arrêt clé sur la route commerciale Nord/Sud, et la conquête romaine a fait de Biskra une porte du sud et un passage obligatoire pour la pénétration du Sahara occidental (Balhi, 2011). Il y a peu de vestiges archéologiques qui ont été découverts en 1986 lors de travaux de chantiers. Cependant, ces vestiges sont toujours des témoins de cette civilisation (Farhi, 2002). La région a été dotée de plusieurs thermes et de châteaux d'eau par les Romains en raison de la présence de sources thermales. Ils ont également relié la région au centre militaire (Timgad) par des routes importantes. Les richesses naturelles de la région, comme l'eau et la terre, ont permis l'agriculture, notamment la culture d'arbres fruitiers et la plantation d'oliviers (Pizzaferri, 2011). Le Ziban de Biskra, situé au pied des Aurès, s'est appuyé sur les résurgences provoquées par une fuite d'eau profonde d'El Hodna pour entretenir son oasis. Pour irriguer les cultures aux abords de son lit, on peut trouver des vestiges sur l'Oued Branis alimentant l'Oued Biskra (Abdou Abahri, 2022). L'Empire romain est tombé sous la domination islamique dirigée par Okba Ibn Nafaa en 680 (Sriti, 2013). Pendant cette période, Biskra a connu une urbanisation importante. Les Arabes ont apporté leur savoir-faire en matière de puits et de canaux d'irrigation dans la région de la Mésopotamie et en Égypte. Ils ont introduit de nouvelles cultures dans les régions d'Afrique du Nord (Pizzaferri, 2011).

Pendant l'occupation turque, Biskra est restée la capitale des Ziban. Les Turcs étaient intéressés par la production de dattes dans la région des Ziban, alors ils ont ouvert un marché national de la datte à Constantine pour concurrencer celui de Tunis (Sriti, 2013).

Les Turcs ont établi six faubourgs pour séparer les habitants selon leur ethnie : Ras El kouba, Ras El Garia, M'cid, Bab Darb, Bab El Ralla et Gueddacha (Pizzaferri, 2011 ; Zekiri, 2015).

Durant l'occupation française en 1844, Biskra s'est considérablement urbanisée. Une nouvelle ville est née avec une forme exogène et de nouvelles techniques architecturales. L'infrastructure s'est développée à travers la création du damier colonial, qui a été alloué aux Européens et a séparé les populations indigènes et ainsi que de contrôler la distribution de l'eau à partir du fort Saint-Germain (qui a remplacé la tour de bordj turc) (Farhi, 2002 ; Sriti, Balhi, 2011). Dans cette période, Biskra est devenue

une grande oasis pittoresque et touristique pour les vacanciers européens, avec un grand essor commercial (Zekiri, 2015).

Pendant la période de l'indépendance des années 60, les pluies et les inondations ont détruit 80% du patrimoine immobilier de Biskra. La reconstruction a introduit de nouveaux matériaux et une nouvelle vision de l'urbanisme, qui a modifié le style de construction traditionnel (Zekiri, 2015).

En 1974, Biskra est devenue une wilaya, ce qui a engendré une forte attraction pour de nombreux migrants en provenance des régions rurales avoisinantes à la recherche d'opportunités de travail. Cet afflux de population a contribué à l'augmentation démographique, cependant, il a également suscité un déficit en termes de logements disponibles. Ce même phénomène s'est répété dans les années 90, lorsque Biskra a offert refuge à un nombre considérable de migrants venant des Aurès, qui cherchaient à échapper à l'insécurité et à la terreur qui régnaient dans leurs régions d'origine (Sriti, 2013).

5. Contexte urbain de la ville de Biskra et son évolution

Biskra a été fondée en tant que ville oasienne entourée de palmiers. Aujourd'hui, on l'appelle « Beskra Legudima » ou « vieux Biskra ». Les habitants ont toujours su s'adapter à l'environnement en tenant compte des contraintes climatiques. Le choix de l'emplacement de fondation de Biskra n'a pas été laissé au hasard, mais plutôt motivé par la richesse en ressources naturelles essentielles à la vie humaine, notamment l'accès à l'eau et à des terres propices à l'agriculture. De plus, la position stratégique du site a été déterminée par sa capacité à contrôler les principales voies de communication de l'époque, renforçant ainsi son rôle en tant que centre d'échanges et de contacts. Cette relation harmonieuse entre l'homme et son environnement naturel est souvent qualifiée de « oasis », et elle caractérise précisément cet espace. À l'époque, le territoire sur lequel la ville s'est établie se composait principalement de jardins, enveloppé d'une couverture végétale abondante qui se présentait comme une sorte de « plafond végétalisé ». Cette couverture végétale constituait la majeure partie, soit environ 90%, de cet environnement tropical caractéristique. (Abdou Abahri, 2022). Cependant, pendant l'époque arabo-musulmane (7ème - 14ème siècle

av. J.-C), il ne subsiste pas de traces matérielles de la ville qui existait à cette période (Sriti, 2013).

5.1. Époque Turque (1541-1844)
5.1.1. Époque Turque I (1541-1680)

Les Turcs ont entrepris la construction de leur forteresse en érigeant ainsi le premier noyau urbain de la région (Fig. 43). Cette forteresse a pris place au sein même de la palmeraie, s'étendant vers le sud de l'emplacement actuel de la ville. Elle a été édifiée avec soin sur une plateforme judicieusement choisie, située en hauteur sur une colline, conférant ainsi une position dominante qui englobait tout le panorama de la palmeraie environnante. Dans une démarche de défense réfléchie, les architectes turcs ont doté leur fort de trois entrées principales, communément appelées « babs » (portes) : Bab El Dharb, Bab El Feth et Bab El Mekbra. Une mesure de sécurité supplémentaire a été instaurée sous la forme d'un fossé délibérément rempli d'eau stagnante, englobant le périmètre du fort. Cette disposition stratégique visait à accroître la protection de l'enceinte fortifiée contre les éventuelles menaces extérieures. L'édification de ce fort marqua un tournant majeur dans l'histoire de Biskra. Le fort joua un rôle pivot en tant que tout premier pôle de croissance urbaine, jetant les bases de la ville en devenir (Farhi, 2002 ; Abdou Abahri, 2022). En effet, la garnison turque occupa non seulement ce fort, mais elle prit également ses quartiers au sein même de la ville, établissant ainsi une présence pérenne au cœur de la ville (Sriti, 2013).

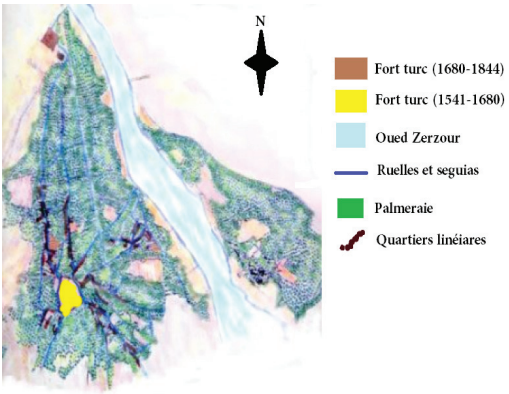


Fig. 43. Tissu urbain de Biskra à l'époque Turque II (Adaptée par : Sriti, 2013).

5.1.2. Époque Turque II (1680-1844)

L'épidémie dévastatrice de peste survenue en 1680 laissa une empreinte indélébile sur l'histoire de la région, entraînant une tragédie humaine qui coûta la vie à plus de 7 000 habitants. Les conséquences de cette épidémie furent profondes, engendrant une série d'événements qui transformèrent radicalement le tissu urbain de Biskra. Cette période sombre marqua un tournant décisif, conduisant à la fragmentation de l'agglomération en sept quartiers distincts, chacun construit en utilisant la technique traditionnelle du toub (terre séchée au soleil). Ces quartiers nouvellement formés s'étalèrent au sein de la palmeraie, devenant les maillons d'une trame urbaine renouvelée et résiliente. Ces sept quartiers, à savoir Guedacha, Medjniche, Ras El Gueria, Mcid, Bab El Dharb, Bab El Feth et Sidi Barkat, se dressèrent comme autant de témoignages des défis surmontés et de la résilience du peuple de Biskra face aux ravages de l'épidémie (Guedacha, Medjniche, Ras El Gueria, Mcid, Bab El Dharb, Bab El Feth et Sidi Barkat). L'épidémie eut également un impact significatif sur la disposition géographique de la garnison turque. Pour mieux contrôler la précieuse source d'eau qui irriguait la palmeraie, la garnison turque fut déplacée vers le nord de la palmeraie. Ce déplacement stratégique visait à sécuriser l'accès à cette ressource vitale et à renforcer le contrôle sur les activités agricoles essentielles à la subsistance de la population locale. À proximité de ce nouvel emplacement de la garnison turque, le quartier de Ras el Maa prit forme, devenant un point nodal autour duquel gravitait la sécurité de l'approvisionnement en eau (Farhi, 2002 ; Sriti, 2013).

Le tracé régulier linéaire des sept villages est basé sur les voies de communication doublées de seguias (canaux d'irrigation de 70 cm à 1 m) de large et les ruelles et les impasses (Fig. 44) marquant les espaces interstitiels du tissu traditionnel (Farhi, 2002).

Le vieux Biskra se distingue des autres villes traditionnelles des régions arides et semi-arides grâce à la disposition linéaire de son habitat dans la palmeraie le long des seguias. Cette particularité est le fruit du génie populaire et repose sur une économie indigène (Abdou Abahri, 2022).



Fig. 44. Les ruelles traditionnelles, suivant les seguias de la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

5.2. Époque coloniale (1844-1962)

5.2.1. Époque coloniale I (1844-1865)

En 1844, année marquante de la conquête de Biskra par l'armée française, un tournant décisif a été amorcé dans l'histoire de la ville avec la fondation du Fort Saint Germain au nord. (Fig. 45). Cette initiative de la part des militaires français avait pour objectif de consolider leur contrôle sur la région et d'affirmer leur présence dans le paysage urbain en plein changement.

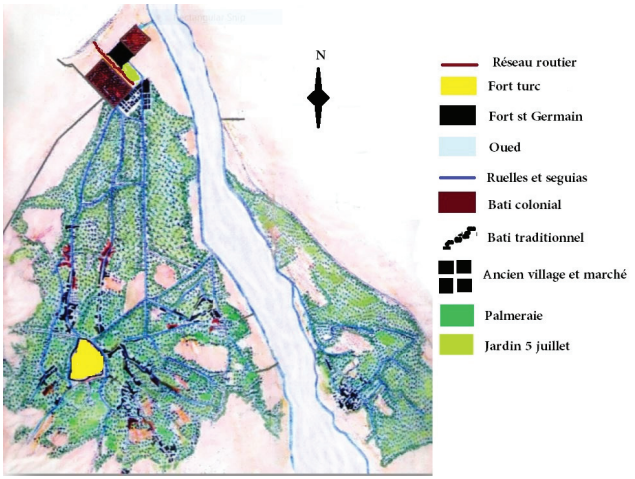


Fig. 45. Tissu urbain de Biskra à l'époque coloniale I (Adaptée par : Sriti, 2013).

Le choix de l'emplacement du Fort Saint Germain a été dicté par des considérations stratégiques et pratiques. Deux raisons majeures ont guidé cette décision. Tout d'abord, les autorités militaires souhaitaient exercer un contrôle total sur les sept villages qui constituaient l'agglomération, et notamment sur la gestion de l'eau, ressource vitale dans cette région aride. En établissant leur base au nord, elles pouvaient exercer une autorité plus directe sur les systèmes d'approvisionnement en eau et ainsi consolider leur emprise sur la population et les ressources. Ensuite, le Fort Saint Germain avait également pour rôle de protéger les colons européens nouvellement installés. En les éloignant des implantations préexistantes et en les regroupant autour de la garnison militaire, les autorités coloniales espéraient garantir leur sécurité dans un environnement encore inconnu et potentiellement hostile. L'implantation du Fort Saint Germain a eu un impact profond et durable sur l'évolution urbaine de Biskra. Elle a façonné la géographie de la ville et a influencé la répartition spatiale de la population et des activités. La présence du fort a créé une dynamique nouvelle dans laquelle l'armée française jouait un rôle central dans la gestion de la cité et dans les interactions entre les différentes composantes de la population locale (Sriti, 2013).

Entre 1850 et 1855, une phase cruciale de développement s'est amorcée à Biskra avec l'arrivée des colons européens. C'est durant cette période que l'urbanisme de la ville a été redéfini, se traduisant notamment par la création d'un plan en damier en dehors de la palmeraie, à proximité du Fort Saint Germain. Le choix d'un plan en damier ne relevait pas uniquement d'un souci pratique d'organisation urbaine. En réalité, il véhiculait un message symbolique de la suprématie des colons sur les modèles existants. Ce schéma d'urbanisme géométrique et ordonné se présentait comme une affirmation visuelle de la domination coloniale (Sriti *et al.*, 2002 : Sriti, 2013). En plein cœur de cette nouvelle entité urbaine, un marché central a été édifié, évoluant rapidement en un point de convergence essentielle où se rencontraient les diverses communautés de Biskra. Au-delà de son rôle de lieu de transactions commerciales, ce marché incarnait également un espace de fusion et d'interaction entre les résidents locaux et européens. Les allées animées du marché se transformaient en scène de rencontres, d'échanges culturels et de cohabitation, où des identités variées coexistaient au sein d'un environnement en constante évolution (Sriti, 2013 ; Zkiri, 2015).

Le damier colonial (Fig. 46) est composé d'un ensemble d'îlots placés en échiquier dans la direction des remparts du Fort Saint Germain. En réalité,

la trame du damier commence au sud du marché sans tenir compte de l'implantation préexistante de Ras El Maa. Les îlots sont carrés, identiques et mesurent environ 40 mètres de côté. Ils s'étendent sur deux bandes jusqu'à la limite du cercle militaire. En dehors de cette limite, les îlots sont plus petits (environ 25 sur 30 mètres) pour atténuer la perturbation causée par la place du marché. Le damier sera complété par une troisième vague d'implantation. Elle consistera en une trame de 5 rangées de 5 îlots identiques aux précédents, placés dans l'axe du Fort. Au départ, le damier colonial était simplement un quartier résidentiel, mais il a évolué pour devenir un véritable centre-ville doté d'institutions, d'un marché, d'hôtels de luxe et d'aménagements urbains tels que des monuments, des places, des squares et des jardins publics (Fig. 47) (Sriti *et al.*, 2002). Entre le fort Saint Germain et le damier colonial se crée un jardin public appelé actuellement le jardin du 5 juillet. La rue Berthe (actuellement appelée la rue de la République) se dessine dans le jardin et sépare le damier. Cette rue est considérée comme un axe à vocation institutionnelle, touristique et commerciale (Zkiri, 2015).

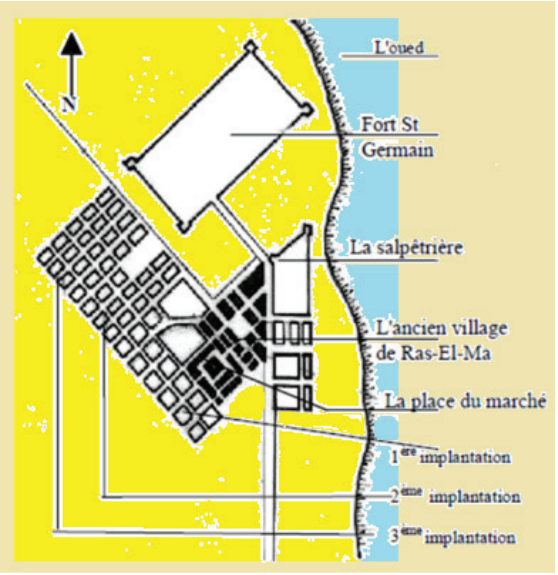


Fig. 46. Le damier colonial de Biskra et les différentes étapes de son évolution (Adaptée par : Sriti *et al.*, 2002).

La ville de Biskra a connu une transformation remarquable, évoluant d'une simple agglomération en une destination pittoresque et touristique. Un tournant décisif dans cette métamorphose a été marqué par l'introduction du chemin de fer et l'établissement de la gare ferroviaire à l'ouest du damier colonial. Cette expansion des infrastructures de transport a ouvert de nouvelles opportunités pour la ville, favorisant sa connectivité avec d'autres régions et contribuant à son développement.



Fig. 47. Différents éléments de la ville de Biskra à l'époque coloniale I (Les tizis, 2022).

En parallèle, l'implantation d'hôtels prestigieux, tels que l'hôtel Royal et l'hôtel du Sahara, ainsi que l'exploitation des sources thermales, ont joué un rôle central dans la transformation de Biskra en une destination touristique prisée. Ces installations hôtelières ont attiré les visiteurs européens en quête de confort et d'exotisme. La ville a su capitaliser sur son charme naturel, sa végétation luxuriante et son climat agréable pour séduire les voyageurs cherchant une évasion hivernale. Cet essor touristique a eu un impact significatif sur la dynamique économique et sociale de la région. Le commerce a prospéré, de nouveaux services ont émergé pour répondre aux besoins des visiteurs et des habitants, et l'activité économique s'est diversifiée. La ville s'est développée non seulement comme un lieu de résidence pour les touristes pendant la saison hivernale, mais aussi comme un centre commercial animé et dynamique. La transformation de Biskra en une oasis touristique a insufflé une nouvelle énergie à la ville. Les visiteurs européens, attirés par le pittoresque de l'environnement et la promesse d'un séjour agréable, ont contribué à façonner une atmosphère cosmopolite et

diversifiée. Les interactions culturelles entre les habitants locaux et les visiteurs étrangers ont donné naissance à un environnement unique, où les influences se mêlaient pour créer une ambiance vibrante et riche en nuances (Balhi, 2011 ; Zkiri, 2015).

5.2.2. Époque coloniale II (1865-1932)

L'année 1890 a été marquée par la construction de la mosquée El Caïd, un édifice qui a transcendé sa fonction religieuse pour devenir un pôle multifonctionnel et social au cœur de Biskra. Cette étape a également été marquée par des développements majeurs dans les infrastructures de transport, notamment la liaison ferroviaire Batna-Biskra, qui a donné naissance au dynamique « quartier de la gare » (Fig. 48). Ces événements ont profondément influencé le paysage urbain et les interactions sociales de la ville à cette période (Sriti *et al.*, 2002).

En 1932, un tournant majeur a été marqué dans l'histoire de Biskra avec la création du premier plan d'aménagement global de la ville, connu sous le nom de « Plan Dervaux ». Ce plan, élaboré par le président de l'Association française des urbanistes, Dervaux, avait pour objectif de transformer la ville coloniale en une destination thermale et touristique, tout en préservant et exploitant ses atouts naturels et culturels uniques.

Le « Plan Dervaux » a été conçu dans une perspective holistique visant à apporter des améliorations significatives à différents aspects de la ville. L'embellissement de Biskra était au cœur de cette initiative, avec une vision qui allait au-delà de la simple esthétique (Fig. 49).

Le plan visait également à mettre en place un aménagement stratégique, à réorganiser les flux de circulation et à restructurer l'espace urbain pour une meilleure fonctionnalité et une harmonie accrue. Au cœur de cette démarche se trouvait l'intention de capitaliser sur les richesses locales de Biskra. Le plan reconnaissait la valeur des ressources naturelles de la région, notamment les palmiers, les sites naturels et les sources thermales. Ces éléments ont été identifiés comme des atouts majeurs pour développer le potentiel touristique de la ville, tout en offrant des expériences uniques aux visiteurs (Alkama, 1995).

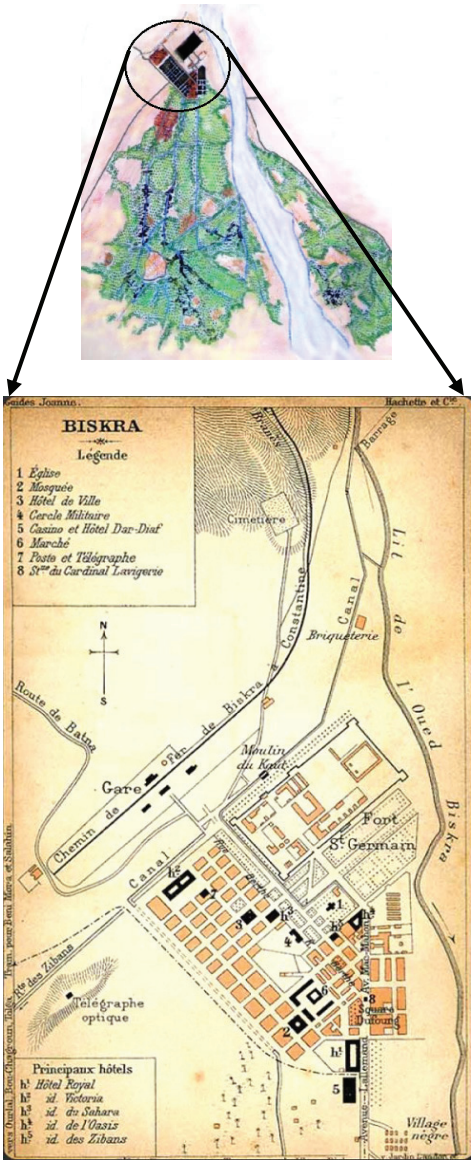


Fig. 48. Tissu urbain de Biskra à l'époque coloniale II (Adaptée par : Sriti, 2013 ; Abdou Abahri, 2022).

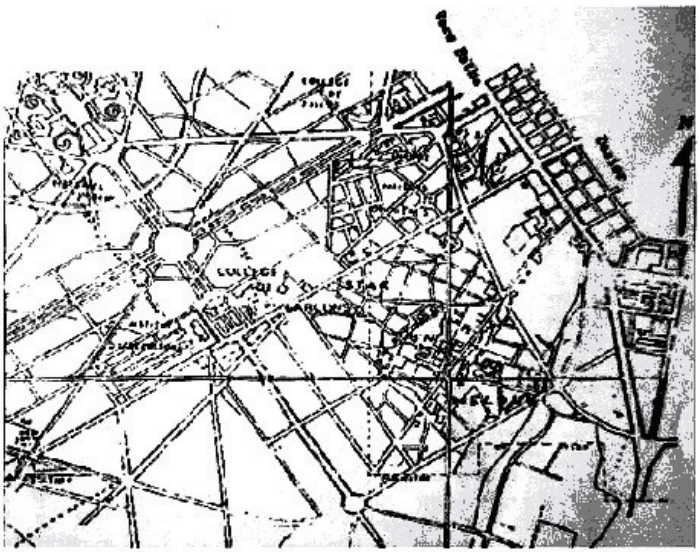


Fig. 49. Plan d'aménagement de Dervaux 1932 (Adaptée par : Bengouga, 2019, d'après direction de l'urbanisme, de la construction et de l'habitat).

Les interventions urbaines de cette période se caractérisaient par la création de constructions géométriques imposantes, érigées selon un schéma d'axes bien définis. Cette conception était pensée pour faciliter la circulation au sein de la ville, en adoptant un agencement en forme d'échiquier. Simultanément, un autre axe fut aménagé pour établir un lien entre la palmeraie et cette structure urbaine en forme d'échiquier, contribuant ainsi à une meilleure connectivité entre ces deux entités distinctes. L'implémentation de ces interventions urbaines marqua une étape significative dans l'évolution de la ville. Les constructions géométriques massives avec leurs axes bien définis ont profondément influencé la physionomie de l'espace urbain. Cette organisation en forme d'échiquier a facilité la mobilité et la circulation au sein de la ville (Abdou Abahri, 2022).

5.2.3. Époque coloniale III (1932-1962)

Après l'année 1950, une nouvelle phase de développement s'amorça pour la ville, caractérisée par une expansion vers le sud, au-delà des limites du plan d'urbanisme établi par Dervaux. Cette expansion marqua un tournant majeur

dans l'évolution urbaine de la cité. Au cours de cette première vague de croissance, l'objectif initial était de conserver une certaine cohérence en puisant l'inspiration du modèle en damier qui avait prévalu. Toutefois, malgré cette intention, l'extension urbaine qui se dessina devint le résultat d'une croissance non planifiée. La diversité des constructions qui émergèrent à cette époque était frappante. Les formes architecturales adoptées étaient d'une grande variété, dépourvues de toute logique dimensionnelle ou formelle apparente. Cette hétérogénéité reflétait le caractère non réglementé de cette phase d'expansion urbaine. Cette croissance incontrôlée donna lieu à un paysage urbain éclectique, où les nouvelles constructions se juxtaposaient de manière parfois désordonnée, échappant à la cohésion esthétique caractéristique des planifications antérieures (Badache, 2014 ; Bengouga, 2019).

Durant cette phase ultérieure, la ville a connu d'importantes extensions qui ont redessiné son paysage urbain (Fig. 50). Ces extensions se sont principalement développées le long des axes préalablement tracés lors des périodes antérieures, tels que la route de Touggourt, désormais baptisée Hakim Saadane, ainsi que les axes Salah Bey et Emir Abd El Kader.

En parallèle à l'expansion le long de ces axes déjà établis, de tout nouveaux quartiers ont vu le jour, marquant ainsi une nouvelle ère d'urbanisation. Parmi ces nouveaux quartiers, le quartier Z'mala, aussi connu sous le nom de Quartier Négre, a été créé pour répondre aux besoins croissants de la population. De même, le lotissement Farhat a pris forme pour offrir de nouvelles opportunités de logement. Le quartier Châtegnier s'est également ajouté au tissu urbain, apportant sa propre identité à la ville. En parallèle à ces développements et l'amorce d'El Alia Nord et des quartiers de la rivière Nord et Sud (Sriti, 2013).

Pendant la période coloniale française, Biskra a été le théâtre de plusieurs interventions visant à embellir et à moderniser la ville. Ces initiatives, entreprises dans le cadre de l'administration coloniale, avaient pour objectif d'imprimer une nouvelle identité urbaine à Biskra. Ces interventions ont pris diverses formes et se sont étendues à plusieurs domaines (création de jardins, aménagement de rues, édification de constructions et équipements, etc.) (Badache, 2014).

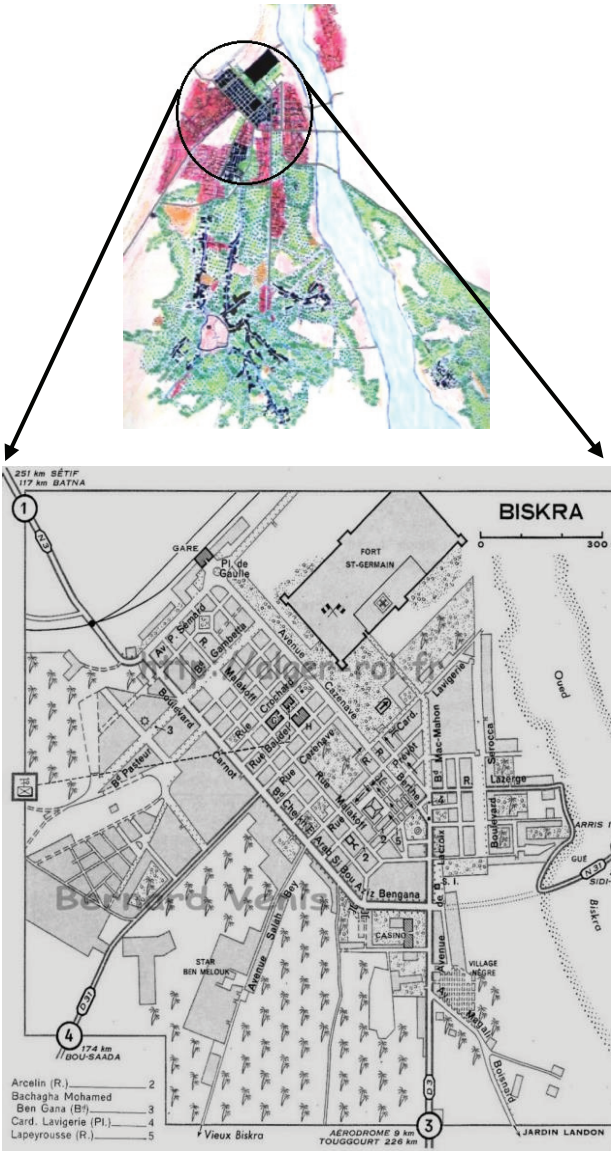


Fig. 50. Tissu urbain de Biskra à l'époque coloniale III (Adaptée par : Sriti, 2013 ; Bengouga, 2019).

5.3. Époque de l'indépendance (1962- 2015)
5.3.1. Époque de l'indépendance I (1962-1977)

Après le départ des colons, les citadins ont pris possession de leurs maisons, et les habitations en terre se sont développées de manière anarchique. Cela a créé un parc d'habitat anarchique, sans urbanisation ni orientation, qui a transformé la ville de Biskra sous forme de tâche d'huile (Fig. 51). Elle s'est étendue vers la voie ferrée à l'ouest et la palmeraie au sud, aux dépens des jardins de Bengana (Sriti ; 2013 ; Badache, 2014). Vers cette époque, il y a eu une apparition de constructions illicites à l'intérieur de la palmeraie, et les bidonvilles se sont développés à l'emplacement actuel du lycée Larbi Ben M'hidi et du côté de la rivière (oued) nord (Abdou Abahri, 2022).

En 1969, La ville de Biskra a été transformée par les inondations, qui ont eu un impact sur le parc d'habitations traditionnelles (Sriti, 2013 ; Zkiri, 2015 ; Abdou Abahri, 2022). En conséquence, les habitants ont abandonné les maisons en terre et djrid (rameau de palmier), car ils étaient mal résistants aux intempéries et vieillissaient rapidement, ce qui les rendait symboles de pauvreté. Le béton est devenu populaire dans le nord du pays car le gouvernement l'a vendu à bas prix, ce qui a encouragé la construction illégale. Les constructions illégales se trouvent dans des zones inappropriées et ne respectent pas les règles d'urbanisme et de construction (Badache, 2014). Cet habitat illégal est une pathologie urbaine réelle à Biskra, comme dans toutes les villes algériennes, en raison du manque d'équipements et d'infrastructures (Alkama, 1995).

Suite à la réorganisation territoriale de 1974, Biskra est devenue chef-lieu de Wilaya. Cette promotion a permis à la commune de se détacher administrativement de Batna. Toutefois, l'urbanisation rapide a engendré des erreurs dans la gestion urbaine après la promotion (Abdou Abahri, 2022).

En 1976, les autorités publiques ont adopté le premier plan d'urbanisme directeur (PUD) réalisé par la CADAT (Caisse Algérienne D'Aménagement du Territoire). La politique de zonage a été matérialisée, instaurant la création des Z.H.U.N (zone d'habitat urbaine nouvelle) (Abdou Abahri, 2022). Deux programmes de Zhun ont été créés à l'est de la ville (El Alia), et l'autre à l'ouest (au-delà de la voie ferrée) en 1975 d'après l'arrêté n° 1 du 24 novembre 1975 pour les nouvelles constructions. Le programme de

logements et d'équipements a été lancé en 1977 (Sriti, 2013 ; Abdou Abahri, 2022). Le programme devait comporter des habitations collectives et individuelles (Fig. 51). La composition urbaine de la ville a été déterminée en utilisant une approche quantitative, négligeant les potentialités naturelles et touristiques de la ville (Badache, 2014).

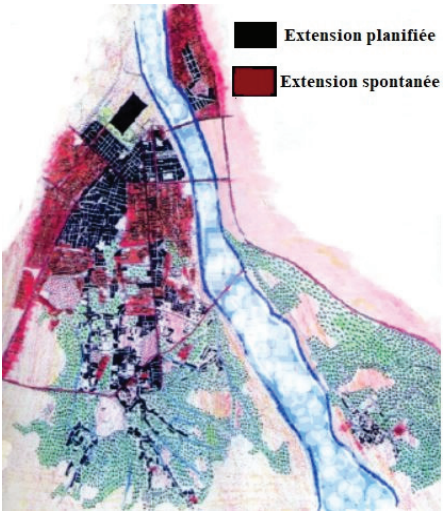


Fig. 51. Tissu urbain de Biskra à l'époque de l'indépendance I (Adaptée par : Sriti, 2013).

5.3.2. Époque de l'indépendance II (1977-1986)

En 1980, des programmes de logement importants ont été lancés, comprenant des logements collectifs (étatiques) et individuels (privés), situés dans les Zhun Est et Ouest (Fig. 52) de l'agglomération (Sriti, 2013).

En 1984, le deuxième plan d'urbanisme directeur (PUD) a été élaboré et le résultat en 1986 a été une extension très importante des tissus urbains planifiés : à l'Ouest se trouvent la Zhun Ouest et la Zone industrielle, à l'Est se trouvent la Zhun Est, la Zone des Parcs, l'université et El-Alia, et au Nord se trouve la Zone d'Equipement. Il y a eu une extension de tissus urbains illicites à Sidi-Ghazal et El-Alia. Le tissu périphérique de l'agglomération s'est dissous à cause des extensions vers l'Est et l'Ouest sous forme de zones

d'habitat collectif et de lotissements peu denses. Les logements traditionnels sont vétustes et l'habitat en terre typique de Biskra disparaît progressivement (Sriti, 2013).



Fig. 52. Tissu urbain de Biskra à l'époque de l'indépendance II (Adaptée par : Sriti, 2013 ; Abdou Abahri, 2022).

Le P.U.D est une conception de l'urbanisme qui met l'accent sur le nombre de logements plutôt que sur les dynamiques urbaines et sociales. Cette orientation a conduit à un remplissage de zones avec des quantités fictives de logements (Fig. 53). Cela a entraîné un changement d'image pour la ville de Biskra, avec une morphogenèse inadaptée qui ne correspond pas à son histoire. En somme, il s'agit d'un outil contextuellement inapproprié (Abdou Abahri, 2022).



Fig. 53. PUD de Biskra (1978) et l'application d'une politique de zonage (Adaptée par : Abdou Abahri, 2022 d'après caisse algérienne d'aménagement du territoire).

5.3.3. Époque de l'indépendance III (1986 à nos jours)

Les années 90 ont vu des changements importants dans l'urbanisme algérien, en particulier à Biskra. Le taux d'urbanisation est plus élevé que dans les villes du nord, ce qui a conduit à une prolifération de lotissements et à une augmentation du nombre d'habitants. Ces changements ont transformé la ville de Biskra, remodelé sa forme urbaine et accéléré sa croissance spatiale (Abdou Abahri, 2022).

5.3.3.1. Nouveaux instruments d'urbanisme

Les réformes de la gestion du foncier et de l'aménagement urbain sont encadrées par la loi 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme, modifiée et complétée par la loi 04-05 du 14 août 2004. Le décret d'application de ces lois a été le décret 91-117 du 28 mai 2004. La loi 04-05 a mis en place un nouvel instrument d'urbanisme pour remplacer le plan d'urbanisme directeur (PUD), tel que défini à l'article 10 de la loi. Le nouvel instrument d'urbanisme est le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation des sols (POS) est le deuxième document de planification urbaine et fait partie du PDAU.

5.3.3.1.1. Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU)

D'après la loi 90-29 du 1er décembre 1990, Le PDAU est un outil d'urbanisme qui prend en compte les plans de développement et définit les termes de références des POS. Il gère les programmes de l'état, des collectivités locales et de leurs établissements et services publics. Le PDAU a pour objectif de :

 La rationalisation de l'utilisation des espaces urbains et périurbains : il est important d'occuper les espaces urbains et périurbains de manière rationnelle. Le centre doit être plus dense que les zones périphériques. Les terres agricoles doivent être préservées et l'urbanisation doit être progressive pour les zones périphériques.

 La mise en place d'une urbanisation protectrice et préventive : il est important de protéger les zones sensibles, les sites naturels ou culturels et les paysages. Il faut également prévenir les risques naturels tels que les inondations et les glissements de terrain pour les établissements humains.

 La réalisation de l'intérêt général : il est important de planifier les équipements collectifs et les infrastructures nécessaires et d'identifier les terrains appropriés pour leur localisation.

 La prévision de l'urbanisation future et de ses règles (15- 20 ans) : le P.D.A.U. identifie des secteurs urbains et prévoit leur évolution. Il fixe les emplacements des projets d'intérêt général et d'utilité publique, détermine

les limites des futurs P.O.S et établit des règles pour chaque secteur. Les différents types de secteurs sont :

- ✓ **Les secteurs urbanisés U :** sont des secteurs urbanisés avec une densité élevée et des activités de longue date. Le PDAU ne prévoit pas d'urbanisation, mais des transformations du tissu urbain si nécessaire. Cela peut inclure la rénovation, la restructuration, la restauration, la réhabilitation ou la protection des secteurs historiques et architecturaux.
- ✓ **Les secteurs à urbaniser AU :** sont les secteurs qui vont connaître une forte urbanisation dans les dix ans. Ils sont souvent soumis à la pression de l'urbanisation et de la spéculation. Le PDAU. réglemente l'urbanisation pour gérer cette pression. Les zones faisant partie des AU peuvent être des terres agricoles ou non au moment de l'établissement du plan.
- ✓ **Les secteurs d'urbanisation future UF :** sont des secteurs qui connaîtront une urbanisation à long terme. Le PDAU doit préserver leur potentiel de développement. Pour cela, il applique des mesures coercitives pour maintenir une urbanisation éparse. Ces mesures incluent des servitudes temporaires et des droits de construire très faibles. Les opérations de rénovation et d'implantation d'équipements collectifs sont autorisées après autorisation de l'administration.
- ✓ **Les secteurs non urbanisables NU :** sont des secteurs qui ne sont pas destinés à l'urbanisation à cause de contraintes particulières, comme les zones protégées et les zones à risques. Les zones protégées comprennent des zones agricoles à haute potentialité, des exploitations minières, des paysages de grande qualité, des forêts domaniales, des parcs naturels et des zones littorales sensibles. Les zones à risques comprennent les abords d'installations à risque et les contraintes naturelles empêchant un établissement humain dense, comme les secteurs inondables, les terrains instables et les zones d'avalanches pour des sites de montagne.

Le PDAU se compose d'un plan de l'état actuel du territoire communal, d'un plan des servitudes légales (les infrastructures publiques telles que les voiries, les réseaux d'eau et d'assainissement), le plan d'équipement (les ouvrages d'intérêt général) et d'un plan d'aménagement (les secteurs d'urbanisation, les parties particulières du territoire et les périmètres des futurs POS).

5.3.3.1.2. Plan d'occupation des sols (POS)

D'après la loi 90-29 du 1er décembre 1990, le P.O.S. (Plan d'occupation des sols) est un instrument de gestion réglementaire pour les communes. Il est obligatoire pour la commune qui l'initie et vise à fixer des règles pour l'urbanisation et la composition du cadre bâti. Le POS est un plan de détail et le dernier niveau de la démarche de planification urbaine et dépend des dispositions et orientations du PDAU. Le POS ne peut être établi que si le PDAU réglementairement approuvé est en place et il est important que le POS soit compatible avec le PDAU pour assurer la cohérence de l'aménagement urbain.

Le POS est l'instrument d'urbanisme le plus proche des préoccupations de l'architecte et de l'« urban designer ». Il est important pour la définition des modalités d'occupation morphologique et fonctionnelle de la parcelle et des caractéristiques morphologiques du bâti (Saïdouni, 2000), Cela se traduit par la promulgation du décret législatif 94-07 du 18 mai 1994 modifié par la loi 04-06 du 14 août 2004 relatif aux conditions de la production architecturale et à l´exercice de la profession d´architecte.

Le POS est un document essentiel de la réglementation d'urbanisme et définit les droits d'usage des sols et de construction à la parcelle sur le moyen terme, soit de 5 à 10 ans. Il exige le respect de ces réglementations :

 Le type d'occupation du sol : doit être déterminé explicitement ;

- ✓ Il faut déterminer les activités dominantes et celles à encourager, conformément au caractère recherché ou actuel de la zone ;
- ✓ Il faut aussi interdire les activités incompatibles avec le caractère de la zone et qui pourraient porter atteinte à l'environnement physique ou visuel. Par exemple, une zone résidentielle est incompatible avec une industrie polluante, un camping, dépôt de ferrailles, de déchets ou de vieux véhicules, etc. ;
- ✓ Il est également important d'interdire certaines activités dans les zones centrales ou résidentielles qui pourraient poser des problèmes de protection de l'environnement. Par exemple, les drogueries, les postes de peinture, les dépôts d'hydrocarbures liés à des garages ou des stations-service. Ces activités ne devraient être autorisées que si un besoin réel existe. D'autres activités peuvent

nécessiter une autorisation spéciale, comme les opérations d'affouillements et d'exhaussements des sols, l'abattage des arbres ou les défrichements en vue de l'exploitation agricole.

 Les conditions d'occupation : le POS fixe les conditions pour qu'un espace urbain puisse être considéré comme urbanisable ou constructible dans chaque zone homogène. Ces conditions incluent :

- ✓ Il peut être exigé une largeur minimum, entre alignements, des voies destinées à la circulation automobile, un accès indirect aux voies de grande circulation (autoroutes, rocades), une limitation de la longueur d'impasses éventuelles. Ces exigences prennent en compte la sécurité et la lutte contre l'incendie en fonction de la nature de la zone ;
- ✓ Les dessertes par les réseaux d'eau et d'assainissement sont également prises en compte dans le POS. Les normes en vigueur sont appliquées pour garantir l'approvisionnement en eau potable et l'évacuation des eaux usées et pluviales ;
- ✓ La réservation d'espaces libres pour les piétons (cheminements) en réservant un pourcentage minimum de la surface des espaces ;
- ✓ La réservation d'espaces verts en réservant un pourcentage minimum de la surface des parcelles. Il peut être exigé de planter des terrains non construits, des reculs par rapport à l'alignement, et des écrans boisés autour de certaines installations techniques ou des parkings ;
- ✓ La réservation d'un certain nombre de places de stationnement en fonction de la surface de plancher construite ;
- ✓ Les immeubles existants peuvent être soumis à des conditions particulières, telles que l'interdiction de démolition et la nécessité de respecter l'harmonie des façades en cas de transformation.

 La forme d'occupation : Le POS peut déterminer des prescriptions morphologiques pour ordonner l'espace urbain. Ces prescriptions concernent :

- ✓ Imposer des conditions sur la division des sols en lotissement, y compris en ce qui concerne la taille des parcelles ;

- ✓ Régir l'emplacement des constructions dans la parcelle, selon leur alignement par rapport aux voies et aux limites de séparation (mitoyenneté ou non) ;
- ✓ Réglementer la hauteur des constructions en fonction de leur emplacement par rapport à la voie, aux limites de séparation et aux autres constructions de la même parcelle. La hauteur peut être exprimée en nombre de niveaux ou en mètres. Dans certains cas, une dérogation peut être accordée pour dépasser la hauteur prescrite ;
- ✓ Émettre des recommandations sur l'aspect extérieur des constructions, y compris l'échelle architecturale, l'expression des façades, les toitures ou terrasses, les matériaux et les couleurs ;
- ✓ Pour un nouveau lotissement, l'aspect des clôtures peut être unifié. Les clôtures d'aspect répulsif, comme celles en plaques d'amiante ciment, peuvent être interdites et remplacées par des clôtures à écrans de verdure.

 La densité d'occupation : le POS fixe les droits de construire pour chaque zone, qui déterminent les possibilités maximales d'occupation du sol. La densité d'occupation est exprimée par le coefficient d'occupation du sol (C.O.S.) et le coefficient d'emprise au sol (C.E.S.), qui se combinent avec les autres règles d'urbanisme pour réglementer la hauteur des constructions :

- ✓ Le coefficient d'occupation du sol (C.O.S.) est un rapport entre la surface totale des planchers, considérée hors œuvre nette, et la surface foncière. Le COS exclut toutes les surfaces non habitables ou découvertes d'une construction. Il évalue les capacités d'accueil des zones urbaines en mettant en rapport les surfaces prévues par les différents programmes architecturaux et la surface foncière. Dans une même zone, il est possible de définir un COS différencié pour favoriser un type d'activité. À Paris, un C.O.S. de 2 pour l'habitat et un C.O.S. de 4 pour les bureaux ont été appliqués pour encourager l'immobilier d'entreprise ;
- ✓ Le coefficient d'emprise au sol (CES) est un indicateur important déterminé par le règlement du POS. Il est le rapport entre la surface au sol de la construction et la surface foncière (pourcentage des surfaces construites par rapport à la surface foncière totale). Le CES est limité entre les valeurs 0 et 1.

 Les servitudes légales : Les servitudes d'urbanisme limitent le droit de construire d'aménager pour sauvegarder l'intérêt général et l'utilité publique. Les servitudes légales ont des objectifs précis qui incluent la sécurité, l'hygiène, le confort et la protection et le respect de sites et de ressources :

- ✓ Les servitudes militaires ont pour objectif la sécurité des biens et des personnes, ainsi que l'isolement nécessaire à ce type d'activité ;
- ✓ Les servitudes liées aux ouvrages d'intérêt général ont pour but le bon fonctionnement des modes de transport particuliers, y compris les servitudes aéronautiques, ferroviaires et maritimes pour la sécurité et le confort ;
- ✓ Les servitudes de sécurité routière sont établies pour garantir la visibilité le long de certaines routes et protéger les terrains le long des routes de grande circulation ;
- ✓ Les servitudes de transport et de distribution de l'énergie sont établies pour assurer la sécurité, la salubrité et le confort. Par exemple, les lignes de haute et moyenne tension peuvent nécessiter une bande non-aedificandi de 45 à 60 m le long de l'axe de la ligne ;
- ✓ Les servitudes concernant les exploitations spéciales, telles que les mines, carrières et décharges, sont établies pour garantir la sécurité et l'exploitation ;
- ✓ Les servitudes pour la protection de ressources et de sites naturels sont établies pour préserver l'intérêt général. Elles concernent la protection des eaux potables, sources thermales, des cours d'eau, des sources, des nappes phréatiques, des bois et des forêts ;
- ✓ Les servitudes pour protéger les sites historiques et archéologiques sont établies pour préserver le patrimoine ;
- ✓ Les servitudes de protection du littoral sont établies pour préserver les terrains et les paysages, ainsi que l'équilibre écologique des zones côtières. Ces servitudes se traduisent par la création de zones non constructibles le long de la côte.

5.3.3.2. Évolution urbaine

En 1996, les terrains Est et Ouest ont été transformés en logements individuels (17 coopératives, 1077 lots). De plus, il y a eu une diversification des modalités de production et de l'offre de logements, notamment en matière d'habitat social (Sriti, 2013).

Biskra a introduit le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) en 1998 et 2008 pour la planification urbaine (Abdou Abahri, 2022) et 24 études de POS, dont 18 étaient achevées en 2005.

D'après (Fig. 54) et (Fig. 55), on peut observer différents tissus urbains dans l'agglomération de Biskra. Il y a l'ancienne ville, le noyau historique, les quartiers anciens et les quartiers de la palmeraie (sept villages), chacun avec leurs propres caractéristiques. Le périmètre urbain de Biskra va s'étendre à l'Est jusqu'à la limite des terres agricoles, et à l'Ouest au-delà de l'Oued Zmor jusqu'à la limite de la commune. Aussi, il y aura une densification du tissu urbain actuel en exploitant les poches vides à l'intérieur du périmètre urbain et en effectuant des opérations de restructuration/réhabilitation des quartiers anciens.

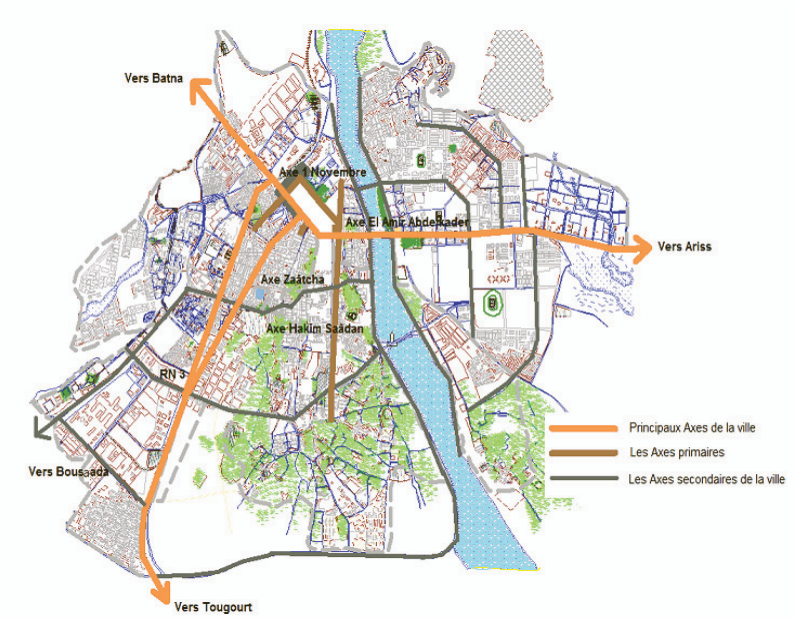


Fig. 54. État de fait de la ville de Biskra en 2015 (Adaptée par : Bouzahzah, 2015, d'après PDAU de Biskra).

En général, à la lumière de ce qui précède, il semble que la ville de Biskra ait connu deux périodes importantes de croissance :

 La première période (1541-1962) : a connu une urbanisation successive est-ouest dans la partie nord de la ville à partir du damier colonial qui était limité par un relief montagneux au nord.

 La deuxième période (1962 à nos jours) : a été marquée par une extension très forte, soit planifiée ou spontanée sous forme de tâche d'huile, selon la direction est-ouest après la direction sud, en franchissant l'oued Zerzour à l'ouest et la ligne de chemin de fer à l'ouest

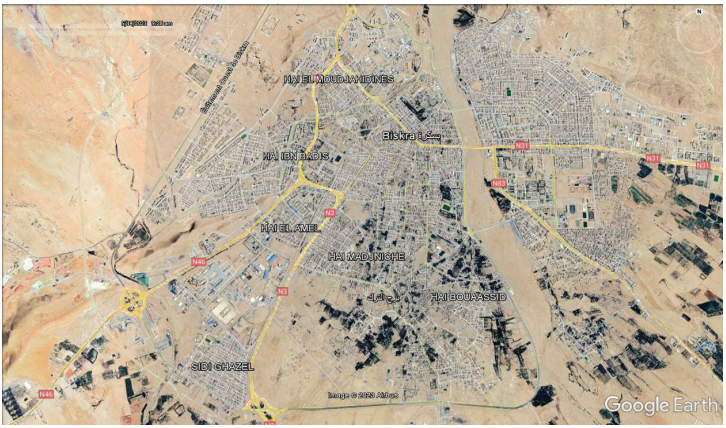


Fig. 55. État de fait de la ville de Biskra en 2023 (Source : Google Earth, 2023).

Conclusion

Biskra, surnommée la « porte du désert », joue un rôle crucial en tant que ville de transition entre le nord et le sud de l'Algérie. Cette position géographique stratégique influence l'économie et la mobilité de la région, avec des installations de transport importantes faisant de Biskra un point de transit clé. Ce territoire privilégié affecte profondément la structure et le fonctionnement local de la ville.

Les données climatiques jouent également un rôle important dans le caractère de Biskra. Son climat chaud et sec, ainsi que les variations climatiques résultant de sa topographie et de sa géologie, influencent grandement la vie urbaine. Les différents acteurs locaux doivent composer avec ces conditions climatiques en adaptant l'architecture et l'urbanisme pour répondre à ces défis. L'agriculture, l'économie locale, la faune et la flore sont également fortement influencées par ces conditions climatiques particulières.

La croissance démographique pose des défis majeurs pour Biskra, notamment la congestion urbaine, la fragmentation de l'espace, la pollution environnementale, et l'érosion des identités oasiennes. Le développement rapide entraîne la dégradation de l'environnement, la diminution de l'espace agricole et des changements dans les environnements naturels.

L'évolution urbaine de Biskra reflète une histoire riche et complexe. Initialement une ville oasienne entourée de palmiers, Biskra a traversé trois phases clés de transformation. L'époque turque a vu la construction d'un fort et l'apparition de sept quartiers. L'époque coloniale a introduit une urbanisation en damier, faisant de Biskra une destination touristique pittoresque. Depuis l'indépendance, la ville a connu une urbanisation anarchique, des réformes urbaines, et l'introduction de nouveaux outils d'urbanisme comme le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et le Plan d'Occupation des Sols (POS).

Au fil des années, Biskra a dû faire face à des défis tels que la croissance démographique rapide, l'expansion non planifiée et la préservation de son patrimoine culturel et architectural. Les interventions urbaines ont été façonnées par des politiques gouvernementales, des réformes législatives et les besoins changeants de la population.

Aujourd'hui, Biskra se trouve à un tournant critique de son développement urbain. Les décideurs locaux et les urbanistes sont confrontés au défi de promouvoir un développement durable qui intègre la modernisation tout en préservant l'identité et les caractéristiques uniques de la ville. En tirant des leçons de son histoire et en prenant en compte les besoins actuels et futurs, Biskra peut élaborer des stratégies urbaines innovantes pour le développement urbain et la durabilité environnementale face aux défis de la région.

L'histoire de l'évolution urbaine de Biskra illustre la façon dont les interactions entre l'histoire, la culture et les circonstances sociales ont façonné la ville au fil du temps. La compréhension de cette évolution peut fournir des enseignements précieux pour guider le développement futur de Biskra et d'autres villes, en garantissant que les décisions urbaines prennent en compte à la fois le patrimoine passé et les besoins actuels et futurs.

Chapitre 2. Les infrastructures vertes oasiennes de la ville de Biskra : entre le passé et le présent

Introduction

À travers ce chapitre, le prisme des différents rôles nous guidera dans l'extraordinaire développement des infrastructures vertes des oasis à Biskra, un voyage qui nous mènera des temps précoloniaux jusqu'à la période contemporaine. En examinant de près l'histoire ancienne, nous révélerons la trajectoire de ces systèmes, depuis leurs modestes débuts jusqu'à leur épanouissement spectaculaire en un réseau complexe et bien intégré, qui joue un rôle crucial au sein de cet écosystème unique.

Cependant, derrière chaque étape de cette évolution, se trouvent des lois, des règlements et des enjeux environnementaux qui ont façonné le destin de cette infrastructure verte en constante transformation. Nous examinerons de plus près les politiques qui ont conduit à leur développement, tout en examinant les défis contemporains auxquels ils sont actuellement confrontés. La dégradation progressive des infrastructures vertes oasiennes, causée par des pressions démographiques, des changements environnementaux et d'autres facteurs, sera examinée avec un souci de compréhension approfondie. Cette exploration nous permettra de mieux saisir la nécessité urgente de préserver et de restaurer ces joyaux écologiques, afin de préserver l'intégrité de l'écosystème oasien pour les générations futures.

Ce chapitre nous invite à un voyage à la fois de temporalité et de conscience, avec des oasis vertes s'imposant comme les gardiennes silencieuses d'une histoire riche et complexe. À travers cette lentille, nous pouvons voir la forme d'un avenir durable, où l'homme et la nature coexistent en harmonie, guidés par les leçons du passé pour créer un avenir meilleur.

1. Les infrastructures vertes oasiennes de Biskra et les services écosystémiques

L'écosystème oasien de Biskri fonctionne grâce à l'interconnexion étroite entre l'eau, les palmiers et l'habitat (Bouzaher et Alkama, 2017). Cette relation symbiotique offre de nombreux avantages à la société de Biskra.

1.1. Écosystème vital pour l'économie locale

L'agriculture et la phoeniciculture jouent un rôle fondamental et multifacette dans le développement local de la communauté des Ziban à Biskra. Ces activités se révèlent être des acteurs clés dans la façon dont l'environnement est façonné et comment la qualité de vie des résidents est améliorée de manière significative. En outre, elles contribuent à instaurer une cohésion fluide et harmonieuse entre divers secteurs d'activité, notamment l'agriculture, la phoeniciculture et le commerce. Cette conjonction synergique crée un tissu social et économique qui concourt à l'épanouissement des habitants de la région. Il est également important de noter que l'oasis de Biskra, en raison de son emplacement stratégique, s'est spécialisée dans le commerce et les échanges, ajoutant une dimension supplémentaire à la prospérité et à l'agrément de la vie locale. Dans les Ziban, la phoeniciculture et l'agriculture étaient considérées comme des choix fondamentaux pour la société, ce qui a permis une diversification économique importante. Les palmiers-dattiers, les cultures céréalières, maraîchères et médicinales ont joué un rôle clé dans le développement local de la région, créant une dynamique économique et sociale positive (Bouzaher et Alkama, 2017).

Le jardin enclavé au cœur de la palmeraie émerge comme un espace vert aux multiples fonctions, endossant un rôle vital au sein des communautés économiques traditionnelles. Il se présente comme une source d'alimentation pour les résidents ainsi qu'un réservoir de produits alimentaires destinés à la vente. Cet espace témoigne des modes de vie et des pratiques économiques durables inhérents à ces communautés (Farhi et Hadagha, 2018). Les produits agricoles issus de la palmeraie sont une ressource cruciale pour la société oasienne, garantissant leurs besoins essentiels et leur autosuffisance (Sriti, 2013). Les Bsakra, qui sont les habitants de Biskra, tiraient leur subsistance de leur riche patrimoine économique comprenant une palmeraie, une oliveraie, des champs de blé ou

d'orge, des cultures maraîchères, un poulailler, une bergerie et une écurie pour les ânes (Zerdoum, 2003).

1.2. Écosystème pour favoriser la cohésion sociale

La palmeraie est un point de rencontre pour tous les habitants de l'oasis. C'est là qu'ils planifient, recrutent, échangent des produits agricoles et discutent de l'avenir de l'oasis et de leurs enfants. C'est un endroit où les solidarités sociales se forment, se renforcent et durent dans le temps, ce qui crée une vie sociale basée sur l'équité et se caractérise par différentes formes de solidarité. Par exemple, la participation à la construction des maisons oasiennes, appelée localement « La Twisa ». Pour les événements sociaux, tous les habitants des oasis se rassemblent pour soutenir les familles concernées. Ils collectent les produits nécessaires et participent activement aux différentes tâches. Les habitants se mobilisent pour soutenir ceux dans le besoin en se coordonnant et en partageant les responsabilités afin de fournir aux familles nécessiteuses un logement décent conforme aux normes rurales (Farhi et Hadagha, 2018).

Le palmier dattier est véritablement au cœur de la vie sociale des oasiens. Il joue un rôle essentiel dans la stabilité sociale de la population des oasis zibanaises. Il permet de préserver les connaissances et les compétences traditionnelles, ce qui favorise une utilisation judicieuse et durable des ressources naturelles, notamment l'eau dans les techniques d'irrigation et le choix des variétés de dattes adaptées. C'est vraiment fascinant de voir comment le palmier dattier contribue à la préservation de la culture et de l'environnement dans les oasis zibanaises. La diversité des plantes de palmiers a une valeur réelle en raison des liens historiques, techniques et agricoles entre les groupes et les individus, ainsi que de son importance culturelle et sociale. C'est une richesse qui renforce les liens et contribue au bien-être des communautés (Bouzaher et Alkama, 2012 ; 2013).

Pour répondre à la question de l'irrigation à Biskra, une solution fut mise en œuvre avec la construction du fortin Borj_Tork au nord de l'oasis, à Ras El Ma. Cette forteresse logeait une brigade chargée de superviser et de réguler les cours d'eau, assurant ainsi une répartition équitable des ressources en accord avec l'importance démographique et agricole de chaque quartier. Cet exemple illustre une forme de gouvernance locale équitable et méthodique dans la gestion des ressources hydriques (Hadagha, 2022).

1.3. Écosystème pour un environnement écologiquement équilibré et favorable à la bioclimatique

Le palmier est véritablement un trésor écologique. Son bois est utilisé de manière durable dans la construction des habitations, tandis que ses feuilles sont employées pour créer des clôtures. Chaque composante de cet arbre est valorisée et transformée en objets pratiques pour la vie quotidienne, illustrant ainsi une utilisation ingénieuse et respectueuse des ressources naturelles (Bouzaher et Alkama, 2012 ; 2013). La terre occupe une place centrale en tant que matériau de prédilection pour construire les habitations. L'architecture locale se distingue par des murs d'une robuste épaisseur de 60 cm au rez-de-chaussée, réduite à 40 cm à l'étage supérieur. Ces murs sont édifiés à partir d'un grand nombre de briques de terre (Toub) confectionnées sur le lieu même de la construction. La préparation de ces briques s'inscrit dans un processus traditionnel et harmonieux avec l'environnement local. Les fondations sont construites en utilisant des pierres provenant de l'oued Sidi Zarzour et du mont de Bou-Mangouche. L'utilisation de murs en terre épais présente un avantage crucial en matière de régulation thermique, en limitant la transmission de chaleur à l'intérieur des espaces de vie. Cette caractéristique offre une protection efficace contre les températures extérieures élevées, caractéristiques de la région. De plus, l'ingéniosité de la conception se révèle également à travers les petites ouvertures aménagées au niveau des planchers, favorisant une circulation d'air optimale et contribuant ainsi à une meilleure aération intérieure. Cette solution architecturale traduit une compréhension profonde et respectueuse des contraintes climatiques locales (Addad et Zerouala, 2002).

La palmeraie offre une protection contre les rayons solaires et agit comme une barrière contre les vents chauds du Sud et les vents froids du Nord. Elle régule la température et crée un microclimat agréable pendant la saison chaude. L'eau de la saguia au milieu de la palmeraie permet une meilleure humidification de l'air sec provenant de l'extérieur. Grâce à cela, la température à l'intérieur des espaces habités est réduite naturellement, créant un climat plus frais et convivial dans les espaces urbains (Fig. 56). Les brises se propagent et rendent l'environnement plus agréable (Bencheikh, 2001).

La palmeraie à culture étagère se présente comme un écosystème foisonnant en biodiversité, constituant un habitat de choix pour une multitude de plantes et d'animaux. Cette riche variété de vie joue un rôle crucial dans la

préservation de l'équilibre écologique au sein de l'oasis, tout en garantissant les moyens de subsistance des résidents locaux (Hadagha *et al.*, 2018).

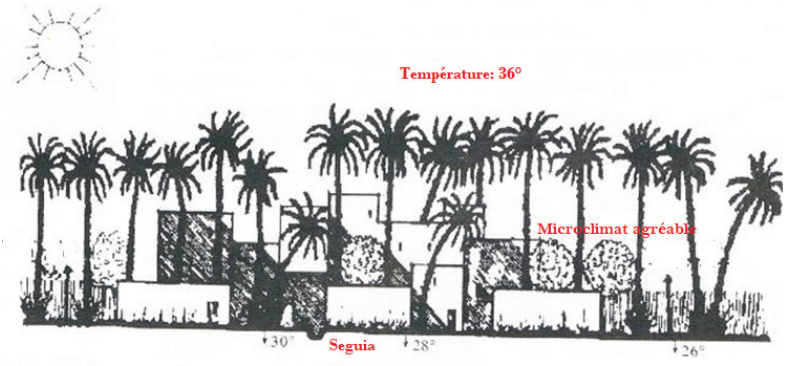


Fig. 56. Des variations de température en fonction des différents microclimats présents à la palmeraie ; quartier M'cid (Biskra) (Adaptée par : Addad et Zerouala, 2002, d'aprés Bencheikh, 2001).

L'écosystème oasien joue un rôle crucial dans la protection de l'environnement en recyclant et en réutilisant les déchets et sous-produits de l'agriculture et de l'élevage sur place. Cela contribue à réduire la quantité de déchets et à préserver la nature. Les habitants de Biskra ont su réutiliser les déchets pour produire du compost, ce qui améliore la qualité et la fertilité du sol. Cela permet d'augmenter la productivité agricole de manière durable. Ils ont utilisé les déchets domestiques pour nourrir leurs animaux en pâture, créant ainsi un système circulaire de recyclage. Leur engagement envers le recyclage des déchets a contribué à la création d'un environnement propre, sain et écologique (Hadagha, 2022).

2. Évolution des infrastructures vertes oasiennes à Biskra

La ville de Biskra abrite neuf catégories d'infrastructures vertes, incluant six jardins publics hérités principalement de l'époque coloniale (Fig. 57). Ensemble, ces espaces couvrent une superficie totale de 28,25 hectares. De plus, trois alignements boisés complètent également le paysage verdoyant de la ville (Benmechiche *et al.*, 2021).

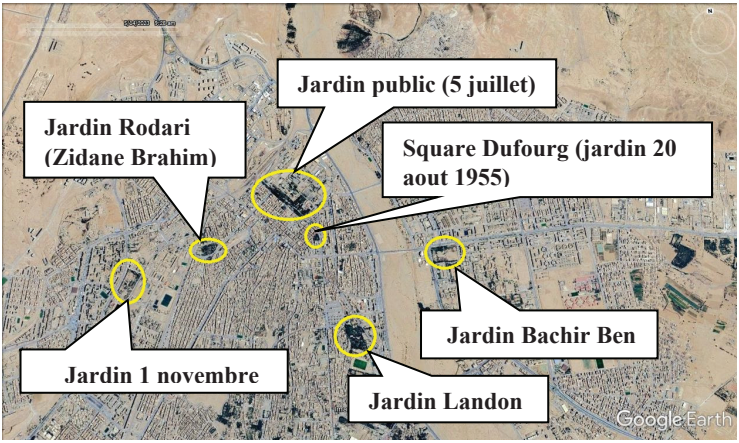


Fig. 57. Situation des jardin publics de la ville de Biskra (Adapté par : Google Earth, 2023).

2.1. Époque précoloniale (avant 1541- 1844)

Avant l'arrivée des Turcs (avant 1541), Biskra était essentiellement une oasis agricole, caractérisée par une palmeraie occupant près de 90% de la superficie totale. Cependant, avec l'arrivée des Turcs en 1541, la dynamique urbaine s'est accélérée, donnant naissance à la création de sept villages à l'intérieur de la palmeraie. Cette phase de développement marquant la genèse de l'ancienne Biskra a entraîné une réduction de la superficie de la palmeraie, qui est devenue environ 80%. Les espaces verts publics tels que nous les connaissons aujourd'hui n'existaient pas encore à cette époque (Benmechiche *et al*., 2021).

L'infrastructure verte oasienne à Biskra tire son origine de la végétation luxuriante de la palmeraie. Elle joue un rôle essentiel en tant que couverture pour l'habitat, créant ainsi une enveloppe bioclimatique. Cet espace offre non seulement un confort thermique, mais il revêt également une importance économique, car la palmeraie était la base et la source de la vie. On peut donc conclure que l'infrastructure verte oasienne à Biskra remplit une double fonction, en tant qu'enveloppe bioclimatique et en tant que pilier économique grâce à la multifonctionnalité des écosystèmes (Badache, 2014). La palmeraie et les seguias ont joué un rôle central dans la formation

des petits établissements humains à Biskra. Les sept villages oasis sont ingénieusement aménagés autour de la mosquée et des cours d'eau (Seguias) qui serpentent le long des rues (Z'gag) pour irriguer les jardins des palmeraies (Fig. 58). L'eau a joué un rôle essentiel dans la création de la forme urbaine à Biskra, et elle a été l'élément générateur qui a façonné la structure de la ville (Alkama, 1995).

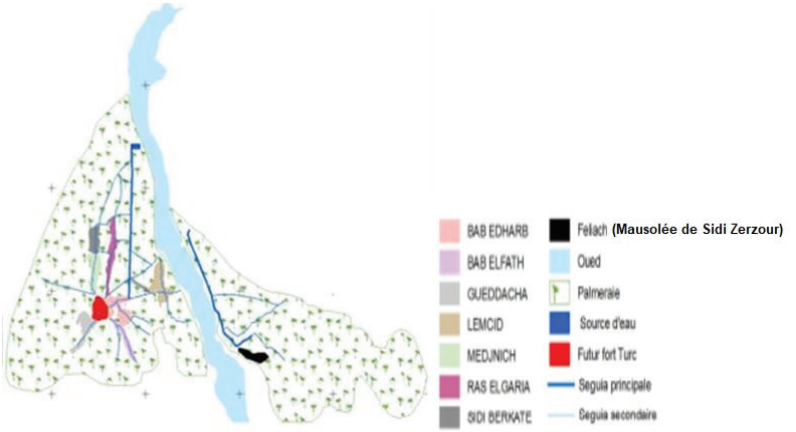


Fig. 58. État des infrastructures vertes oasiennes de la ville de Biskra à l'époque précoloniale (Adaptée par : Berghout, 2015, d'après les archives de la ville de Biskra).

2.2. Époque coloniale (1844-1962)

La trajectoire de développement de la ville a connu des évolutions significatives. Bien que l'esprit de l'oasis demeure, caractérisé par la présence d'eau, de végétation et d'architecture traditionnelle, il a évolué de manière singulière. Les infrastructures vertes oasiennes qui autrefois encerclaient la ville sont à présent intégrées dans des parcelles. Cette transformation a introduit une nouvelle approche dans la manière d'organiser ces infrastructures, tout en préservant leur essence oasienne (Badache, 2014). L'urbanisation s'est intensifiée avec la création du damier colonial, entraînant une réduction de la superficie de la palmeraie qui s'est réduite et est devenue 70% (Benmechiche *et al.*, 2021). Nouveaux types d'infrastructures vertes ont été introduits, tels que les jardins publics et les squares (Fig. 59). Pendant cette période, Biskra est devenue une grande

oasis pittoresque et touristique pour les vacanciers européens. En 1932, le « plan Dervaux » a été mis en place, comprenant des jets d'eau et des jardins publics pour améliorer l'image pittoresque de la ville. Durant cette période, des jardins tels que le jardin Landon et le jardin public (maintenant 5 juillet) ont été aménagés à Biskra (Fig. 57). Ces jardins sont traversés par des seguias et bénéficient d'un système d'irrigation, rappelant l'atmosphère d'une véritable oasis (Naceur, 2004). Ces jardins ont joué un rôle essentiel dans la régulation thermique de la ville de Biskra. Leur répartition équilibrée dans la ville a contribué à créer un microclimat favorable et à offrir un certain confort thermique, ce qui est particulièrement bénéfique dans une région chaude et aride comme Biskra (Badache, 2014).

Durant cette période, les jardins publics étaient des lieux de rassemblement et de rencontres pour la communauté. Ces espaces jouaient un rôle crucial dans la vie sociale et permettaient aux gens de se retrouver et de se réunir.



Fig. 59. État des infrastructures vertes oasiennes de la ville de Biskra à l'époque coloniale (Source : Les tizis, 2022).

2.2.1. Jardin public (jardin 5 juillet)

Le jardin se trouve en plein centre-ville, dans le quartier du damier colonial (Fig. 57). Il est entouré au nord par une caserne toujours en activité. De plus, l'ancienne église catholique a été transformée en centre culturel islamique (Badache, 2014). Il a été formé en utilisant un groupe d'arbres existants de type « Acacia arabica » résistant. Des jeunes militaires qui cherchaient de l'ombre à la caserne ont participé à sa création. Il a été conçu entre 1848 et 1898 (Benmechiche *et al.*, 2021).

Le jardin s'étend sur une superficie de 5,2 hectares avec un tracé régulier et linéaire (Fig. 60). Une grande allée centrale, bordée d'arbres sur une largeur de 10 mètres, est un endroit remarquable tant pour le jardin que pour toute la ville. Le jardin est irrigué par un forage à travers des séguias, qui sont un système d'irrigation traditionnel ancien de la région. Le jardin comprend également deux aires de jeux pour enfants, deux cafétérias, un terrain de pétanque, une salle d'eau, une pépinière et le siège de l'association Biskra la verte. La clôture du jardin est constituée d'un mélange de béton et de métal, et est ornée d'une magnifique rangée d'arbres qui ajoute également de la beauté à la route qui entoure le jardin. Autrefois, cette route était entièrement ombragée (Benmechiche *et al.*, 2021).

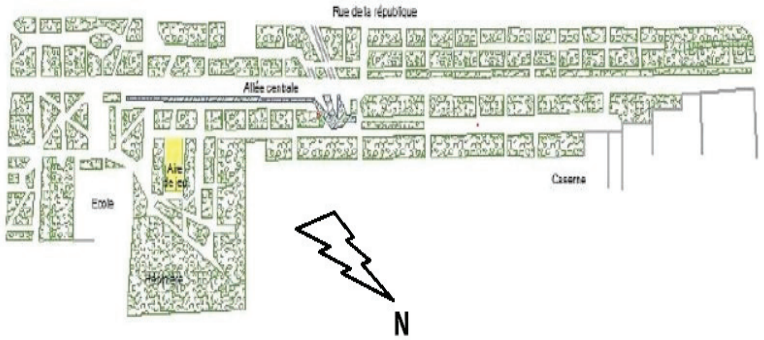


Fig. 60. L'aménagement du jardin public (5 juillet) (Adapté par : Benmechiche *et al.*, 2021).

D'après le même auteur, le tapis végétal du jardin du 05 juillet est essentiel pour le centre-ville. Il abrite 44 espèces et 2305 pieds (Tableau 8). C'est vraiment intéressant de savoir que le « Ficus sycomore » est unique au jardin du 05 juillet et au jardin de Hamma à Alger qui est originaire de l'Egypte et du Yémen. Il y a d'autres espèces intéressantes dans le jardin du 05 juillet. L'orme, une espèce exotique, a réussi à s'acclimater à Biskra (Benmechiche *et al.*, 2021). C'est une belle preuve de l'adaptabilité de la nature.

Tableau 8. La liste des espèces présentes dans le jardin 5 juillet (Source : Benmechiche *et al.,* 2021).

N°	Nom d'espèce	Nombre de pied	N°	Nom d'espèce	Nombre de pied
1	Duranta	457	23	Latanier	9
2	Ficus retusa jeune	427	24	Bois de guitare	9
3	Ficus retusa adulte	227	25	Cyprès commun	8
4	Orme d'Amérique	130	26	Oranger des Osages	8
5	Févier d'Amérique	117	27	Eucalyptus rouge	8
6	Washingtonia	117	28	Cotonnier en arbre	7
7	Leucaena	103	29	Bois de rose	6
8	Cassier	101	30	Noyer des Indes	6
9	Palmier dattier	73	31	Tamaris	6
10	Frêne commun	58	32	Olivier	5
11	Caroubier	55	33	Rose de Chine	4
12	Pistachier térébinthe	54	34	Chêne vert	4
13	Lantanier	52	35	Ficus Lyrata	3
14	Ficus sycomore	49	36	Figuier commun	3
15	Acacia arabica	46	37	Pin d'Alep	3
16	Bougainvillier	30	38	Mûrier blanc	3
17	Pittosporum	25	39	Prunier	3
18	Palmier des canaris	24	40	Myoporum	2
19	Bambou nain	18	41	Gattilier	2
20	Rosier	17	42	Flamboyant bleu	1
21	Grenadier	12	43	Néflier	1
22	Laurier rose	11	44	Bambou sp	1
Total			**2305 ds**		



Fig. 61. Jardin 5 juillet 1962 à Biskra (Source : Auteur, 2022).

2.2.2. Jardin Landon (jardin Elferdouss)

La « Maison Benevent », également connue sous ce nom, a été créée par le comte de Landon de Longueville en 1872, et il a choisi Biskra en raison du climat favorable à son état d'asthmatique chronique. Le jardin se trouve dans le quartier « Châtaigniers » au sud-est de Biskra le long de l'Oued Zerzour. Il est considéré comme le deuxième plus grand jardin en Algérie, après celui de Hamma à Alger, en raison de la diversité des espèces végétales qu'il abrite (Luckhurst, 2009 ; Benmechiche *et al.*, 2021). Il avait pour objectif d'acclimater des essences méditerranéennes et tropicales dans ce jardin (Rosso, 2017). Il contient d'espèces tropicales, d'arbres de toutes sortes et de palmiers ornementaux. La plupart de ces espèces ont été importées d'autres pays à travers le monde (Benmechiche *et al.*, 2021). Avec un dévouement exemplaire et une générosité inégalée, Landon de Longueville a consacré de nombreuses années de sa vie ainsi qu'une part de sa fortune à rassembler une vaste variété de plantes et plus d'une centaine d'espèces d'oiseaux du monde entier. Son objectif ultime était de métamorphoser ce petit coin de terre désertique en un véritable havre de paix et de relaxation, spécialement conçu pour accueillir des personnalités influentes et éminentes (Fig. 62). Grâce à ses efforts inlassables, il a réussi à créer un lieu véritablement unique et enchanteur qui continue de captiver l'imagination (Luckhurst, 2009). Le prestige du jardin s'est rapidement répandu, et son créateur a érigé un pavillon d'accueil où des visiteurs, des artistes et des poètes venant de différents horizons européens étaient chaleureusement reçus (Luckhurst, 2009 ; Benmechiche *et al.*, 2021).

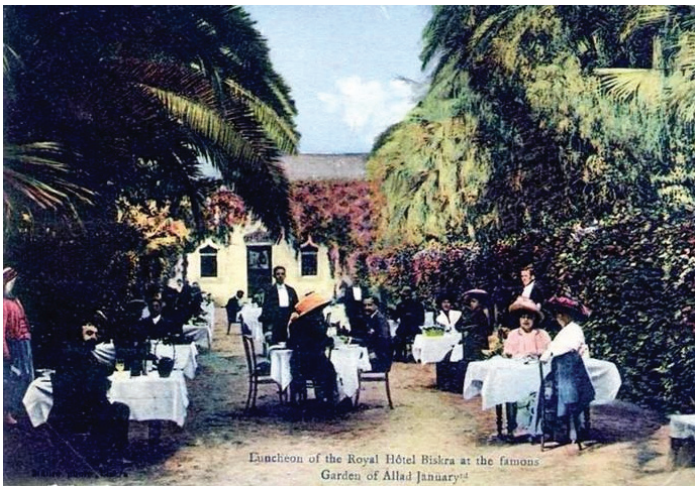


Fig. 62. Jardin Landon à l'époque coloniale (Source : Les tizis, 2022).

Pour répondre aux besoins de ces invités, divers équipements ont été intégrés, notamment une église, un restaurant, un bar, et bien d'autres (Naceur, 2004). Le jardin a captivé ses visiteurs et a suscité l'inspiration de nombreux écrivains et poètes. Parmi eux, l'écrivain anglais Robert Hichens a même publié un ouvrage intitulé « le paradis d'Allah », tandis que M. Lois Bertrand a écrit « Le jardin de la mort », témoignant de la magie de cet endroit (Benmechiche *et al.*, 2021). Le jardin était la propriété du comte Landon, qui était d'origine anglaise (Fig. 63). C'est pourquoi on peut expliquer sa conception organique et l'organisation curvilinéaire et étroite des allées (Naceur, 2004).

Le jardin a en effet connu des évolutions au fil du temps. Initialement, il s'étendait sur 10 hectares et abritait une grande variété d'espèces, parmi lesquelles figuraient des plantes tropicales telles que les lataniers, les bananiers, les bambous, les cocotiers et les ficus de l'Inde. Cependant, aujourd'hui, sa superficie s'est réduite à moins de 4 hectares et il compte environ 54 à 52 espèces, certaines étant malheureusement en voie de disparition (Benmechiche *et al.*, 2021).



Fig. 63. L'aménagement du jardin Landon (Adaptée par : Benmechiche *et al.*, 2021).

Il est essentiel de souligner que la diversité faunistique est plus élevée dans les régions naturelles, suivie des parcs, puis des zones urbaines (Aouissi *et al.,*2021). Cela met en évidence l'importance cruciale de ce jardin en tant que zones d'habitat favorables à la préservation de la diversité faunistique (Tableau 9).

Tableau 9. Les différentes espèces faunistiques présentes dans le jardin Landon (Source : Benmechiche *et al.,* 2021).

Espèces	Nom commun
Ciconia ciconia	Cigogne blanche
Strix sp.	Chouette
Otus scops	Hibou petit duc
Asio otus	Hibou moyen duc
Bubo bubo	Hibou grand duc
Genetta genetta	Genette
Atelerix algirus	Hérisson de l'Algérie



Fig. 64. Jardin Landon (Source : Auteur, 2022).

2.2.3. Jardin Rodari (jardin Zidane Brahim)

Après l'indépendance, le jardin a été nommé Zidane Brahim. Il se situe au centre de la ville à côté de la direction des anciens Moudjahidines. Ce jardin, qui remonte à l'époque coloniale, était autrefois une palmeraie (Fig. 65).

Le jardin Rodari présente une forme géométrique irrégulière et s'étend sur une surface de 1,28 Ha. En 1993, il a été confié aux services de la conservation des forêts et ouvert au public en 1999 (Bengouga, 2019). On y trouve une variété d'arbres fruitiers, ornementaux et forestiers des palmiers-dattiers, des aires vertes ainsi que diverses espèces faunistiques (oiseaux et de mammifères), et il est considéré comme le premier jardin zoologique de la ville.



Fig. 65. Jardin Rodari (Source : Auteur, 2022).

2.2.4. Square Dufourg (jardin 20 aout 1955)

Le Square Dufourg (Fig. 66), connu sous le nom de jardin 20 août 1955 après l'indépendance, a été créé pendant la période coloniale. Il présente une forme géométrique pentagonale avec sa strate arborescente à caractère purement ornemental, crée une atmosphère agréable et esthétique. Il est situé au centre-ville, au Sud-est du jardin 05 juillet, sur le prolongement du Boulevard Hakim Saadane. Le jardin s'étend sur 01.28 Ha et a été réhabilité en 2003 dans le cadre du fond sud. Il est maintenant un jardin public, offrant un lieu de distraction et de loisir pour les familles de la ville de Biskra (Badache, 2014).



Fig. 66. Square Dufourg (jardin 20 Aout 1955) (Source : Auteur, 2022).

2.3. Époque de l'indépendance (1962 à nous jours)

Dans cette époque, les autorités étatiques ont modelé la forme urbaine de la ville en intégrant l'espace vert de manière très minimale (Fig. 67). Principalement, cela s'est fait par la plantation d'arbres ou d'arbustes le long des allées. Malheureusement, l'eau a été largement exclue de cet aménagement (Badache, 2014).



Fig. 67. État actuel des infrastructures vertes oasiennes de la ville de Biskra. (Source : Google Earth, 2023).

2.3.1. Jardin 01 novembre

Le jardin se trouve à l'ouest, à proximité de la bibliothèque municipale de la ville, en face d'un ensemble de logements collectifs comprenant 830 logements (Fig. 57). Le jardin a été créé dans les années 1972 et couvre une superficie de 3 hectares. Depuis sa création, il a subi plusieurs transformations, telles que l'introduction de plantes forestières et la création d'une pépinière. Cependant, en raison d'un manque de financement, il a été négligé et finalement abandonné, ce qui a entraîné la détérioration de la plupart des plantes et la disparition des infrastructures existantes (Badache, 2014).

Depuis sa réhabilitation dans le cadre du fonds sud en 2003, le jardin est géré par un privé en concession depuis le 5 juillet 2008. Il est devenu un lieu de détente et de loisirs très apprécié par les familles de la ville de Biskra (Badache, 2014).



Fig. 68. Jardin 01 novembre (Source : Auteur, 2022).

2.3.2. Jardin Bachir Ben Naceur

Le jardin est situé à El Alia, à côté de l'hôpital Bachir Ben Naceur, en bordure de l'oued Sidi Zarzour (Fig. 57). Le jardin couvre une surface 3,37 hectares. Il a été créé aux environs de 1992 en tant que jardin public par l'APC de Biskra. À l'époque, il n'était qu'un simple terrain nu près de l'hôpital Bachir Ben Naceur. Depuis son aménagement, des améliorations ont été apportées, notamment la construction d'une clôture, la création d'allées et de bordures, la réalisation d'un forage et la plantation de différentes espèces végétales (Badache, 2014).



Fig. 69. Jardin Bachir ben Naceur (Source : Auteur, 2022).

3. Le cadre législatif à Biskra pour l'aménagement des différents types d'infrastructures vertes urbaine

Dans le but d'assurer la localisation, la conception et la préservation des espaces verts dans la ville, l'Algérie a mis en place des règles et

réglementations spécifiques. Biskra bénéficie également de ces dispositifs pour garantir l'aménagement et la préservation de ses espaces verts urbains.

3.1. Les texte de lois

Loi n° 90-08 du 07/04/90 relative à la commune

- ✓ Selon l'article 94 du chapitre II (urbanisme, infrastructure et équipements) de la loi, il est bien indiqué que l'Assemblée Populaire Communale (APC) a l'obligation de prendre en compte la préservation des terres agricoles et des espaces verts lors de l'implantation des projets dans la commune.
- ✓ Selon l'article 108 du chapitre (hygiène, salubrité et environnement) de la loi, il est stipulé que la commune a la responsabilité de créer et d'entretenir des espaces verts ainsi que du mobilier urbain pour améliorer le cadre de vie.

Loi n° 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme, modifiée et complétée par la loi 04-05 du 14 août 2004

La loi introduit le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) en modifiant le plan d'urbanisme directeur (PDU). L'introduction du terme « aménagement » dans l'outil urbanistique élargit son champ d'action à l'ensemble de la commune. Le découpage du territoire en Plan d'Occupation des Sols (POS) est une étape importante de cette démarche. Il est essentiel d'avoir des énoncés clairs et des objectifs d'aménagement pour élaborer un POS cohérent. De plus, la loi 90-29 a été modifiée et complétée par la loi 04-05 du 14 août 2004 pour prendre en compte les évolutions dans le domaine de l'urbanisme.

Selon l'article 81, établit les règles générales pour organiser la production du sol urbanisable tandis que l'article 31 mentionne le plan d'occupation des sols qui délimite les espaces publics, les espaces verts, les emplacements réservés aux ouvrages publics et installations d'intérêt général, ainsi que les tracés et caractéristiques des voies de circulation.

Loi n° 07-06 du 13 mai 2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts

Cette loi vise à définir les règles de gestion, de protection et de développement des espaces verts dans une perspective de développement durable. Ses objectifs incluent l'amélioration du cadre de vie urbain, l'entretien et l'amélioration de la qualité des espaces verts existants, la promotion de la création d'espaces verts de toutes sortes, l'extension des espaces verts par rapport aux zones construites, ainsi que l'intégration obligatoire d'espaces verts dans tout projet de construction, soutenue par des études urbanistiques et architecturales publiques et privée. Elle a une portée très large puisqu'elle englobe tous les aspects du paysage, qu'ils soient urbains, naturels. Elle intègre également la notion d'intérêt paysager dans les études d'aménagement et d'occupation des sols ainsi que dans les procédures d'urbanisme. La loi prend également en compte l'intérêt paysager dans les études d'aménagement et d'occupation des sols, ainsi que dans les procédures d'urbanisme.

3.2. Les textes d'application

Décret exécutif nº 09-147 du 2 mai 2009 fixant le contenu et les modalités d'élaboration, d'adoption et de mise en œuvre du plan de gestion des espaces verts

Ce décret a pour but de déterminer le contenu et les étapes pour élaborer, adopter et mettre en œuvre le plan de gestion des espaces verts en fonction de leur catégorie.

Selon l'article 3 du décret, les plans de gestion des espaces verts fixent l'identification de l'espace vert, sa nature juridique, l'état des lieux physique et biologique, les mesures et travaux d'entretien nécessaires, le programme d'intervention à court et moyen terme, ainsi qu'une éventuelle cartographie de l'espace vert. Ils sont élaborés pour une durée de 5 ans et sont révisés à la fin de cette période conformément à l'article 4.

Décret exécutif nº 09-67 du 7 février 2009 relatif à la nomenclature des arbres urbains et des arbres d'alignements

Le présent décret établit la nomenclature des arbres urbains et des arbres d'alignement.

3.3. Circulaires et arrêté

□ Circulaire (MUCH) référence n° 5268/BODG/83/34H.3.2.1. 1386/H.1 du 05 mars 1983 relative à l'aménagement des lotissements

On relève que :

- ✓ Les groupements de 50 à 300 logements sont composés de plusieurs îlots qui incluent un réseau interne de circulation, des zones de stationnement, des espaces semi-publics aménagés tels que des aires de jeux et des espaces verts, ainsi que des commerces de première nécessité ;
- ✓ En ce qui concerne les voiries et les espaces ouverts, on peut identifier différents types d'espaces, comme les aires de jeux et les espaces verts. Pour les espaces de jeux, il est recommandé de prévoir une superficie minimale de 1,5 m² par habitant, tandis que pour les espaces verts, il est conseillé de prévoir un minimum de 2 m² par habitant.

□ Circulaire ministérielle (MUCH) n° 9256/BODG/83/H.1/366/H3 du 29 novembre 1983 relative à promotion et l'aménagement des espaces verts

Dans ce contexte, les divers plans d'aménagement du territoire (PUD, plan ZHUN, plan de lotissement, etc.) prévoient, conformément aux normes, l'emplacement et la taille des espaces verts, des aires de jeux, ainsi que leur préservation, conservation et aménagement.

□ Circulaire interministérielle du 31 octobre 1984 fixant les normes minimales indicatives pour la réalisation d'espaces verts en Algérie

- ✓ Chaque habitant bénéficie d'un minimum de 4 m^2 d'espaces verts interquartiers, tels que des squares et des jardins publics
- ✓ Chaque habitant bénéficie d'un minimum de 6,80 m^2 d'espaces verts d'accompagnement pour les ensembles d'habitations, répartis de manière suivante :

  - □ Espaces verts résidentiels plantés : 1,80 m/habitant ;
  - □ Aires de jeux ;

- Jardin d'enfant pour enfants de moins de 4 ans : 0,2 m^2/habitant ;
- Plaines de jeux pour enfant au-dessus de 10 ans : 3 m^2/habitant ;
- Jardin d'enfant pour enfants de 4-10 ans : 0,8 m^2/habitant ;
- Aires sablées pour jeux libres : 0,50 m^2/habitant ;
- Il est prévu d'aménager des espaces libres homogènes de rencontre tels que des placettes, des allées de promenade et des boulevards. Chaque habitant bénéficie d'un minimum de 0,5 m^2 de ces espaces ;

✓ Arbres d'alignement sur la voie publique ;

- A l'intérieur des agglomérations : prévoir espacement d'un arbre tous les 5 m ;
- Sur les voies à grande circulation, il est prévu d'espacer un arbre tous les 10 m ;

✓ Chaque habitant bénéficie d'un minimum de 10 m^2 d'espaces verts situés autour des édifices publics et à l'intérieur des structures à vocation socio-économiques et culturelles, y compris les zones industrielles.

Arrêté ministériel du 05 mars 1984 portant cahier des charges type relatif à l'administration des zones industrielles

L'article 1 stipule que :

- ✓ Pour préserver la propreté et l'aspect de l'environnement dans la ville, il est essentiel que tous les bâtiments, quels que soient leurs usages, ainsi que les terrains, même s'ils sont utilisés comme dépôts, soient aménagés et entretenus de manière à préserver leur propreté et leur apparence ;
- ✓ En ce qui concerne les espaces libres intérieurs, il est recommandé de les aménager en espaces verts et éventuellement en aires de loisirs, conformément aux dispositions prévues dans les dossiers de lotissements.

4. Les enjeux environnementaux et les risques majeurs dans la ville

4.1. Les inondations

Historiquement, la ville traditionnelle de Biskra a été préservée des crues et des inondations (sauf celle de 1969) grâce à une planification urbaine bien conçue. Les rues, ruelles et les maisons sont disposées de manière à permettre une évacuation efficace des eaux pluviales, ce qui protège les fondations et les murs des dommages. Le wast eddar (patio intérieur) est spécialement conçu pour préserver l'activité quotidienne même pendant les jours de pluie, tout en protégeant la structure des dangers de l'eau (Adad et Zerouala, 2002).

Biskra a été confrontée à de nombreuses perturbations naturelles, notamment des inondations, principalement en raison de l'urbanisation non maîtrisée. Cela a entraîné des engorgements dans les réseaux d'assainissement qui ne sont pas conçus pour absorber de fortes précipitations (Azioune *et al.*, 2018 ; Hadji et Petrişor, 2023). Les années les plus catastrophiques ont été 1960, 1963 et 1969, ainsi que 2005 et 2015 (Fig. 70). Cela a entraîné la fermeture des routes, des réseaux d'assainissement et des coupures d'électricité (Azioune *et al.*, 2018). L'auteur confirme que : *« La ville est dotée en effet, d'un réseau d'assainissement relevant en totalité du système unitaire, où l'ensemble des eaux usées et pluviales sont évacuées en commun, un réseau vétuste et insuffisant qui ne couvre pas la totalité du périmètre urbain. On relève l'absence quasi-totale de réseau d'assainissement dans certains quartiers (El Alia, vieux Biskra, Sidi Ghezel etc.) où le recours aux fosses septiques et rejets en pleine nature constituent une atteinte à la santé publique. Le réseau comprend six collecteurs principaux en béton armé »* (Azioune *et al.,* 2018).



Fig. 70. Des quartiers inondés à Biskra (Adaptée par : Azioune *et al.,* 2018).

Les événements hydrologiques et les inondations à Biskra sont souvent causés par des averses exceptionnelles en termes d'intensité, d'étendue et de durée, qui ne dépassent généralement pas une heure (Berghout, 2015). Ces phénomènes peuvent entraîner de graves dommages en termes de pertes humaines et matérielles (Tableau 10).

Tableau 10. Historique des inondations de la ville de Biskra depuis 1980 (Source : Azioune *et al.*, 2018).

Dates des inondations	**Quartie-rs, zones ou secteur touchés**	**Dégâts**		
		Humains (morts et blessés)	**Sinistrés**	**Matériels**
Février 1980	Ancienne ville,Sidi Zarzour	4 morts, 32 blessés	200 familles	—
Juin 1981	Ancienne ville oued Biskra	—	10 familles	2 bâtiments effondrés et 17 bâtiments endommagés à risque d'effondrement
Octobre 1982	Centre-ville	3 blessés, 2 portés disparus	138 familles	Réseau routier détérioré, 236 maisons endommagées ou détruites
Août1984	Centre-ville, Sidi Barket, Bab El-Darb et Majeniche	16 blessés	40 familles	435 maisons, 10 km decâble téléphonique, 21 habitations, 5 km câbleélectrique
Août 1989	El-Alia, Sidi Ghozel, ZhunEst, centre-ville, Star Melok	3 morts, 9 blessés	126 familles, 59 maisons	10 sociétés, 119 constructions, 543 habitations, 1,5 km de câbles électriques, 3 kmde route

Décembre 1990	Centre-ville et les quartiers surles berges de Sidi Zerzour)	7 blessés	58 familles	Effondrement de 40 habitations et 21 bâtiments endommagés, à risque d'effondrement
Janvier 2003	Quartiers longeant ouedBiskra et oued Zarzour	11 morts	—	543 habitations, 2,5 kmde routes.
Mai 2004	Biskra, El-Hadjeb	1 mort	—	8 habitations détruitessuite au débordement de l'Oued Biskra.
Avril 2005	La vielle ville et quartiers ouest, El-Hadjeb Sidi Zerzour, Z'mor, Oued El Hai)	3 morts, 7 blessés	—	Effondrement de 543 habitations
Janvier 2011	Oued Biskra	1 mort, 2 blessés	—	Dégâts matériels importants
Mars 2015	Oued Z'mor	5 morts 3 blessés	3 familles	Dégâts matériels, réseau routier endommagé

4.2. La dégradation des infrastructures vertes oasiennes et la crise écologique : une fragmentation de la palmeraie et menace croissante pour l'environnement

L'urbanisation croissante détruit l'équilibre écologique et impacte négativement le bien-être de l'homme. L'arrivée massive et la concentration excessive de population dans la ville de Biskra ont créé des problèmes socioéconomiques et environnementaux importants en raison du déséquilibre démographique (Berghout, 2015).

La transition d'une société agricole vers une société de plus en plus industrielle a perturbé L'équilibre économique établi depuis longtemps à Biskra et certains propriétaires préfèrent se débarrasser des palmiers, considérant que la culture des dattes n'est pas rentable (Adad et Zerouala, 2002 ; Hadagha, 2022). La palmeraie a subi une perte de 66,56% de sa superficie au cours des 30 dernières années (1985-2015). Cela montre l'impact considérable de l'étalement urbain sur le potentiel oasien de la palmeraie (Dechaicha, 2020). Cet acte a entraîné un changement du climat local (Tableau. 11) et un déséquilibre de l'écosystème de la ville de Biskra (Adad et Zerouala, 2002). De plus, elle a conduit à l'émergence de l'effet d'îlot de chaleur urbain en raison de la présence de zones bâties denses (Hamel *et al.*, 2021).

Tableau 11. Température de Biskra en deux dates différentes (Source : Adad et Zerouala, 2002).

Année	1959	1999
Température au centre-ville (C°)	36	44
Température à l'alentour de palmeraie (C°)	32	32

La dégradation des systèmes d'irrigation de la palmeraie, tels que les seguias, a eu un impact sur le tracé régulateur du tissu urbain et sur la vie économique de la palmeraie. Ils ont joué un rôle essentiel dans la préservation de l'écosystème et de l'économie locale (Berghout, 2015). La pollution des seguias est un problème préoccupant causé par le branchement des eaux usées et le déversement des déchets ménagers. Autre type de pollution concernant les déchets végétaux sont souvent mélangés aux déchets urbains, qu'ils soient organiques ou non organiques. Cela peut rendre le processus de gestion des déchets plus complexe. La quantité de déchets urbains à Biskra a augmenté au fil des années, passant de 82 447,63 tonnes en 2008 à 100 044,13 tonnes en 2013. Les déchets organiques représentent environ 80% de cette quantité totale (Hadagha, 2022).

5. Évolution des fondements du développement urbain durable associés aux infrastructures vertes au fil du temps dans la ville de Biskra

En nous basant sur les études précédentes de la littérature et en adoptant une approche analytique, nous entreprendrons une exploration des changements dans les principes du développement urbain durable en lien avec les infrastructures vertes à travers trois périodes clés : l'époque précoloniale,

coloniale et l'indépendance. Cette étude examinera l'évolution des politiques urbaines et des pratiques en matière d'infrastructures vertes dans ces contextes historiques. Nous mettrons en évidence les différences et similitudes dans les approches du développement urbain durable, en tenant compte de l'impact des régimes politiques, des idéologies, et des priorités socio-culturelles, économiques et environnementales. L'objectif est de comprendre l'évolution historique des fondements du développement urbain durable et d'identifier des pistes pour une planification et une gestion plus efficace des infrastructures vertes dans la ville actuelle (Tableau12).

Tableau 12. Évolution des fondements du développement urbain durable associés aux infrastructures vertes au fil du temps (Source : Adad et Zerouala, 2002 ; Badache, 2014 ; Berghout, 2015 ; Azioune *et al.,* 2018 ; Dechaicha, 2020 ; Hamel *et al.*, 2021 ; Hadagha, 2022 ; Hadji et Petrişor, 2023).

Époque historique	**Type et superficie des infrastructures vertes**	**Les piliers du développement urbain durable et les services écosystémiques fournis**	
Époque précoloniale (avant 1541-1844)	Palmeraie (de 90% à 80% du territoire)	Économique	- Agriculture urbaine axée sur une alimentation durable. - Des emplois verts au sein de la palmeraie. - La commercialisation était accessible. - Ville touristique après l'introduction des nouveaux types d'infrastructures vertes par les colons français.
Époque coloniale (1844-1962)	- La palmeraie couvre 70 % de la surface du territoire. - Nouveaux types d'infrastructures vertes : quatre jardins (jardin		

	public, Landon, Rodari et Dufourg)	Socioculturel	- Inclusion sociale (au sein des jardins) entre les indigènes et les colons. - Cohésion et équité sociale (au sein de palmeraies. - Une exposition régulière à la nature et en renforçant la sensibilisation aux enjeux environnementaux (les opportunités d'éducation). - Liens entre les campagnes garanties par la nature et la planification urbaine traditionnelle.
		Environnemental	- Gestion efficiente des terres. - Adaptation aux risques naturels (inondations, tempêtes de sable, sécheresse). - Protection de la biodiversité grâce au système de culture étagée. - Nouvelle biodiversité (variété d'espèces végétales et animales du monde entier) dans les jardins créés par les colons. - Fournir de matériaux de construction écologiques (palmes). - Environnement humidifié par l'eau du seguias réduit l'air sec. - Un microclimat agréable grâce à l'ombre fournie.

Époque de l'indépendance (1962 - 2015)	La palmeraie s'est réduite et est devenue 35 %	Économique	- Agriculture urbaine axée sur une alimentation durable et des emplois verts aussi dans ce domaine.
	- Infrastructures vertes limitées :		- D'autres types de travail (administration, construction) concurrencent les emplois verts.
	Deux jardins (Jardin 01 novembre, Bachir Ben Naceur).	Sociocultur el	- Le défi de l'identité traditionnelle oasienne.
			- Diminution la solidarité traditionnelle.
	- Quelques initiatives de plantation d'arbres ou d'arbustes le long des allées, de manière très limitée	Environmental	- Qualité de l'eau dégradée.
			- L'ombre diminue (îlots de chaleur).
			- Le risque d'inondation.
			- Biodiversité traditionnelle menacée.

Conclusion

Le voyage à travers les infrastructures vertes des oasis de Biskra nous a guidés à travers le temps, révélant le lien profond entre l'homme et la nature, entre passé et présent. L'oasis de Biskra, ancré dans l'histoire millénaire de la région, incarne une multifonctionnalité captivante qui transcende les limites conventionnelles. À travers les siècles, cet écosystème a évolué, s'adaptant aux changements et aux défis, tout en conservant sa pertinence dans la vie de la communauté et la préservation de l'environnement.

En explorant l'évolution des infrastructures vertes des oasis, nous avons étudié comment l'époque précoloniale a établi une interaction harmonieuse entre l'homme et la nature, créant un écosystème oasis prospère. Les pratiques de cette période favorisaient un équilibre où les activités humaines s'intégraient parfaitement à l'environnement naturel. Des liens forts existaient entre l'eau, essentielle pour l'irrigation des palmiers, les palmiers eux-mêmes, fournissant de l'ombre, des fruits et des matériaux pour la

construction d'habitations traditionnelles. Cette relation symbiotique entre l'eau, les palmiers et l'habitat maintenait un équilibre parfait dans l'écosystème oasien de Biskra.

L'époque coloniale a apporté d'importants changements au paysage de Biskra. L'introduction de jardins emblématiques tels que le Jardin 5 juillet et le Jardin Landon a révolutionné la conception et l'exploitation des oasis. Ces jardins, influencés par de nouvelles pratiques de conception, ont introduit une vaste biodiversité en accueillant des espèces végétales variées provenant de différents horizons géographiques. Ces jardins ont non seulement enrichi l'écosystème local, mais ont aussi créé des espaces de loisirs pour la population. Cette période a marqué une transformation notable de la relation entre l'homme et son environnement, avec une attention accrue aux aménagements urbains spécifiques répondant aux besoins en constante évolution.

Avec l'avènement de l'indépendance, les infrastructures vertes ont continué à évoluer, bien que dans une mesure limitée. Les défis de développement, les pressions urbaines croissantes et les changements socio-économiques ont influencé la manière dont les oasis et les espaces verts ont été gérés et entretenus. Malgré les efforts continus pour préserver les héritages naturels et culturels, l'expansion urbaine rapide et non réglementée a parfois mis à mal la pérennité de ces écosystèmes uniques.

Le cadre législatif a joué un rôle crucial dans la planification et la préservation de ces espaces verts essentiels. Les textes de lois, les textes d'application, les circulaires et les arrêtés ont contribué à façonner la manière dont les espaces vertes ont été conçues, aménagées et gérées au fil du temps. Cependant, malgré leur importance vitale, les infrastructures vertes oasiennes de Biskra ne sont pas à l'abri des défis environnementaux et des risques majeurs. Les inondations, la dégradation des infrastructures et la menace croissante sur l'équilibre écologique mettent en évidence la nécessité urgente de mettre en œuvre des mesures de préservation et de gestion durable pour assurer la pérennité de cet écosystème exceptionnel. Face à la situation actuelle des écosystèmes oasiens, il est impératif de réexaminer les approches urbanistiques en accordant une importance primordiale à l'élément végétal, en particulier au palmier, qui joue un rôle central au sein de l'écosystème oasien. Cette démarche doit être au cœur des développements urbains à venir, dans le but d'améliorer les conditions de cette région tout en contribuant au rétablissement de l'équilibre

environnemental mis en péril. Cette nécessité pressante doit être mise en avant par les architectes, les urbanistes et les autres intervenants à travers les futurs plans et documents d'urbanisme.

En fin, l'étude des infrastructures vertes oasiennes à Biskra nous rappelle la valeur importante entre l'homme et la nature. Au cœur de cette relation complexe se trouvent des écosystèmes qui transcendent le temps et les frontières, témoignant de l'ingéniosité humaine, de l'adaptabilité et du profond respect pour la terre qui le soutient. Alors que nous clôturons ce chapitre, nous sommes invités à la fois à préserver et à célébrer l'infrastructure verte qui reflète notre histoire et est la gardienne de notre avenir.

PARTIE METHODOLOGIQUE

Chapitre 1. Présent du développement urbain durable dans la ville de Biskra lié aux infrastructures vertes

Introduction

Ce chapitre se concentre sur le présent du développement urbain durable à Biskra, en mettant particulièrement l'accent sur les services écosystémiques fournis par les infrastructures vertes. Dans un contexte où la durabilité urbaine devient de plus en plus cruciale, il est essentiel de comprendre comment les villes telles que Biskra abordent et intègrent ces aspects dans leur développement.

Les infrastructures vertes sont devenues un élément essentiel de la planification urbaine durable, offrant une multitude d'avantages environnementaux, sociaux et économiques. Dans ce chapitre, nous analyserons la durabilité des infrastructures vertes, en mettant particulièrement l'accent sur la ville de Biskra. Nous aborderons d'abord cette analyse à l'aide d'une approche SWOT (Strengths - Weaknesses - Opportunities - Threats) ou FFOM (Forces - Faiblesses - Opportunités - Menaces) pour identifier les défis et les atouts de ces infrastructures.

Ensuite, nous évaluerons spécifiquement la durabilité des infrastructures vertes à Biskra. Nous commencerons par décrire les méthodes de collecte de données utilisées, en optant pour une approche quantitative via un questionnaire, ainsi que l'utilisation d'un outil d'évaluation de la durabilité (le baromètre de durabilité). Nous examinerons ensuite les enjeux qui influent sur leur durabilité, en identifiant les vulnérabilités et en proposant des solutions pour chacun de ces enjeux. Enfin, nous proposerons une interprétation générale des résultats et des perspectives d'amélioration pour tous les enjeux liés aux infrastructures vertes de la ville de Biskra, suivi d'une analyse des dimensions environnementales, socioculturelles et économiques.

1. Analyse de la durabilité des infrastructures vertes : défis et atouts

Dans cette analyse de la durabilité des infrastructures vertes dans la ville de Biskra, nous explorerons les différentes facettes de ce processus, en mettant en évidence les forces, les opportunités, les faiblesses et les menaces qui y sont associées. Cette analyse repose sur nos observations sur le terrain, une analyse cartographique et des entretiens avec les habitants de la ville. Nous avons utilisé l'outil SWOT pour classer les résultats obtenus en termes de défis (faiblesses et menaces) et d'atouts (forces et opportunités) (Fig. 71).

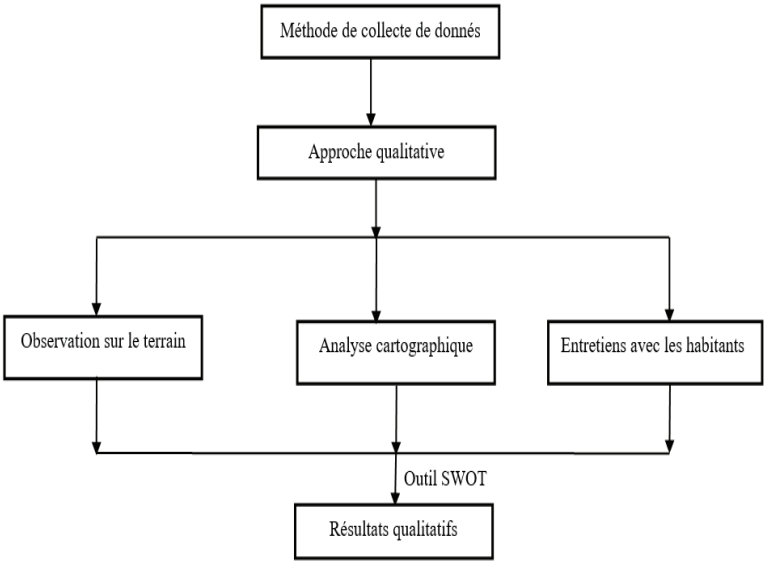


Fig. 71. Schéma représentatif la méthode de collecte de données pour analyser des défis et atouts de la durabilité des infrastructures vertes (Source : Auteur, 2024).

L'analyse SWOT est une technique d'analyse fréquemment utilisée pour évaluer des projets (Kenton, 2023). Elle implique d'identifier et de comparer les éléments positifs (Atouts, Opportunités) et négatifs (Faiblesses, Menaces) à la fois dans l'environnement interne et externe du projet afin de guider les actions à entreprendre (Fig. 73). L'analyse SWOT a été adaptée de différentes manières et interprétée de diverses façons. Les quatre facteurs

peuvent être ajustés en fonction des besoins de l'analyse, que ce soit pour aider à élaborer des scénarios de développement, diagnostiquer un territoire, définir et valider une stratégie, ou évaluer une situation avant une action, etc. (Capacity4dev, 2014).

L'analyse SWOT facilite l'identification des solutions et des domaines à améliorer à court et moyen terme. En fournissant un aperçu de la situation actuelle et en proposant des orientations pour l'avenir à court et moyen terme, cette méthode de résolution de problème peut être facilement mise en pratique et offre rapidement une vision claire de la situation. Ainsi, elle permet d'économiser du temps par rapport à d'autres méthodes plus complexes (Capacity4dev, 2014).

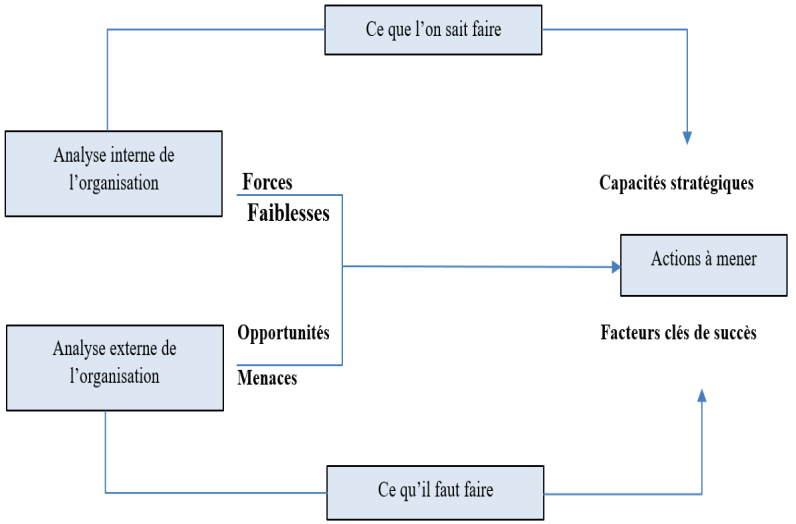


Fig. 8. Utilisation stratégique de l'analyse SWOT (Adaptée par : Messaoudi, 2014).

Les défis et atouts du développement urbain durable liés à l'infrastructure verte sont classés dans le tableau suivant :

Tableau 13. Défis et atouts de la durabilité des infrastructures vertes dans la ville de Biskra (Auteur, 2024).

Dimension environnementale		
Éléments Positifs	Forces (interne)	Opportunités (externe)
	- Les palmeraies et certaines plantes locales adaptées au climat de Biskra peuvent prospérer avec peu d'eau, ce qui réduit la pression sur les ressources en eau locales. - Grâce à l'ombre des palmeraies, une grande variété de cultures peut prospérer dans un environnement autrement hostile aux activités agricoles (Fig. 73). - La terre de la ville de Biskra absorbe des quantités considérables de pluie grâce à sa perméabilité.	- Le jardin de Landon, qui est un refuge pour une variété d'espèces végétales et animales du monde entier, est un exemple de biodiversité qui nous offre la possibilité de reproduire cette expérience dans d'autres projets similaires. - Des efforts pour améliorer le jardin du Premier novembre se concentrent principalement sur son aspect esthétique, notamment par la rénovation des installations existantes, l'ajout de nouvelles caractéristiques paysagères et l'amélioration de l'accès pour les visiteurs. Cependant, en ce qui concerne la biodiversité, seule la présence des palmiers et de l'herbe est observée (Fig. 74).
Éléments négatifs	Faiblesses (interne)	Menaces (externe)
	- Dégradation de la qualité de l'eau et son manque dans certains quartiers. - Manque de différentes stratégies pour faire face aux inondations le long des rues, telles que les tranchées d'infiltration, et au niveau des aménagements piétonniers qui incluent souvent des trottoirs imperméables, pose un défi majeur en termes de gestion des eaux pluviales dans les zones urbaines (Fig. 74). En effet, la concentration des surfaces imperméables, telles que les trottoirs et les chaussées, limite la capacité d'absorption des sols et augmente le ruissellement des eaux de pluie vers les systèmes de drainage.	- La croissance du risque d'inondations dans la ville décourager les habitants de construire ou de rénover des habitations en utilisant des matériaux traditionnels. Les inondations peuvent causer des dommages importants aux structures en terre et en palmier, poussant ainsi les habitants à choisir des matériaux de construction plus résistants à l'eau. - La pollution des seguias est une problématique préoccupante à Biskra. Ces canaux, qui sont des éléments essentiels du système d'irrigation traditionnel, sont de plus en plus affectés par les déchets et les

	- La plupart des rues et des boulevards souffrent d'un manque d'arbres d'alignement (Fig. 75). - Absence de stratégies face aux risques de tempêtes de sable. - Manque de stratégies de gestion du recyclage dans la ville. - La biodiversité de plusieurs jardins publics est menacée en raison du manque d'entretien (Fig. 76). - La majorité des aménagements urbains dépourvus de nature et les pratiques urbaines, telles que les rues asphaltées, les trottoirs et les bâtiments caractérisés par des couleurs et une nature présentant un faible albédo (indice de réflectivité d'une surface), ont contribué au phénomène d'îlot de chaleur dans la ville.	eaux usées domestiques qui y sont déversés (Fig. 78). - Abandon des palmeraies, élément essentiel à la construction d'habitats traditionnels et écologiques, est causé par la modernisation et l'urbanisation croissante, où de plus en plus de résidents abandonnent les maisons traditionnelles pour des structures modernes en béton et en métal (Fig. 78). - La biodiversité dans les jardins de la palmeraie, cette menace est exacerbée par sa dégradation, ainsi que par la diminution de la faune qui y réside (Fig. 79).
Dimension économique		
Éléments Positifs	Forces (interne)	Opportunités (externe)
	- Certains habitants parviennent à l'autosuffisance grâce aux jardins plantés à l'intérieur des palmeraies. - Atteindre l'autosuffisance en production de dattes pour tous les résidents propriétaires de palmeraies.	- Certains habitants parviennent même à vendre leurs produits agricoles grâce aux jardins plantés à l'intérieur des palmeraies. - Tous les résidents propriétaires de palmeraies parviennent à vendre des dattes.
Éléments négatifs	Faiblesses (interne)	Menaces (externe)
	- Augmentation du coût de l'eau pour les habitants en raison de sa dégradation et de son manque. - Les emplois verts sont très limités en raison de l'abandon de l'agriculture à cause de la dégradation des palmeraies.	- Le développement du travail dans le domaine de la construction et de l'administration est lié à l'urbanisation constante, ce qui peut menacer les emplois verts.

	De même, les autres infrastructures vertes sont rares en raison de l'absence de projets dans ce domaine. - Augmentation du coût de l'électricité et du gaz pour les habitants en raison de l'absence de stratégies durables intégrés dans les maisons et dans la ville.	
Dimension socioculturelle		
Éléments Positifs	Forces (interne)	Opportunités (externe)
	- Présence d'une conscience environnementale chez certains résidents, particulièrement dans les quartiers traditionnels. - Certains habitants pratiquent l'élevage des animaux domestiques.	- Présence d'associations telles que des associations de protection de l'environnement, ainsi que de pages Facebook dans le domaine de l'environnement, comme « Biskra la verte ».
Éléments négatifs	Faiblesses (interne)	Menaces (externe)
	- L'insuffisance des espaces de rencontre et de loisirs freine le développement des liens sociaux. - La distribution inégale des jardins, des parcs et des squares dans la ville constitue un problème préoccupant. Cette pratique non réglementée entraîne une utilisation inefficace des espaces urbains, créant ainsi des zones déséquilibrées en termes d'accès aux espaces verts. - Absence de pratiques encourageant les transports durables, tels que les pistes cyclables et les transports publics.	- La dégradation constante de la phoeniciculture (culture des palmiers) menace effectivement l'éducation environnementale des générations futures pour ce type de culture. - Le manque et l'insuffisance de projets d'infrastructures vertes rendent plus difficile d'offrir aux générations futures des exemples concrets de pratiques durables et respectueuses de l'environnement, ce qui menace la sensibilisation et l'éducation environnementales destinées à préserver notre environnement.



Fig. 9. Variété d'agriculture dans une oasis de Biskra (Source : Auteur, 2024).



Fig. 10. Quelques initiatives d'entretien pour le jardin du 1er novembre (Source : Auteur, 2024).



Fig. 75. Aménagement urbains et plantation des arbres d'alignement à Biskra (Source : Auteur, 2024).



Fig. 76. État actuel du jardin Bachir ben Naceur (Source : Google Earth, 2023).



Fig. 77. Problèmes environnementaux liés aux seguias : Dégradation et pollution (Source : Auteur, 2024).



Fig. 78. Abandon des maisons traditionnelles au profit de structures modernes en béton et en métal (Source : Auteur, 2024).



Fig. 79. Dégradation de la palmeraie (Source : Auteur, 2023).

2. Durabilité des infrastructures vertes à Biskra : évaluation et perspectives d'amélioration

Les défis et les atouts liés à la durabilité des infrastructures vertes mettent en lumière une réalité complexe. Il semble que les défis prédominent sur les atouts, ce qui souligne la nécessité d'une évaluation plus précise et approfondie. De plus, il est important de connaître certaines pratiques pour explorer l'intérêt des acteurs de la planification urbaine en ce qui concerne l'intégration de l'infrastructure verte.

2.1. Identification des enjeux pour évaluer la durabilité de l'infrastructure verte dans la ville de Biskra

Le cadre conceptuel des services écosystémiques constitue un outil précieux pour les urbanistes et les décideurs dans le processus de planification et de gestion des espaces urbains. Il permet d'évaluer, de prioriser et de justifier les choix d'aménagement en tenant compte des bénéfices multiples que les écosystèmes peuvent offrir aux populations urbaines. Ce cadre aide à s'assurer que les initiatives de renaturation urbaine, telles que la création ou la restauration de parcs, jardins et autres espaces verts, sont réalisées de manière efficiente, efficace et équitable (Gobert *et al.*, 2023).

Dans ce contexte, nous nous concentrons sur les services écosystémiques fournis par les infrastructures vertes au sein de la ville, qui contribuent au développement urbain durable. En considérant ces services comme des enjeux pour évaluer leur durabilité en milieu urbain, et selon l'étude de la

littérature précédente, ainsi que notre cas d'étude, la ville de Biskra, nous pouvons identifier les enjeux suivants :

- **Dimension environnementale**

  - ✓ **Préservation des terres arables** : cet enjeu évalue les efforts pour protéger et maintenir la qualité des terres agricoles.
  - ✓ **Les énergies renouvelables et leur promotion** : cet indice vise à évaluer dans quelle mesure l'infrastructure verte favorise l'utilisation efficace de l'énergie et encourage le recours aux sources d'énergie renouvelables.
  - ✓ **Satisfaction de qualité de l'air :** il permet de mesurer l'impact des projets d'infrastructure verte sur la qualité de l'air et de l'eau.
  - ✓ **Satisfaction de qualité de l'eau :** cet enjeu vise à évaluer l'impact des projets d'infrastructure verte sur la qualité de l'eau, en mesurant notamment les améliorations ou les changements dans la pureté.
  - ✓ **Gestion des déchets :** il évalue la manière dont la gestion des déchets est abordée dans le cadre de l'infrastructure verte.
  - ✓ **Biodiversité et sa promotion :** il examine les mesures prises pour protéger et restaurer les habitats naturels, favoriser la diversité des espèces végétales et animales, et encourager la création de corridors écologiques.
  - ✓ **Résilience aux risques d'inondations :** cet enjeu examine les stratégies et les mesures mises en place par les infrastructures vertes pour atténuer les effets des inondations.
  - ✓ **Résilience aux risques de sécheresse :** il explore les capacités des infrastructures vertes à atténuer les effets des périodes de sécheresse en favorisant la conservation de l'eau, la régulation des sols et la préservation des écosystèmes hydrologiques.
  - ✓ **Résilience aux risques de tempêtes de sable :** cet enjeu explore les stratégies et les aménagements des infrastructures vertes pour atténuer les effets des tempêtes de sable.
  - ✓ **Climat urbain et confort thermique :** il examine comment les infrastructures vertes peuvent influencer le climat urbain et améliorer le confort thermique des habitants.
- **Dimension socioculturelle**

- ✓ **Esthétique du paysage :** il examine la manière dont les projets d'infrastructure verte contribuent à améliorer l'aspect visuel des espaces urbains.
- ✓ **Amélioration de l'environnement bâti :** il examine les efforts déployés pour intégrer des éléments d'infrastructure verte dans l'environnement bâti.
- ✓ **Promotion de l'éducation environnementale** : cet enjeu évalue l'effet positif de la sensibilisation environnementale sur la compréhension des citoyens quant à la valeur des infrastructures vertes, favorisant ainsi une participation active à leur préservation et à leur utilisation responsable.
- ✓ **Cohésion sociale et soutien de la santé publique :** il examine les impacts positifs des projets d'infrastructure verte sur le bien-être social et la santé physique et mentale.
- ✓ **Sécurité publique :** cet enjeu examine les mesures prises pour identifier et atténuer les risques pour la sécurité des citoyens dans les espaces urbains. Il s'agit de s'assurer que les infrastructures vertes contribuent à la création d'environnements sûrs et sécurisés**.**

- o **Dimension économique**

  - ✓ **Économies de coûts privés et publics :** il évalue les avantages économiques des infrastructures vertes en termes d'économies de coûts tant pour les particuliers que pour les entités publiques.
  - ✓ **Opportunités d'emplois verts :** Cet enjeu explore le potentiel de création d'emplois dans le secteur des infrastructures vertes.
  - ✓ **Développement économique local :** cet enjeu examine comment les infrastructures vertes peuvent stimuler le développement économique au niveau local. Il évalue les impacts positifs sur la création d'emplois, la croissance des entreprises locales, l'attrait pour les investissements et le développement du tourisme durable

2.2. Méthode de collecte de donnés

L'évaluation de la durabilité associée aux infrastructures vertes dans la ville de Biskra se fait par une méthode quantitative basée sur un questionnaire.

En parallèle, l'évaluation sera également réalisée à l'aide d'un baromètre de durabilité, fournissant une mesure quantitative des indicateurs environnementaux, socioculturels et économiques pertinents. En intégrant les données qualitatives du questionnaire avec les mesures quantitatives du baromètre, l'étude vise à fournir une évaluation holistique de la durabilité des infrastructures vertes à Biskra (Fig. 80).

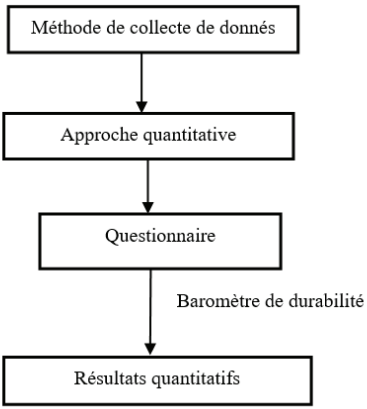


Fig. 80. Schéma représentatif la méthode de collecte de données pour évaluer la durabilité des infrastructures vertes (Source : Auteur, 2024).

2.2.1. Questionnaire

Le questionnaire est un moyen de collecter des données quantifiables en posant une série de questions dans un ordre spécifique. C'est souvent utilisé en sciences sociales comme la sociologie, la psychologie et le marketing pour recueillir de nombreux témoignages ou avis (Claude, 2021).

En considérant que les services écosystémiques offrent une série de services essentiels aux êtres humains, fournis par les infrastructures vertes, nous avons opté pour une approche de recherche qui met l'accent sur l'interaction directe avec la population locale. Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser des questionnaires (Annexe I) afin de sonder les perceptions, les besoins et les expériences des résidents de Biskra. Cette méthode nous permet de recueillir des données précieuses sur le présent développement urbain actuel

de la ville à travers les trois piliers du développement durable : le pilier socioculturel, le pilier économique et le pilier environnemental.

En interrogeant directement les habitants, nous pouvons obtenir des informations détaillées sur la manière dont ils interagissent avec leur environnement urbain au quotidien, ainsi que sur leur niveau de satisfaction par rapport aux services et aux infrastructures disponibles. De plus, cette approche nous permet d'appréhender les préoccupations et les défis auxquels la population est confrontée dans leur vie quotidienne en lien avec le développement urbain durable et nous guidera dans l'identification des domaines prioritaires pour l'amélioration et l'intervention future.

2.2.1.1. Description du formulaire du questionnaire choisi

Le formulaire de questions choisi a été élaboré sur la base des enjeux préétablis visant à évaluer la durabilité de l'infrastructure verte à Biskra. Il recueille les opinions et perceptions des habitants sur divers aspects environnementaux, socioculturels et économiques. Le formulaire inclut des questions factuelles concernant le nom du quartier, le genre, l'âge, le niveau scolaire et la situation professionnelle afin de s'assurer que toutes les classes de la société et tous les quartiers soient représentés. En plus, il combine les méthodes suivantes :

- ✓ **Questions fermées (oui/non) :** pour faciliter les réponses rapides et simples.
- ✓ **Questions fermées graduées à choix multiples (Échelles de Likert) :** pour la majorité des questions, offrant des choix de réponse gradués (Bon, Satisfaisant, Moyen, Médiocre, Mauvais), permettant une évaluation précise des perceptions des répondants.
- ✓ **Questions à cases à cocher :** permettent de sélectionner plusieurs réponses dans une liste de choix pour identifier les causes ou les conséquences d'un phénomène donné.
- ✓ **Questions ouvertes :** pour recueillir des commentaires détaillés et des informations supplémentaires, offrant une perspective plus profonde et contextuelle des enjeux abordés.

2.2.2. Outil d'évaluation de la durabilité de l'infrastructure verte dans la ville de Biskra

Le baromètre de durabilité ou échelle de performance, est un outil élaboré par Prescott-Allen en 1997, permettant d'évaluer la durabilité à l'échelle d'une société en prenant en compte différents aspects tels que les dimensions environnementales, sociales et économiques. Ces aspects contiennent des indicateurs couvrant un large éventail de questions afin de mesurer le bien-être d'une société ainsi que ses progrès vers la durabilité permettant aux utilisateurs de tirer des conclusions sur la situation des humains et des écosystèmes, ainsi que sur les effets des interactions entre eux (Prescott-Allen, 1997).

D'après le même auteur, l'échelle de performance permet d'utiliser l'unité la plus appropriée pour chaque question d'étude. Par exemple : « *Le revenu et la valeur ajoutée se mesurent en argent. La santé, par contre, se mesure par le taux de morbidité et de mortalité, l'emploi se mesure en nombre d'emplois, la diversité des espèces, en fonction du pourcentage d'espèces menacées, etc. Ensuite, il faut définir les niveaux de revenu, les taux de mortalité, les taux de chômage, la proportion d'espèces menacées, etc. qu'on juge bons et mauvais. Le résultat est un ensemble de mesures de performance faisant appel à la même échelle et qui peuvent donc être utilisées ensemble et associées.* »

D'après le même auteur, le baromètre est constitué d'une échelle allant de 100 à 0, avec 100 points, ainsi qu'une base égale à 0. Cette échelle est divisée en cinq secteurs de 20 points chacun, en plus de la base à 0 (Tableau 14). La division en cinq secteurs permet à l'utilisateur de personnaliser l'échelle en définissant un ou plusieurs secteurs selon ses besoins. Cela offre une plus grande flexibilité pour contrôler et interpréter les mesures de performance.

Tableau 14. Les cinq secteurs du Baromètre de la durabilité (Prescott-Allen, 1997).

Secteur	Points	Définition
Bon	81- 100	Durable (performance souhaitée)
Satisfaisant	61- 80	Presque durable (performance acceptable)
Moyen	41-60	Moyen (moyennement durable)
Médiocre	21- 40	Presque non durable (performance malvenue)

Mauvais	1- 20	Non durable (performance inacceptable)
Base	0	Base de l'échelle

En vue de ces données, nous avons opté pour un baromètre de durabilité qui convient à notre cas, avec une échelle de 100 points (points relatifs à la durabilité) et un côté inversé indiquant le taux de durabilité (%). Il est divisé en cinq secteurs comme suit : non durable, presque durable, moyennement durable, presque durable et durable. À l'intérieur du baromètre, il y a un indice de durabilité qui varie selon le cas de chaque indice donné (Fig. 81).

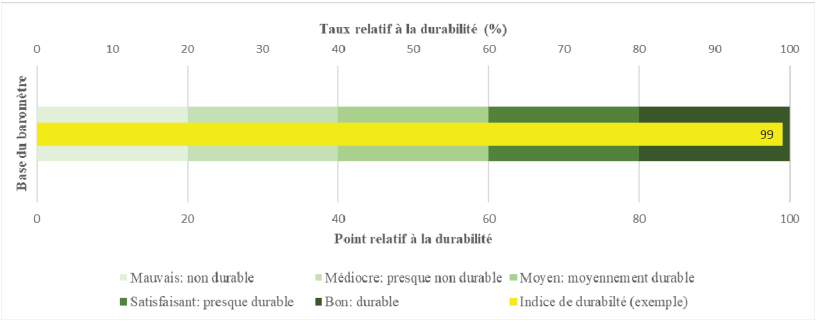


Fig. 81. Le baromètre de durabilité proposé (Source : Auteur, 2024).

Pour calculer un indice de durabilité sur une échelle de 100 points à partir du taux relatif de durabilité (%) basé sur les réponses des habitants pour l'élément que nous souhaitons évaluer. Ce taux peut être basé sur différents indicateurs de durabilité, tels que la consommation d'énergie, Type de gestion des déchets, etc., on peut suivre ces étapes :

- ✓ **Pour les réponses qui répondent aux conditions de la durabilité** : nous devons avoir une échelle de référence pour notre taux de durabilité en pourcentage. Par exemple, supposons que notre échelle de référence soit de 0% à 100%, où 0% représente une durabilité minimale et 100% représente une durabilité maximale. Ensuite, nous convertissons le taux relatif de durabilité (%) des réponses des habitants en une valeur sur une échelle de 100 points. Nous pouvons le faire en utilisant une règle de trois simple comme suit :
  - Taux relatif de durabilité maximale = 100%

- Indice de durabilité maximale = 100 points
- Taux relatif de durabilité obtenue (réponses des habitants qui répondent aux conditions de la durabilité) = Tx (%)
- Indice de durabilité cherché = Ix (points)

La formule pour calculer l'indice de durabilité Ix est la suivante :

Ix = **Error!**×100 ⟶ **Ix = Tx**

✓ **Pour les réponses (Bon, Satisfaisant, Moyen, Médiocre, Mauvais) :** nous calculons l'indice de durabilité en fonction des pourcentages de chaque réponse en utilisant les plages de points respectives. Nous pouvons suivre les étapes suivantes :

1. Attribuer des plages de points à chaque réponse :

- Bon : 81 à 100 points
- Satisfaisant : 61 à 80 points
- Moyen : 41 à 60 points
- Médiocre : 21 à 40 points
- Mauvais : 0 à 20 points

2. Convertir les pourcentages en nombres de réponses :

- Pourcentage de « Bon » = $\boldsymbol{P_{Bon}}$
- Pourcentage de « Satisfaisant » = $\boldsymbol{P_{Satisfaisant}}$
- Pourcentage de « Moyen » = $\boldsymbol{P_{Moyen}}$
- Pourcentage de « Médiocre » = $\boldsymbol{P_{Médiocre}}$
- Pourcentage de « Mauvais » = $\boldsymbol{P_{Mauvais}}$

Utiliser les valeurs moyennes des plages de points pour chaque catégorie pour calculer l'indice :

- Bon $_{Moyenne}$ = **Error!**points
- Satisfaisant $_{Moyenne}$ = **Error!**points
- Moyen $_{Moyenne}$= **Error!**points
- Médiocre $_{Moyenne}$ = **Error!**points
- Mauvais $_{Moyenne}$ = **Error!**points

3. Formule pour l'indice de durabilité :

- Indice de durabilité cherché = $\mathbf{I}\boldsymbol{x}$

$$\mathbf{I}\boldsymbol{x} = (\boldsymbol{P}_{\mathbf{Bon}} \times \mathbf{90{,}50}) + (\boldsymbol{P}_{\mathbf{Satisfaisant}} \times \mathbf{70{,}50}) + (\boldsymbol{P}_{\mathbf{Moyen}} \times \mathbf{50{,}50}) + (\boldsymbol{P}_{\mathbf{Médiocre}} \times \mathbf{30{,}50}) + (\boldsymbol{P}_{\mathbf{Mauvais}} \times \mathbf{10})$$

$\mathbf{I}\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}$ points sur une échelle de 100 points.

Pour simplifier la manipulation des données, accélérer le traitement et réduire les risques d'erreurs humaines, nous avons adopté la codification. Cette méthode permet de convertir les réponses du langage ordinaire en un format numérique ou chiffré. Chaque titre de l'indicateur correspond au titre de la question donnée (Qx) (Annexe II).

2.3. Discussion des résultats du questionnaire

2.3.1. Informations sur l'occupant

Le questionnaire a été mené dans pratiquement tous les quartiers de Biskra, couvrant environ 31 quartiers et adressé à 100 personnes, entre mars et avril 2024. Il a été appliqué en ligne.

Le taux de participation était relativement équilibré entre les hommes et les femmes, avec 54 % d'hommes et 46 % de femmes contribuant, démontrant une volonté d'inclure les voix de tous les genres, ce qui est essentiel pour obtenir une perspective équilibrée et représentative (Fig. 82).

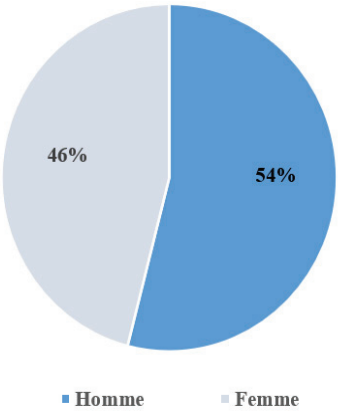


Fig. 82. Taux de participation selon le genre (Source : Auteur, 2024).

Les répondants étaient âgés de 20 à 65 ans, ce qui a assuré une représentation diversifiée des différents groupes d'âge et pour permettre de capturer les différentes phases de la vie et les expériences variées qui peuvent influencer les attitudes envers la durabilité (Fig. 83). De plus, le questionnaire a touché toutes les catégories socio-professionnelles, y compris les employeurs, les sans-emploi, les entrepreneurs, les commerçants indépendants et les retraités. Il a également privilégié les personnes ayant une éducation secondaire et universitaire plutôt que la population générale, étant donné la complexité des questions posées et le fait que le questionnaire était en ligne (Fig. 84).

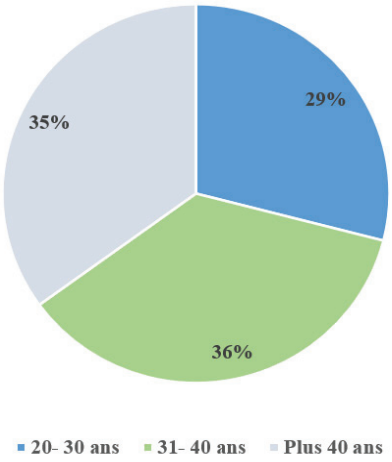


Fig. 83. Taux de participation selon l'âge (Source : Auteur, 2024).

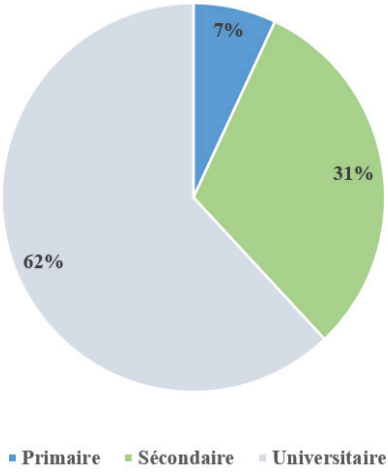


Fig. 84. Taux de participation selon le niveau d'éducation (Source : Auteur, 2024).

2.3.2. Dimension environnementale

2.3.2.1. Préservation des terres arables

Les infrastructures vertes améliorent la qualité environnementale des terres (Taylor, 2013). Les terres arables situées à proximité des zones urbaines sont de plus en plus menacées par l'expansion des infrastructures urbaines et la conversion en zones résidentielles ou commerciales. La gestion durable des terres arables dans la planification urbaine, il est possible de concilier la croissance urbaine avec la préservation des ressources naturelles et la sécurité alimentaire à long terme (Bai *et al.,* 2018). Cela nous aide à cibler les zones à protéger et à mettre en place des politiques pour une utilisation durable de ces ressources précieuses. Cet indice Cet indice s'articule autour de trois indicateurs : la gestion et la conservation des terres arables, la participation communautaire à leur préservation, ainsi que la sensibilisation et les actions entreprises par les autorités locales (Tableau. 15).

Tableau 15. Données recueillies sur la préservation des terres arables dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Gestion et conservation des terres arables					Participation communautaire					Sensibilisation et actions des autorités locales				
Les réponses	Bon	Satisfais	Moyen	Médiocr	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	1	6	37	31	25	0	6	26	38	30	1	4	21	41	33
Point de l'indicateur	**35,77**					**31,95**					**30,13**				
Moyenne	**32,61**														

L'indice de durabilité pour la préservation des terres arables est calculé en additionnant les points attribués à trois indicateurs, puis en divisant le total par 3, ce qui donne un résultat de **32,61**. Cette valeur est située dans la zone « presque non durable » sur le baromètre de durabilité (Fig. 85). Cela suggère que des améliorations sont nécessaires dans la préservation des terres arables pour atteindre un niveau plus élevé de durabilité.

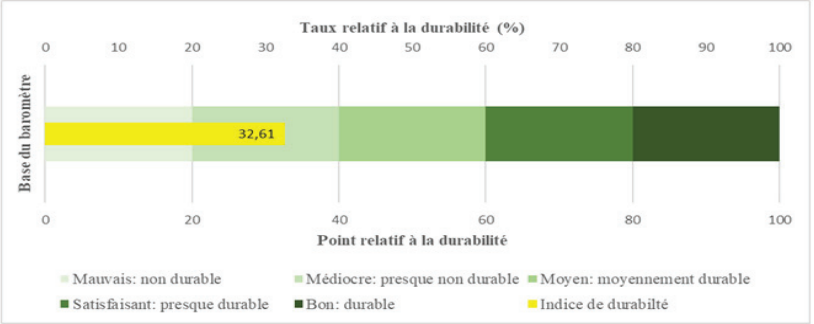


Fig. 85. L'indice de durabilité de la préservation des terres arables (Source: Auteur, 2024).

Dans ce contexte, il est crucial de mettre en place des réglementations et des stratégies de planification urbaine efficaces pour s'assurer que les terres arables ne soient pas transformées en zones résidentielles, commerciales ou industrielles lorsqu'il n'est pas absolument nécessaire de le faire, afin de garantir la durabilité de ces terres précieuses. Il est important d'inclure la création de zones tampons entre les zones urbaines et les terres agricoles, la promotion de pratiques agricoles durables telles que la rotation des cultures et la gestion efficace de l'eau, ainsi que l'encouragement de l'agriculture urbaine et périurbaine. De plus, des incitations fiscales et des subventions peuvent être mises en place pour encourager la préservation des terres agricoles et récompenser les pratiques agricoles durables

2.3.2.2. Les énergies renouvelables et leur promotion

Cet indice se base sur trois indicateurs clés pour évaluer la durabilité énergétique locale intégrant les aspects de l'infrastructure verte. Il évalue l'utilisation des énergies renouvelables au niveau domestique et dans les entreprises, la promotion des énergies renouvelables dans le quartier, et l'engagement des autorités locales en faveur des énergies renouvelables (Tableau. 16). En combinant ces aspects, l'indice offre une évaluation complète de la dynamique énergétique et environnementale, soulignant les points forts et les axes d'amélioration pour promouvoir les énergies renouvelables et développer une infrastructure verte durable.

Tableau 16. Données recueillies sur les énergies renouvelables et leur promotion dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Énergie renouvelable à domicile ou en entreprise		Promotion des énergies renouvelables dans le quartier					Attention et sensibilisation et actions des autorités locales				
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	0	100	0	1	17	37	45	0	0	15	41	44
Point de l'indicateur	**0**		**25,07**					**24,48**				
Moyenne	**16,51**											

L'indice de durabilité pour les énergies renouvelables et leur promotion est évalué en agrégeant les points attribués à trois indicateurs clés, puis en calculant la moyenne de ces scores. Dans ce cas, le résultat obtenu est de **16,51**, une valeur qui positionne cet indice dans la zone « non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 86).

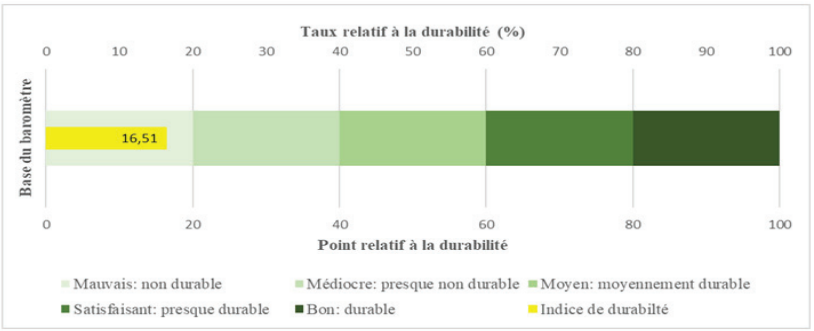


Fig. 86. L'indice de durabilité pour les énergies renouvelables et leur promotion (Source : Auteur, 2024).

Cette constatation indique qu'il existe des lacunes significatives ou des défis à relever en ce qui concerne la promotion et l'adoption des énergies renouvelables dans cette région spécifique. Pour surmonter ces défis, il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre des mesures supplémentaires ou d'intensifier les efforts visant à améliorer la durabilité énergétique et à promouvoir de manière plus efficace les sources d'énergie renouvelables. Notamment, la région de Biskra se distingue par son potentiel en énergie solaire, ce qui présente une opportunité prometteuse pour renforcer son engagement envers les énergies renouvelables.

2.3.2.3. Satisfaction de qualité de l'air

Les plantes et les arbres présents dans les infrastructures vertes agissent comme des filtres naturels, absorbant divers polluants atmosphériques comme le dioxyde de carbone (CO2), les oxydes d'azote (NOx), le dioxyde de soufre (SO2), et les particules fines (PM2.5 et PM10). Cette absorption aide à purifier l'air, à réduire les niveaux de pollution, et à augmenter le niveau d'oxygène dans l'air, contribuant ainsi à une meilleure qualité de l'air. (Nowak et Crane, 2002 ; McDonald *et al.,* 2007 ; Pugh *et al.*, 2012). Étant donné que la qualité de l'air est fortement liée à l'infrastructure verte, lorsque cette dernière est de bonne qualité, l'air tend également à être de bonne qualité, et inversement. Cet indice repose sur deux indicateurs clés pour évaluer la satisfaction de qualité de l'air, en intégrant les aspects suivants : la perception des répondants concernant la dégradation de la qualité de l'air, et la notation globale de la qualité de l'air selon les propositions présentées (Tableau 17).

Tableau 17. Données recueillies sur la satisfaction de qualité de l'air dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Dégradation de la qualité de l'air		Évaluation de la qualité de l'air				
Les réponses	Oui	Non	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	68	**32** (Taux relatif de durabilité)	4	26	32	24	14

Point de l'indicateur	**32**	**46,83**
Moyenne	**39,41**	

L'indice de durabilité pour la satisfaction de qualité de l'air se fait en combinant les points donnés par deux indicateurs clés, puis en calculant la moyenne de ces scores. En conséquence, le score obtenu est de **39,41**, ce qui le place dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 87).

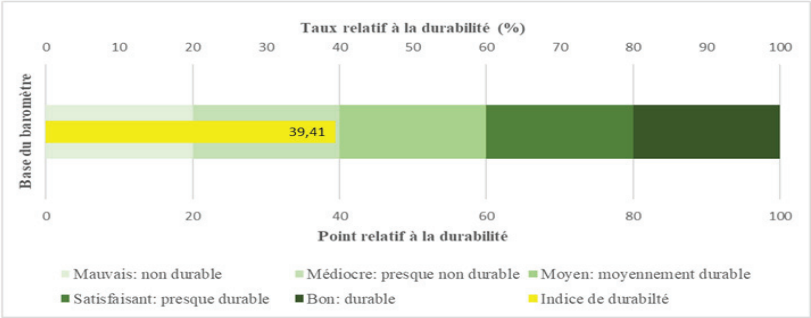


Fig. 87. L'indice de durabilité pour la satisfaction de qualité de l'air (Source : Auteur, 2024).

Ce constat révèle une performance relativement faible en ce qui concerne la satisfaction de qualité de l'air, mettant ainsi en évidence le besoin impératif d'apporter des améliorations significatives pour atteindre un niveau de durabilité plus élevé dans ce domaine spécifique. Les solutions envisageables pour améliorer la durabilité de la qualité de l'air, on peut envisager des mesures telles que le renforcement des politiques de contrôle de la pollution atmosphérique, la promotion des énergies propres et renouvelables pour réduire les émissions polluantes, ainsi que la sensibilisation et l'éducation des citoyens sur les pratiques éco-responsables pour réduire leur empreinte carbone. De telles initiatives peuvent contribuer à améliorer la qualité de l'air, assurant ainsi un environnement plus sain et durable pour les habitants de la ville.

2.3.2.4. Satisfaction de qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un aspect essentiel de l'infrastructure verte, contribuant à la durabilité environnementale et à la santé publique (Gleick, 2003). L'eau de qualité, qu'elle soit destinée à la consommation humaine, à l'irrigation agricole ou à la préservation des écosystèmes aquatiques, est une ressource vitale. Les infrastructures vertes, telles que les zones humides, les bassins de rétention et les bandes riveraines végétalisées, jouent un rôle crucial dans le maintien de la qualité de l'eau en filtrant les polluants, en régulant le débit des cours d'eau et en offrant des habitats naturels pour la faune aquatique (Hadji et Petrişor, 2023). En mettant en place des infrastructures vertes bien conçues, nous pouvons garantir un approvisionnement en eau de qualité tout en préservant les écosystèmes aquatiques et en promouvant la santé humaine (Sharma *et al.,* 2016).

Dans cette situation, l'indice de satisfaction de qualité de l'eau repose sur deux indicateurs fondamentaux : d'abord, la perception des répondants quant à la dégradation de la qualité de l'eau, et ensuite, leur évaluation de la qualité de l'eau potable (Tableau 18).

Tableau 18. Données recueillies sur satisfaction de qualité de l'eau dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Dégradation de la qualité de l'eau		Évaluation de la qualité de l'eau				
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	69	**31**	0	2	14	30	54
Point de l'indicateur	**31**		**23,03**				
Moyenne	**27,01**						

L'indice de durabilité pour la satisfaction de qualité de l'eau se fait en combinant les points donnés par deux indicateurs clés, puis en calculant la

moyenne de ces scores. Le score obtenu de **27,01**, qui correspond à la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 88).

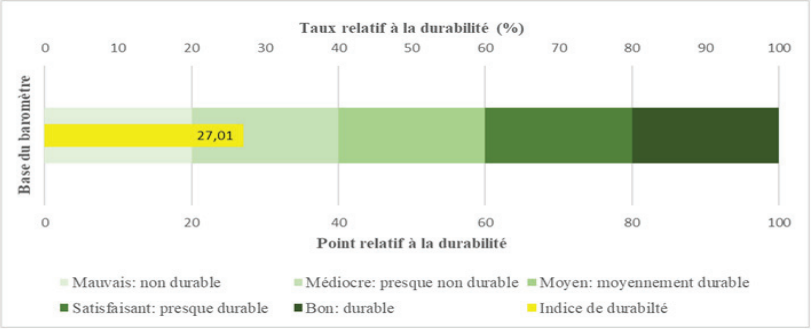


Fig. 88. L'indice de durabilité pour la satisfaction de qualité de l'eau (Source : Auteur, 2024).

Cette analyse souligne l'importance d'identifier les domaines spécifiques nécessitant des améliorations pour renforcer la durabilité de la qualité de l'eau. Il est essentiel d'investir dans des infrastructures vertes comme les zones humides et les bassins de rétention, adopter des pratiques durables de gestion de l'eau, sensibiliser les communautés locales et renforcer les politiques de protection des ressources en eau. Ces mesures sont cruciales pour filtrer les polluants, promouvoir une utilisation responsable de l'eau et assurer la durabilité de la qualité de l'eau.

2.3.2.4. Gestion des déchets

La gestion des déchets et les infrastructures vertes est étroitement liée dans la quête d'une durabilité environnementale (Beatley, 2011). Les infrastructures vertes, telles que les parcs, les espaces verts et les zones de conservation, contribuent à la gestion efficace des déchets en offrant des espaces pour le compostage, la récupération des matériaux et la réduction des déchets à la source (Escobedo & Nowak, 2009).

Cet indice composite se base sur trois indicateurs clés pour évaluer la gestion des déchets en prenant en compte différents aspects. Il mesure

d'abord la satisfaction des habitants concernant la gestion des déchets dans leur quartier, reflétant ainsi leur perception de l'efficacité du système actuel. Ensuite, il considère l'approche personnelle des résidents envers la gestion des déchets domestiques, permettant d'évaluer leur engagement et leurs pratiques individuelles de réduction, de tri et d'élimination des déchets. Enfin, il évalue la disponibilité du composteur urbain offert par les autorités locales, montrant ainsi l'intégration de solutions durables et innovantes dans la gestion des déchets au niveau communautaire (Tableau 19).

Tableau 19. Données recueillies sur la gestion de déchets dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Satisfaction envers la gestion des déchets					Approche personnelle envers la gestion des déchets domestiques		Disponibilité du composteur urbain	
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Recyclage (Taux relatif de durabilité)	Rejet	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	0	30	31	24	15	**0**	100	**0**	100
Point de l'indicateur	**45,62**					**0**		**0**	
Moyenne	**15,20**								

L'indice de durabilité pour la gestion de déchets se fait en combinant les points donnés par trois indicateurs clés, puis en calculant la moyenne de ces scores. Le score obtenu de **15,20**, associé à la catégorie « non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 89). Cette évaluation fournit une base solide pour identifier les domaines spécifiques nécessitant une attention particulière et pour guider les décisions et les actions visant à améliorer la durabilité de la gestion des déchets. Une gestion des déchets efficace, incluant le recyclage, la réutilisation et les composteurs urbains, soutient la préservation et le développement des infrastructures vertes, favorisant ainsi un environnement plus sain et plus durable.

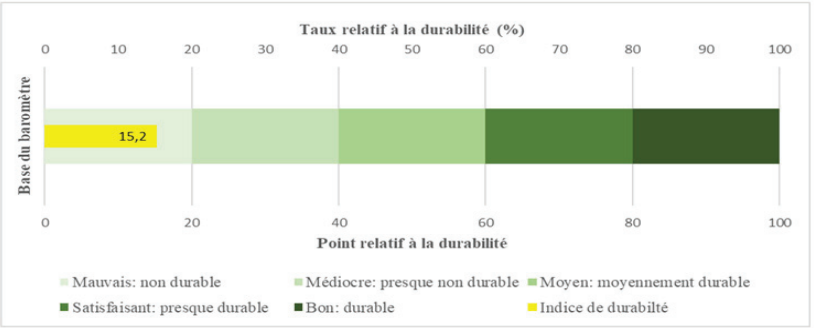


Fig. 89. L'indice de durabilité pour la gestion de déchets (Source : Auteur, 2024).

2.3.2.5. Biodiversité et sa promotion

Il est bien mentionné que l'augmentation de la biodiversité est liée à une augmentation des services écosystémiques, et inversement. Cela signifie que plus la biodiversité est élevée dans un écosystème, plus il est capable de fournir une gamme diversifiée de services écologiques essentiels (Gamfeldt et *al.*, 2008). La préservation les réserves naturelles est essentiel pour protéger la biodiversité et maintenir les écosystèmes. Ces zones protégées offrent un refuge pour de nombreuses espèces animales et végétales, souvent menacées par l'activité humaine. En conservant les réserves naturelles, nous assurons la survie de ces espèces, tout en bénéficiant des services écosystémiques qu'elles fournissent (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

L'indice de durabilité de la biodiversité de la ville de Biskra s'appuie sur l'évaluation de 11 indicateurs clés, offrant une vue d'ensemble des efforts déployés pour favoriser la biodiversité et la conservation de la nature. En premier lieu, l'état actuel des réserves naturelles, y compris les jardins et parcs historiques, est examiné pour évaluer leur étendue et leur biodiversité. Ensuite, l'évolution de la taille des palmeraies au fil du temps est analysée pour comprendre les changements dans ces espaces verts cruciaux. Les autorités locales sont également évaluées sur leur attention et leurs efforts en matière de préservation des réserves naturelles, incluant les politiques, les ressources allouées et les initiatives spécifiques. La gestion responsable des animaux domestiques est également prise en compte pour réduire leur

impact sur la biodiversité, tandis que la préservation de la végétation dans les jardins privés est examinée pour son rôle dans la création d'habitats pour la faune locale. De plus, l'attention portée par les autorités à l'irrigation des espaces verts urbains est analysée, reflétant leur engagement envers la conservation de la biodiversité végétale. La mortalité des arbres d'alignement est observée, mettant en lumière l'importance de la maintenance et du remplacement des arbres pour préserver la biodiversité urbaine. Enfin, la présence des arbres d'alignement et la continuité de leur disposition sont évaluées pour comprendre leur contribution à la biodiversité urbaine (Tableau 20).

Parmi les répondants qui possèdent une palmeraie et ont un jardin à l'intérieur de celle-ci (23 %), les résultats indiquent une diversité d'espèces dans les jardins de la palmeraie, mais ils mettent également en lumière un faible taux de diversité des espèces, ce qui pourrait constituer une menace pour la biodiversité traditionnelle à ce niveau. Alors que 38 % des répondants déclarent posséder deux espèces dans leur jardin, près de la moitié des répondants (49,6 % au total) détiennent soit une seule espèce (19 %), ne soit aucune (9,6 %), soit plus de deux espèces (22,8 %) au total pour trois, quatre, cinq et sept espèces

Tableau 20. Données recueillies sur la biodiversité et sa promotion dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	État actuel des réserves naturelles					Évolution de la taille des palmeraies					Attention locale à la préservation des réserves naturelles				
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	4	15	42	20	19	1	2	6	33	58	1	1	26	44	28
Point de l'indicateur	**43,40**					**21,21**					**30,96**				

Indicateurs	Élevage des animaux domestiques		Préservation de la végétation dans jardin propriétaire			Attention des autorités à l'irrigation des espaces verts urbains	
Les réponses	Oui (Taux relatif de durab-ilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Non, je n'ai pas de jardin	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	**35**	65	**26**	10	64	**43**	57
Point de l'indicateur	**35**		**26**			**43**	
Indicateurs	Mortalité des arbres d'alignement		Évaluation de présence des arbres d'alignement			Continuité de la disposition des arbres	
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	42	**58**	0	5	28	36	31	**21**	79
Point de l'indicateur	**58**		**31,74**					**21**	
Indicateurs	Possession d'une palmeraie		Jardin dans la palmeraie					_____	
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non				_____	
Taux de réponse (%)	**23**	77	**64,5**	35,5				_____	
Point de l'indicateur	**23**		**64,5**					_____	
Moyenne	**36,16**								

L'évaluation de la durabilité de la biodiversité et sa promotion dans la ville de Biskra repose sur la combinaison des scores de huit indicateurs clés, suivie du calcul de la moyenne de ces scores. Avec un score de **36,16**, cette évaluation classe la situation dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 90). Cela souligne la nécessité d'améliorer les mesures de promotion de la biodiversité. Pour améliorer la durabilité de la biodiversité à Biskra, des solutions variées peuvent être envisagées. Celles-ci pourraient inclure l'adoption de politiques environnementales plus strictes pour protéger les habitats naturels, l'engagement communautaire dans des projets de restauration écologique, l'éducation environnementale pour sensibiliser la population locale, l'allocation de fonds pour la recherche sur la biodiversité, et la promotion d'une planification urbaine durable qui intègre la protection des zones naturelles et l'adoption de politiques urbaines favorisant les zones vertes et la protection des corridors écologiques est essentielle pour la préservation et la promotion de la biodiversité à Biskra.

En mettant en œuvre ces solutions et en surveillant régulièrement les indicateurs de biodiversité, il est possible de progresser vers une gestion plus durable de la biodiversité à Biskra et de garantir la santé à long terme des écosystèmes locaux.

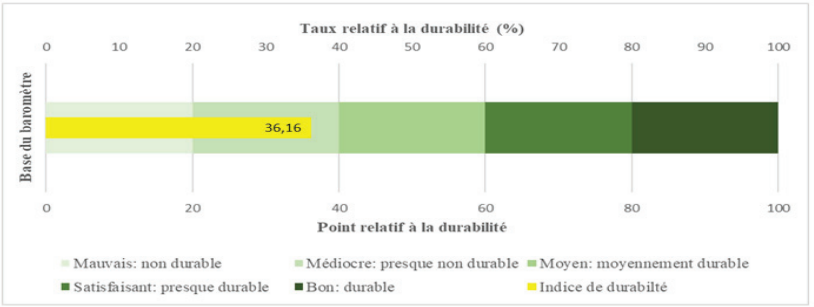


Fig. 90. L'indice de durabilité pour la biodiversité et sa promotion (Source : Auteur, 2024).

2.3.2.6. Résilience aux risques d'inondation

Il bien rappeler que l'adoption des différentes formes d'infrastructure verte est très efficace, reposant sur la préservation du cycle hydrologique de l'eau pour une gestion sûre et efficace des eaux pluviales dans les zones urbaines. Cela comprend également la gestion des effets néfastes des inondations rapides et soudaines causées par le ruissellement (Hadji et Petrişor, 2023).

Dans cette situation, l'évaluation de cet indice vise l'infrastructure verte afin de déterminer sa résilience face aux risques d'inondation, surtout après plusieurs inondations survenues au cours des dernières années dans la ville de Biskra. L'indice de durabilité de la résilience aux risques d'inondation de la ville de Biskra est basé sur une évaluation approfondie de quatre indicateurs clés. L'indicateur d'exposition aux inondations analyse la vulnérabilité de la ville aux inondations. Ensuite, l'évolution de la fréquence des inondations examine les tendances historiques des événements d'inondation dans la région, permettant ainsi de mieux comprendre l'ampleur et la gravité des risques. Le troisième indicateur, les mesures prises par les autorités locales contre les inondations, évalue l'efficacité des actions entreprises pour prévenir, atténuer ou répondre aux inondations. Enfin, la satisfaction concernant les mesures préventives des autorités locales recueille les opinions et les perceptions des résidents quant à l'efficacité des politiques et des initiatives mises en place pour réduire les risques d'inondation et renforcer la résilience de la ville (Tableau. 21).

Les trois indicateurs restants ont révélé divers aspects essentiels de la situation, notamment les principaux facteurs ayant contribué aux inondations. D'après les réponses obtenues, 73 % des participants ont indiqué que l'obstruction des systèmes de drainage était la cause principale des inondations. En outre, 14 % des répondants ont attribué les inondations à la crue des cours d'eau, tandis que 7 % ont pointé du doigt la déforestation des palmeraies et 6 % ont mentionné les fortes pluies. Parmi les répondants qui possèdent une palmeraie (18 %), les dégâts suivants ont été signalés : l'érosion du terrain agricole (88,9 %), la destruction des infrastructures d'irrigation (66,7 %), la détérioration des palmiers (72,2 %) et la perte de récolte (44,4 %). Ces résultats soulignent l'importance critique de la gestion des systèmes de drainage et des infrastructures d'irrigation pour prévenir les inondations et protéger les terres agricoles.

Tableau 21. Données recueillies sur la résilience aux risques d'inondation dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Expositi6on aux inondati-ons		Évolution de la fréquence des inondations		Mesures prises par les autorités locales contre les inondations			
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Utilisation de revêtements perméables dans les aménagements urbains et promotion de leur utilisation à domicile	Isolation des réseaux d'assainissement des réseaux de drainage des pluies.	Promotion des moyens de stockage d'eau pour la gestion des précipitations	Solutions temporaires liées à l'évacuation des eaux de pluie des rues pendant l'inondation
Taux de réponse (%)	52	**48**	90	**10**	**7** (Taux relatif de durabilité)	**4** (Taux relatif de durabilité)	**2** (Taux relatif de durabilité)	77
Point de l'indicateur	**48**		**10**		**13**			
Indicateurs	Satisfaction concernant les mesures préventives des autorités locales				—			
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	—		
Taux de réponse (%)	0	6	31	49	14	—		

Point de l'indicateur	**36,26**	
Moyenne	**26,81**	

L'indice de durabilité de la résilience aux risques d'inondation de la ville de Biskra est déterminé par la combinaison des scores de quatre indicateurs clés, dont la moyenne donne un score global. Avec un score de **26,81**, Cette évaluation place Biskra dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 91).

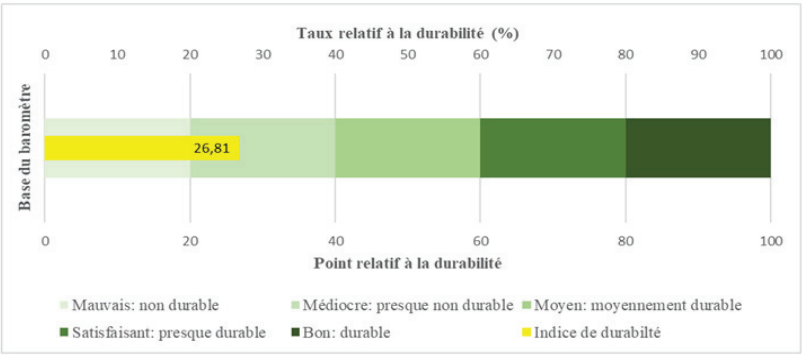


Fig. 91. L'indice de durabilité de la résilience aux risques d'inondation (Source : Auteur, 2024).

Cette situation met l'accent sur la nécessité de trouver des solutions durables et de mettre en place des stratégies de gestion intégrée de l'eau, incluant la réhabilitation et l'entretien des systèmes de drainage, leur séparation du système d'égouts, la réutilisation des eaux pluviales, et l'utilisation de pavages perméables dans l'aménagement urbain pour augmenter l'absorption des eaux pluviales. De plus, la conservation et la reforestation des zones de palmeraies, ainsi que la mise en place de mesures d'adaptation aux changements climatiques, sont essentielles. La sensibilisation des communautés locales et la collaboration entre les autorités municipales et les citoyens sont également des éléments clés pour renforcer la résilience aux inondations.

2.3.2.7. Résilience aux risques de sécheresse

L'infrastructure verte est reconnue pour son rôle crucial dans l'amélioration de la recharge des eaux souterraines et de l'eau potable (Kim et Song, 2019). Dans cette perspective, nous nous intéressons à savoir si l'infrastructure verte dans la ville de Biskra contribue également à cet objectif. Pour cela, nous envisageons de découvrir si l'infrastructure verte a un impact sur l'indice de résilience aux risques de sécheresse. Cet indice comprend deux indicateurs principaux : l'exposition au phénomène de sécheresse et l'évaluation des mesures prises par les autorités locales contre les sécheresses (Tableau 22).

Tableau 22. Données recueillies sur la résilience aux risques de sécheresse dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Exposition au phénomène de sécheresse		Évaluation des mesures prises par les autorités locales contre les sécheresses				
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	89	**11**	0	6	31	49	14
Point de l'indicateur	**11**		**36,22**				
Moyenne	**23,61**						

En examinant ces deux indicateurs, nous pourrons évaluer dans quelle mesure l'infrastructure verte de Biskra contribue à renforcer la résilience de la ville face aux sécheresses.

Pour les deux autres indicateurs, les résultats révèlent que la principale cause de cette sécheresse est attribuée aux conditions climatiques, avec une proportion de 71%. Ensuite, 17.2% des répondants ont indiqué que la sécheresse était liée à des pratiques agricoles, tandis que 11.8% ont mentionné des activités humaines et la surexploitation des ressources. En ce

qui concerne les impacts négatifs de cette sécheresse, les réponses montrent que la mortalité des espèces végétales est le premier impact mentionné, suivi par la dégradation de la qualité de l'eau. Ensuite, les répondants ont mentionné la mortalité des espèces animales, et enfin, les problèmes d'irrigation des cultures.

L'indice de durabilité de la résilience aux risques de sécheresse est déterminé par la combinaison des scores de deux indicateurs clés, dont la moyenne donne un score global. Avec un score de **23,61**, Cette évaluation place Biskra dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 92).

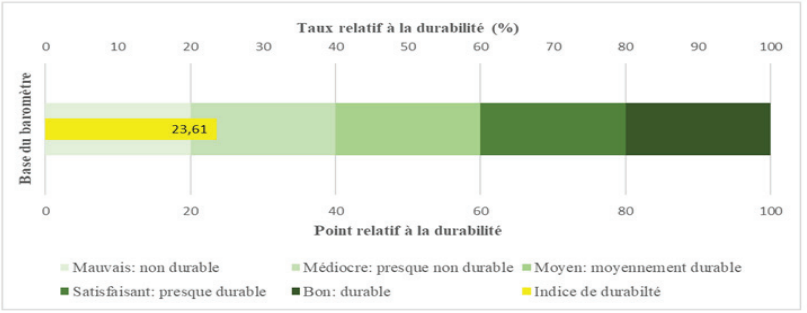


Fig. 11. L'indice de durabilité de la résilience aux risques de sécheresse (Source : Auteur, 2024).

Pour améliorer cette situation, il est important de mettre en œuvre des mesures efficaces pour renforcer la résilience de la ville face aux sécheresses. Cela pourrait inclure des initiatives telles que la gestion durable des ressources en eau, la promotion de pratiques agricoles résilientes, l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau, et l'investissement dans des infrastructures vertes pour la conservation de l'eau et la régulation des cycles hydriques. En outre, une sensibilisation accrue aux défis liés à la sécheresse et une meilleure coordination entre les autorités locales et les communautés peuvent également contribuer à renforcer la résilience de Biskra aux risques de sécheresse.

2.3.2.8. Résilience aux risques de tempêtes de sable

L'atténuation des risques liés aux tempêtes de sable et de poussière est cruciale pour favoriser le développement durable dans les zones exposées à ce phénomène météorologique. Ces tempêtes peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur les écosystèmes naturels, la santé publique, l'agriculture et les infrastructures urbaines. Elles peuvent entraîner la dégradation des terres, la perte de biodiversité, la pollution atmosphérique et la détérioration des conditions de vie des populations locales (Nations Unies, 2022).

Cet indice de durabilité s'appuie sur trois indicateurs principaux pour évaluer la résilience aux tempêtes de sable. Tout d'abord, il examine l'exposition aux tempêtes de sable, évaluant ainsi le niveau de risque pour la région étudiée. Ensuite, il analyse l'évolution de la fréquence ou de l'intensité de ces tempêtes au fil du temps, fournissant ainsi des informations sur les tendances et les changements dans le risque associé. Enfin, il évalue l'efficacité des mesures prises par les autorités locales pour gérer ces tempêtes, permettant ainsi de comprendre la capacité de la région à faire face à ces événements climatiques extrêmes (Tableau 23).

Tableau 23. Données recueillies sur la résilience aux risques de tempêtes de sable dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Évaluation de l'impact de tempêtes de sable					Évolution de la fréquence ou de l'intensité des tempêtes de sable		Évaluation efforts entrepris par les autorités locales				
Les réponses	Aucun	Satisfaisa	Moyen	Médiocre	Mauvais	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	5	6	22	30	37	93	**7**	0	1	16	40	43
Point de l'indicateur	**32,71**					**7**		**25,28**				
Moyenne	**21,66**											

D'après l'indicateur lié aux impacts négatifs des tempêtes de sable, les réponses indiquent que la visibilité réduite est le premier impact mentionné, suivi des difficultés de déplacement. Ensuite, les répondants ont mentionné les problèmes de santé tels que les problèmes respiratoires et les allergies, et enfin, les dommages matériels tels que les dommages aux biens et aux cultures. Ces résultats soulignent l'impact étendu des tempêtes de sable sur la vie quotidienne, incluant des risques pour la conduite, la santé respiratoire, et l'économie locale.

L'indice de durabilité de la résilience aux tempêtes de sable est déterminé par la combinaison des scores de trois indicateurs clés, dont la moyenne donne un score global. Avec un score de **21,66**, Cette évaluation place Biskra dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 93).

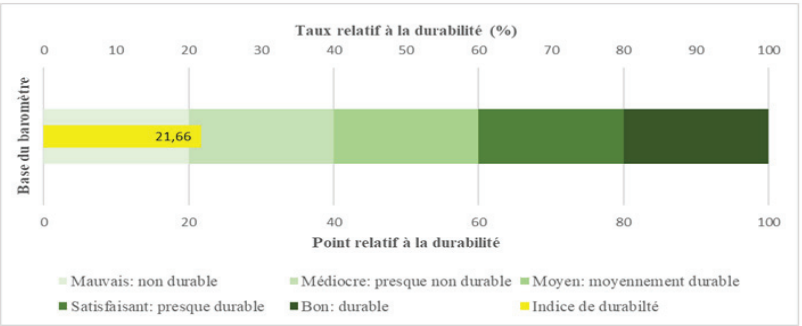


Fig. 93. L'indice de durabilité de la résilience aux tempêtes de sable (Source : Auteur, 2024).

Pour améliorer la résilience aux tempêtes de sable à Biskra, plusieurs solutions peuvent être envisagées. Mettre en œuvre des pratiques de gestion durable des terres et de l'eau, telles que la reforestation, l'augmentation de la couverture végétale, la conservation des sols, la gestion des ressources en eau et les pare-vents naturels, peut contribuer à réduire la fréquence et l'intensité des tempêtes de sable.

2.3.2.9. Climat urbain et confort thermique

La présence de différentes formes d'infrastructures vertes en milieu urbain joue un rôle crucial dans l'atténuation des températures ambiantes locales et constitue un élément central des stratégies de développement durable (Isabelle *et al.*, 2019).

L'évaluation de l'indice de durabilité du climat urbain et du confort thermique à Biskra repose sur sept indicateurs clés : sensibilité thermique des logements aux variations extérieures pour évaluer la capacité des habitations à maintenir une température intérieure stable malgré les changements de température extérieure. Élévation des températures urbaines pour mesurer les effets de la chaleur en milieu urbain. Sécheresse atmosphérique urbaine pour analyser la fréquence et l'intensité des périodes de sécheresse atmosphérique dans la ville, pouvant influencer le confort thermique et la qualité de vie des habitants. Confort thermique domestique sans dispositifs pour évaluer la capacité des logements à maintenir un niveau de confort thermique sans recourir à des dispositifs de chauffage ou de climatisation. Méthodes utilisées pour rafraîchir l'air intérieur en été et pour le chauffage domestique en hiver pour évaluer si les méthodes utilisées sont durables et efficaces pour maintenir le confort thermique des habitations. Présence d'ombre urbaine pour mesurer la disponibilité d'espaces ombragés dans la ville, offrant un répit contre l'exposition directe au soleil et contribuant au confort thermique des habitants (Tableau 24).

D'après l'indicateur portant sur les efforts entrepris par les autorités locales pour atténuer les îlots de chaleur urbains à travers des politiques, des projets d'aménagement ou des programmes de sensibilisation, les réponses indiquent que aucun effort n'est mis en place, avec 66 % des répondants mentionnant ce constat. En revanche, la création de parcs et d'espaces verts est mentionnée par 31 % des répondants comme un impact positif potentiel sur l'atténuation de ces îlots de chaleur urbains. Ensuite, la sensibilisation et l'éducation des résidents sur les pratiques visant à réduire les îlots de chaleur urbains sont citées, bien que de manière moins fréquente. Enfin, l'utilisation de l'eau, notamment à travers des cours d'eau et des jeux d'eau, est mentionnée avec un taux très faible de réponses.

En ce qui concerne les impacts négatifs des îlots de chaleur urbains, la majorité des répondants ont mentionné que cela affecte la perturbation des

activités de plein air et des interactions sociales en premier lieu, suivi de près par l'augmentation de la demande de climatisation. En troisième position, il y a une hausse de la demande en eau potable, tandis qu'en quatrième position, la réduction de la qualité de l'air est évoquée. Un faible pourcentage de répondants (5 %) n'a pas mentionné d'effet négatif.

Tableau 24. Données recueillies sur le climat urbain et confort thermique dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Sensibilité thermique de logement aux variations extérieures		Élévation des températures urbaines		Sécheresse atmosphérique urbaine		Présence d'ombre urbaine (arbres)	
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	53	**47**	83	**17**	83	**17**	**26**	74
Point de l'indicateur	**47**		**17**		**17**		**26**	

Indicateurs	Évaluation du confort thermique domestique sans dispositifs					Moyens utilisés pour rafraîchir l'air intérieur en été				Moyens utilisés pour le chauffage domestique en hiver			
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Climatisation	Ventilateur	Fenêtres ouvertes	Fontaine dans la	Chauffage	Radiateurs électriques	Chauffage au gaz	Systèmes de chauffage solaire
Taux de réponse (%)	1	11	25	29	34	76	9	**15**	**0**	10	64	43	**0** (Taux relatif de durabilité)
Point de l'indicateur	**33,53**					**15**				**0**			
Moyenne	**22,21**												

L'indice de durabilité du climat urbain et confort thermique est déterminé par la combinaison des scores de trois indicateurs clés, dont la moyenne donne un score global. Avec un score de **22,21**, Cette évaluation place Biskra dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 94). Il est important d'accroître la végétalisation urbaine par la présence d'espaces verts, de parcs et d'arbres dans la ville, permet de créer des zones d'ombre naturelles et de favoriser la régulation thermique. De plus, l'installation de toits végétaux et de façades vertes contribue également à améliorer le confort thermique urbain et celui des bâtiments.

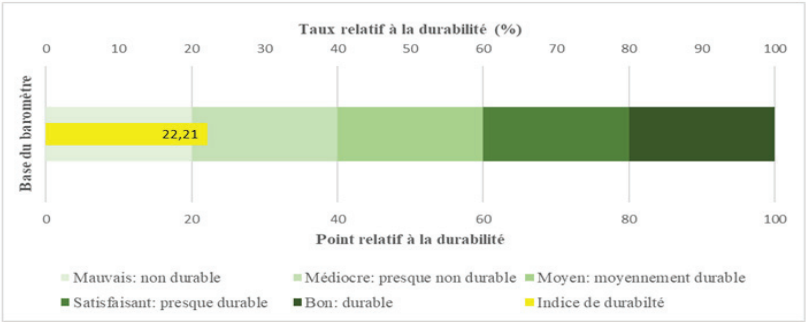


Fig. 94. L'indice de durabilité du climat urbain et confort thermique (Source : Auteur, 2024).

2.3.3. Dimension socioculturelle

2.3.3.1. Esthétique du paysage

Le paysage joue un rôle crucial dans l'amélioration de la qualité de vie des habitants en créant des environnements plus agréables et esthétiquement plaisants, favorisant ainsi le bien-être des résidents (Kim et Song, 2019).

L'évaluation de l'indice de durabilité esthétique du paysage à Biskra repose sur deux indicateurs clés : la dégradation esthétique du paysage et l'évaluation de l'esthétique générale du paysage. Ces deux indicateurs permettent d'évaluer la qualité visuelle et l'attrait esthétique de l'environnement naturel et bâti dans la ville (Tableau 25).

Tableau 25. Données recueillies sur esthétique du paysage dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Évaluation de l'esthétique générale du paysage					Dégradation esthétique du paysage	
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Oui	Non
Taux de réponse (%)	2	10	24	26	20	86	**14** (Taux relatif de durabilité)
Point de l'indicateur	**30,90**					**14**	
Moyenne	**22,45**						

L'évaluation de la durabilité de l'esthétique du paysage combine les résultats de trois indicateurs principaux, dont la moyenne produit un score global. Avec un score de **22,45**, cette évaluation classe Biskra dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 95). Cette situation alarmante met en lumière la nécessité de réintégrer la nature dans l'espace urbain afin d'améliorer la qualité visuelle et l'attrait esthétique, ce qui pourrait à son tour améliorer la qualité de vie des résidents.

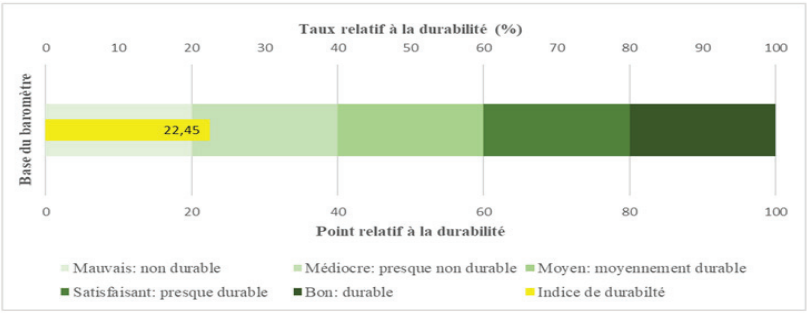


Fig. 12. L'indice de durabilité de l'esthétique du paysage (Source : Auteur, 2024).

2.3.3.2. Amélioration de l'environnement bâti

Les infrastructures vertes contribuent à l'amélioration de l'environnement bâti en englobant toutes les actions visant à rendre les espaces construits plus durables, offrant un confort acoustique et une augmentation de la qualité visuelle des logements (Kim et Song, 2019).

L'évaluation de l'indice de durabilité pour l'amélioration de l'environnement bâti à Biskra repose sur trois indicateurs clés. Le premier indicateur concerne l'amélioration visuelle des espaces verts sur le logement, qui évalue les changements négatifs dans l'aspect esthétique des habitations et de leur environnement. Ensuite, la réduction de la pollution sonore est un autre indicateur crucial, qui mesure les efforts visant à diminuer les niveaux de bruit excessif dans les zones urbaines. Enfin, la disponibilité d'une vue extérieure naturelle constitue le troisième indicateur, évaluant si les habitants bénéficient d'un accès à des espaces verts ou à des panoramas naturels depuis leur domicile (Tableau 26).

Tableau 26. Données recueillies sur l'amélioration de l'environnement bâti dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Amélioration visuelle des espaces verts sur le logement		Réduction de la pollution sonore		Vue extérieure naturelle disponible			
Les réponses	Oui (Taux relatif de	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Des espaces verts (parcs, jardins ou	Des zones agricoles (palmeraie,	Eau (plans d'eau, fontaines, etc.)	Aucune vue extérieure naturelle.
Taux de réponse (%)	**31**	69	**19**	81	**48,07** (Taux relatif de durabilité)	**1,92** (Taux relatif de durabilité)	**0,96** (Taux relatif de durabilité)	49,05
Point de l'indicateur	**31**		**19**		**50,95**			
Moyenne	**33,65**							

L'évaluation de la durabilité de l'amélioration de l'environnement bâti combine les résultats de trois indicateurs principaux, dont la moyenne produit un score global. Avec un score de **33,65**, cette évaluation classe Biskra dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 96). Malgré l'existence d'une variété d'espaces verts offerts, totalisant 50,95 %, ce chiffre suggère une insuffisance de ces espaces et la nécessité de leur augmentation.

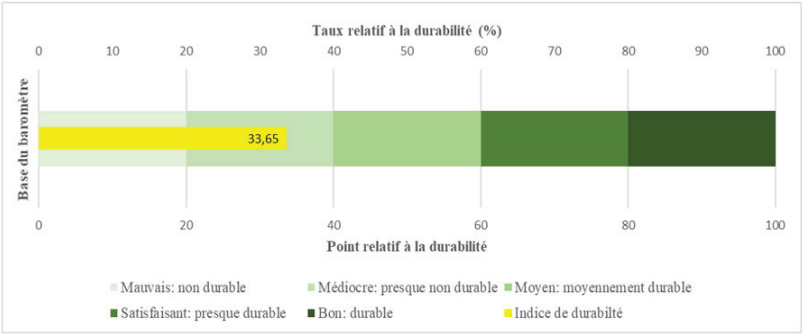


Fig. 96. L'indice de durabilité de l'amélioration de l'environnement bâti (Source : Auteur, 2024).

2.3.3.3. Promotion de l'éducation environnementale

Les infrastructures vertes jouent un rôle crucial dans l'éducation environnementale en offrant des espaces d'apprentissage interactifs, des ressources pédagogiques variées et des opportunités d'engagement communautaire. Ces initiatives contribuent à renforcer la conscience écologique, à inspirer l'action collective et à cultiver un sentiment de responsabilité envers notre planète (Rayfield *et al.*, 2015 ; Pauleit *et al.*, 2017).

L'évaluation de l'indice de durabilité pour la promotion de l'éducation environnementale à Biskra se base sur dix indicateurs clés. Parmi eux, il y a l'existence d'associations dédiées à la gestion des espaces verts dans les quartiers, qui mobilisent les résidents locaux pour entretenir et valoriser les espaces verts, améliorant ainsi la qualité de l'environnement urbain. La

participation à des projets ou activités liés aux espaces verts est un autre indicateur important, montrant l'engagement des citoyens envers la préservation de la nature. De plus, l'évaluation de la participation à des événements environnementaux offre un aperçu de l'implication de la communauté dans les initiatives écologiques. Les discussions familiales sur l'environnement à la maison sont également essentielles pour sensibiliser les membres de la famille et encourager des comportements respectueux de l'environnement. L'intérêt des enfants pour l'environnement et l'intégration des cours sur l'environnement dans les écoles sont des signes de sensibilisation et d'éducation environnementale parmi la jeunesse, favorisant une génération consciente des défis environnementaux. La connaissance des enfants en phoeniciculture et la connaissance personnelle en phoeniciculture sont des indicateurs spécifiques qui peuvent révéler l'implication et l'engagement dans ce domaine (Tableau 27).

Tableau 27. Données recueillies sur la promotion de l'éducation environnementale dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Associations pour la gestion des espaces verts		Participation à des projets ou activités liés aux espaces verts		Évaluation de la participation à des projets ou activités liés aux espaces verts					Discussion familiale sur l'environnement à la maison	
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	**11**	89	**23**	77	0	3	26	39	32	**63**	37
Point de l'indicateur	**11**		**23**		**30,34**					**63**	

Indicateurs	Évaluation de l'intérêt des enfants pour l'environnement					Évaluation de la connaissance des enfants en phoeniciculture					Évaluation de la connaissance personnelle en phoeniciculture				
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	5	18	53	18	6	2	4	18	31	45	14	15	37	21	13
Point de l'indicateur	**50,07**					**27,67**					**49,63**				

Indicateurs	Intégration des cours sur l'environnement dans les écoles des enfants		Importance des actions individuelles contre le changement climatique		Approche pratique de l'environnement à l'école pour les enfants	
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	**98**	0	**60**	40	**41**	**59**
Point de l'indicateur	**98**		**60**		**41**	
Moyenne	**43,07**					

L'indice de durabilité de la promotion de l'éducation environnementale est calculé en combinant les scores de dix indicateurs clés, ce qui conduit à un score global. Avec une note de **43,07**, est classée dans la catégorie « moyennement durable » du baromètre de durabilité (Fig. 97). Cela indique qu'il est nécessaire de renforcer cet indice. Pour ce faire, il est essentiel de soutenir les associations locales, d'organiser des ateliers de formation et d'augmenter la participation communautaire à travers des campagnes de sensibilisation et des événements tels que des journées de nettoyage et de plantation d'arbres. Ensuite, l'intégration des cours sur l'environnement dans

les programmes scolaires de manière pratique est cruciale. De plus, le développement de programmes éducatifs sur la phoeniciculture et la promotion de techniques agricoles durables sont essentiels pour préserver cette agriculture spécifique pour les générations futures, compte tenu de sa disparition progressive au fil du temps. Enfin, sensibiliser la population aux actions individuelles contre le changement climatique par des campagnes de sensibilisation et offrir des incitations pour les comportements écologiques sont des mesures cruciales pour promouvoir la durabilité environnementale.

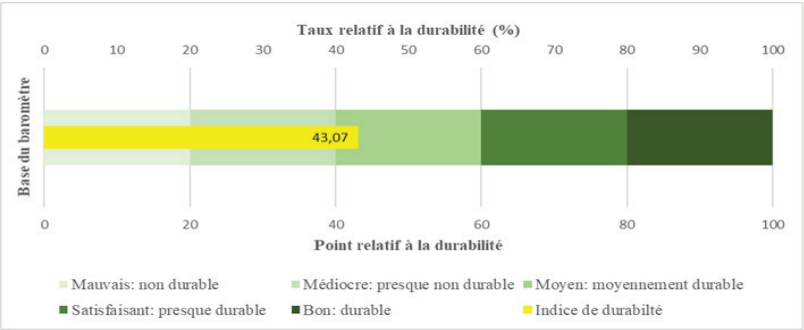


Fig. 97. L'indice de durabilité de la promotion de l'éducation environnementale (Source : Auteur, 2024).

2.3.3.4. Cohésion sociale et soutien à la santé

L'indice de durabilité pour la cohésion sociale et soutien à la santé repose sur neuf indicateurs clés, chacun visant à évaluer différents aspects de la qualité de vie urbaine. Ces indicateurs comprennent l'évaluation des espaces naturels de rencontre et de loisirs, qui examine la disponibilité et la qualité des parcs, jardins et autres lieux de détente. Ils incluent également une évaluation de l'équité dans la distribution de ces espaces verts, ainsi que de leur état d'entretien. De plus, l'indice considère les projets en cours liés aux espaces de rencontre et de loisirs, afin de prendre en compte les initiatives visant à améliorer ces environnements. L'accessibilité des pistes cyclables est également prise en compte, ainsi que les opportunités de pratique sportive pour les jeunes dans les espaces verts. Les installations sportives disponibles dans les parcs du quartier sont évaluées, tout comme l'utilisation

des moyens de transport dans le quartier, ce qui peut influencer l'accessibilité et l'interaction sociale des résidents (Tableau 28).

Tableau 28. Données recueillies sur la cohésion sociale et soutien à la santé dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024)

Indicateurs	Évaluation des espaces naturels de rencontre et loisirs					Lieux de détente et Rencontres disponibles					Évaluation de l'équité dans la distribution des espaces verts				
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Maison	Parc ou jardin	Palmeraie	Café	Au bord du trottoir ou [illegible]	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	1	2	22	52	23	33	**16** (Taux relatif de durabilité)	**22** (Taux relatif de durabilité)	20	9	0	0	14	46	40
Point de l'indicateur	**31,58**					**38**					**25,10**				
Indicateurs	Évaluation de l'état de l'entretien des espaces verts					Projets en cours liés aux espaces de rencontre et loisirs					Accessibilité des pistes cyclables				
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Oui (Taux relatif de durabilité)		Non			Oui (Taux relatif de durabilité)		Non		
Taux de réponse (%)	0	8	14	49	29	**25**		75			**7**		93		

Point de l'indicateur	**30,55**				**25**				**7**					
Indicateurs	Opportunités de pratique sportive pour les jeunes dans les espaces verts				Installations sportives dans les espaces verts				Moyens de transport utilisés					
Les réponses	Tournois sportives organisées	Cours de sport dispensés par la municipalité	Utilisation des terrains de sport en libre accès	Aucune possibilité	Terrain de football	Terrain de basketball	Piste de course	Aucune installation sportive	Marche	Vélo	Transport en commun	Service de taxi	Propre voiture	Moto
Taux de réponse (%)	**35,85**	**2,83**	**6,60**	54,72	**36,63**	**1**	**5,94**	56,34	**1**	**7**	**11**	21	28	32
	Taux relatif de durabilité				Taux relatif de durabilité				Taux relatif de durabilité					
Point de l'indicateur	**45,28**				**43,66**				**19**					
Moyenne	**29,17**													

L'indice de durabilité de la cohésion sociale et du soutien à la santé est calculé en combinant les scores de dix indicateurs clés, ce qui conduit à un score global. Avec une note de **29,17**, cette évaluation classe notre communauté dans la catégorie « presque non durable » du baromètre de durabilité (Fig. 98). Cela indique un besoin urgent d'interventions pour améliorer ces aspects cruciaux de la vie communautaire en investissant dans les infrastructures vertes et la création de nouveaux parcs et jardins comportant différentes installations sportives pour soutenir la santé, ainsi que dans l'amélioration des espaces verts existants pour les rendre plus accessibles et attrayants, nous pouvons faire une réelle différence. Il est également important de promouvoir les activités communautaires et d'assurer un accès équitable aux espaces verts, en construisant des pistes cyclables et des chemins piétonniers pour faciliter l'accès et encourager les moyens de transport non motorisés. De plus, investir dans la mise en place d'événements réguliers comme des festivals, des marchés et des ateliers dans les espaces verts encouragera l'interaction sociale.

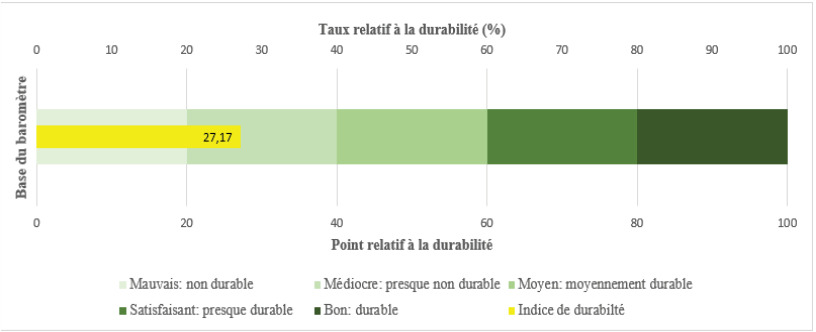


Fig. 98. L'indice de durabilité de la cohésion sociale et du soutien à la santé (Source : Auteur, 2024).

2.3.3.5. Sécurité publique

Les parcs, les jardins et les espaces verts bien entretenus peuvent contribuer à la réduction de la criminalité. Un environnement bien aménagé et éclairé décourage les activités criminelles en augmentant la visibilité et en créant un cadre attrayant où les résidents et les visiteurs se sentent plus en sécurité (Wolfe et Mennis, 2012). Les études montrent que les quartiers avec

davantage d'espaces verts tendent à enregistrer des taux de criminalité plus bas, améliorant ainsi la qualité de vie des habitants (Kuo et Sullivan, 2001).

L'évaluation de l'indice de durabilité pour la sécurité publique à Biskra repose sur trois indicateurs clés, chacun étant essentiel pour évaluer la situation sécuritaire dans la ville. Tout d'abord, l'indicateur de l'éclairage des espaces verts permet de mesurer la qualité de l'éclairage dans les zones publiques telles que les parcs, les jardins et les rues. L'indicateur lié au fait d'être témoin ou victime de criminalité permet d'évaluer directement l'incidence des crimes dans la communauté. Enfin, l'indicateur évaluant le sentiment de sécurité dans la ville interroge les résidents sur leur perception personnelle de la sécurité lors de leurs déplacements dans différents quartiers et zones de la ville (Tableau 29).

Tableau 29. Données recueillies sur la sécurité publique dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Éclairage des espaces verts		Témoignage ou victime de criminalité		Évaluation du sentiment de sécurité urbaine				
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	**65**	35	46	**54**	5	8	57	26	4
Point de l'indicateur	**65**		**54**		**47,28**				
Moyenne	**55,42**								

L'évaluation de la durabilité de la sécurité publique repose sur la combinaison des scores de trois indicateurs principaux, aboutissant à un score global de **55,42**, classé dans la catégorie « moyennement durable » selon le baromètre de durabilité (Fig. 99). Cette situation souligne la nécessité de renforcer cet indice en promouvant la création d'espaces verts et de parcs sécurisés, équipés d'un éclairage adéquat ainsi que de caméras de sécurité et de systèmes d'alarme pour renforcer la sécurité. De plus,

l'amélioration des zones à risque en les remplaçant par des infrastructures vertes bien équipées est essentielle.

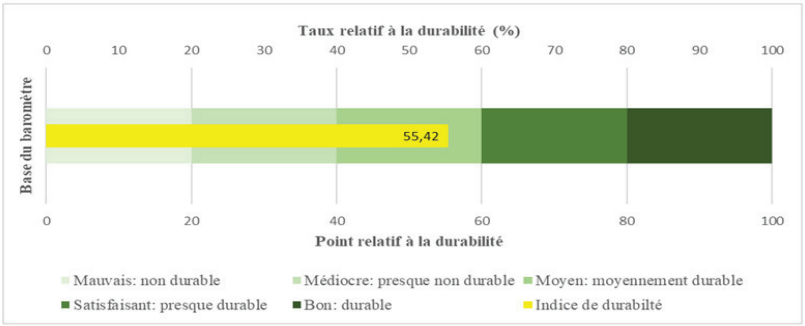


Fig. 99. L'indice de durabilité de la sécurité publique (Source : Auteur, 2024).

2.3.4. Dimension économique

2.3.4.1. Économies de coûts privés et publics

L'évaluation de l'indice de durabilité pour l'économie de coûts privés et publics à Biskra offre un regard précieux sur la viabilité économique de la ville. Parmi les huit indicateurs clés, l'impact des espaces verts dans l'encouragement des transports non motorisés peut entraîner des économies de coûts en réduisant la dépendance aux transports motorisés. De même, la gestion efficace des infrastructures grises et la recherche de solutions durables, notamment pour prévenir les risques environnementaux tels que les inondations, peuvent limiter les coûts de réparation et de reconstruction associés à de tels événements. Par ailleurs, la réduction de la consommation électrique en été et de la consommation de gaz en hiver, résultant de mesures d'efficacité énergétique ou de la mise en place de systèmes de stockage d'eau de pluie pour les besoins domestiques, peut générer des économies significatives sur les factures d'énergie des ménages et des entreprises. En outre, les initiatives durables des autorités locales pour réduire la consommation d'eau peuvent également contribuer à réduire les coûts (Tableau 30).

Tableau 30. Données recueillies sur l'économie de coûts privés et publics dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Impact des espaces verts dans l'encouragement le transport non motorise					Entretien répétitif des infrastructures grises à cause les risques environnements		Augmentation de la consommation électrique en été	
Les réponses	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)
Taux de réponse (%)	1	0	9	44	46	61	**39**	86	**14**
Point de l'indicateur	**23,47**					**39**		**14**	
Indicateurs	Augmentation de la consommation de gaz en hiver			Évaluation de la consommation électrique en été				Évaluation de la consommation de gaz en hiver				
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)		Pas élevée	Satisfaisante	Moyenne	Elevée	Très élevée	Pas élevée (Bon)	Satisfaisante	Moyenne	Elevée	Très élevée
Taux de réponse (%)	87	**13**		0	8	16	27	49	7	22	31	22	25
Point de l'indicateur	**13**			**26,85**					**46,71**				
Indicateurs	Utilisation des systèmes de stockage d'eau de pluie			Initiatives des autorités locales pour la réduction de la consommation d'eau					_____				
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)		Non	Oui (Taux relatif de durabilité)			Non		_____				
Taux de réponse (%)	**26**		74	**1**			99		_____				

Point de l'indicateur	**26**	**1**	_____
Moyenne	**23,75**		

L'évaluation de la durabilité de l'économie des coûts privés et publics est basée sur trois indicateurs principaux, donnant un score global de **23,75**, classé comme « presque non durable » selon le baromètre de durabilité (Fig. 100). Cette situation alarmante demande d'envisager des solutions durables encourageant le système de transport non motorisé, tel que la marche et le vélo. Cela peut être soutenu par l'extension et l'amélioration des infrastructures dédiées, comme les pistes cyclables et les zones piétonnes avec la présence de verdure qui offre de l'ombre et encourage cette pratique durable, surtout dans une zone désertique. L'utilisation des systèmes de stockage de l'eau de pluie pour les besoins domestiques peut significativement réduire la consommation d'eau potable et les coûts associés. Les toits verts, les murs végétalisés et les bassins de rétention peuvent absorber l'excès d'eau lors des fortes pluies, réduisant ainsi le risque d'inondation et les coûts liés aux dommages causés par ces événements et à la fois à l'énergie.

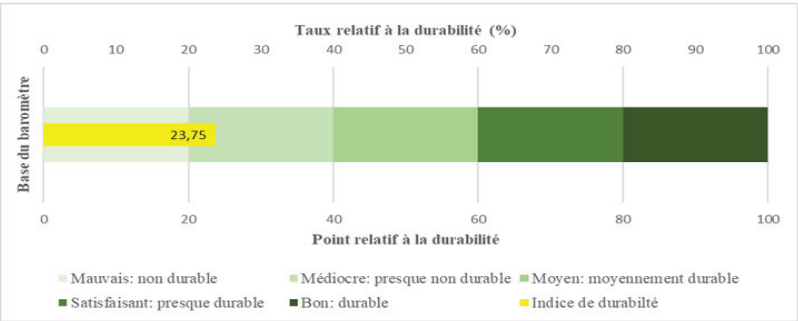


Fig. 100. L'indice de durabilité de l'économie de coûts privés et publics (Source : Auteur, 2024).

2.3.4.2. Opportunités d'emplois verts

L'évaluation de la durabilité des opportunités d'emplois verts à Biskra se base sur quatre indicateurs principaux. Le premier évalue le jardinage domestique, scrutant la contribution des habitants à leur propre approvisionnement alimentaire par la culture de fruits ou de légumes. Ensuite, la formation de la main-d'œuvre locale dans les domaines verts est examinée, visant à préparer les individus à des emplois tels que l'aménagement paysager ou la gestion des palmeraies. Le troisième indicateur évalue les initiatives locales agricoles, notamment les politiques visant à encourager la production agricole et phoeniciculture. Enfin, l'évaluation des initiatives existantes permet de comprendre leur impact et d'orienter les décideurs vers des actions plus efficaces et adaptées aux besoins de la communauté (Tableau 31).

Tableau 31. Données recueillies sur les opportunités d'emplois verts dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Jardinage domestique		Formation de la main-d'œuvre locale dans l'infrastructures vertes		Initiatives locales agricole		Évaluation des initiatives locales agricoles				
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
Taux de réponse (%)	**23**	77	**10**	90	**62**	38	2	6	24	28	40
Point de l'indicateur	**23**		**10**		**62**		**30,70**				
Moyenne	**31,42**										

Pour l'autre indicateur, qui concerne le rôle du jardinage domestique, les répondants ont exprimé que leurs jardins de légumes et de fruits contribuent à l'autosuffisance alimentaire de la maison, ce choix ayant obtenu 57.5%.

Ensuite, 37.5% ont opté pour la vente des fruits et des légumes. Enfin, 2.5% ont indiqué que le jardin contribue à une partie de l'autosuffisance alimentaire de la maison, tandis que 2.5% estiment qu'il n'apporte rien. Ces résultats soulignent l'importance cruciale du jardinage dans la satisfaction des besoins alimentaires des habitants.

L'évaluation de la durabilité des opportunités d'emplois verts se fonde sur quatre indicateurs principaux, aboutissant à un score global de **31,42**. Ce score classe les opportunités d'emplois verts dans la catégorie « presque non durable » selon le baromètre de durabilité (Fig. 101).

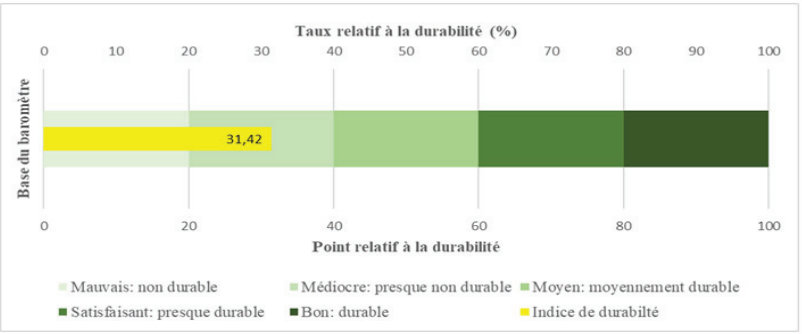


Fig. 101. L'indice de durabilité des opportunités d'emplois verts (Source : Auteur, 2024).

Pour adresser cette situation, plusieurs solutions peuvent être envisagées. Par exemple, des programmes de formation spécialisée peuvent être mis en place pour renforcer les compétences des travailleurs dans des domaines verts, tels que les énergies renouvelables ou la gestion des déchets. De plus, des politiques de développement économique durable peuvent être promues, encourageant les pratiques agricoles traditionnelles (phoeniciculture), urbaines et le jardinage domestique

2.3.4.3. Développement économique local

L'évaluation de la durabilité du développement économique local bénéficiant à la communauté à Biskra repose sur six indicateurs clés. Tout d'abord, on prend en compte le travail familial dans l'agriculture, qui reflète

l'importance de ce secteur pour les familles locales. Ensuite, le travail familial dans le commerce de fruits et légumes ainsi que dans l'artisanat traditionnel lié aux éléments en palmier sont des aspects significatifs de l'économie locale. Parallèlement, l'analyse de la dégradation de l'attractivité de la ville et l'évaluation du tourisme fournissent des indications sur la vitalité économique et touristique de la région. De plus, la diminution de la commercialisation locale est un indicateur important des tendances économiques. En prenant en compte ces multiples facteurs, il est possible de mieux comprendre la durabilité du développement économique local dans la ville de Biskra (Tableau 32).

Pour les quatre indicateurs restants, le premier concerne le type d'emploi des travailleurs étrangers : 77% des répondants ont choisi le domaine de la construction, ce qui montre l'augmentation de l'urbanisation au détriment du domaine agricole et du commerce vert. Le deuxième indicateur est lié au type de travail dans le domaine de l'agriculture pour les répondants ayant des membres de leur famille travaillant dans ce secteur. Les résultats montrent que la phoeniciculture (culture des palmiers) et la culture maraîchère sont également réparties, chacune obtenant 50 % des choix. Cela indique une importance égale accordée à ces deux types de cultures agricoles dans la région. Concernant le troisième indicateur qui est lié aux secteurs d'emploi des travailleurs étrangers, les chiffres indiquent une tendance où un nombre plus élevé de membres travaillent dans d'autres domaines, avec des taux de 60,55 %, 17,92 % pour l'agriculture, 13 % pour le commerce de fruits et légumes, et 8,53 % pour l'artisanat traditionnel lié aux éléments en palmier. Cela indique que les emplois verts sont en déclin. Enfin, le quatrième indicateur met en évidence les causes de la diminution de l'attractivité de la ville de Biskra, avec la dégradation des palmeraies en tête à 39,28 %, suivi du manque d'infrastructures vertes à 35,72 % et enfin la pollution de l'environnement à 25 %. Ces facteurs soulignent la nécessité de réévaluer et de renforcer les politiques environnementales afin de redynamiser la ville.

Tableau 32. Données recueillies sur le développement économique local dans la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Indicateurs	Travail familial dans l'agriculture		Travail familial dans le commerce de fruits et légumes		Travail familial dans l'artisanat traditionnel lie aux d'éléments en palmier	
Les réponses	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non	Oui (Taux relatif de durabilité)	Non
Taux de réponse (%)	**41**	59	**36**	64	**27**	63
Point de l'indicateur	**41**		**36**		**27**	
Indicateurs	Dégradation de l'attractivité de la ville		Évaluation du tourisme		Diminution de la commercialisation locale	
Les réponses	Oui	Non (Taux relatif de durabilité)	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais	Les dattes locales	Les fruits locaux	Les légumes locaux	Non (Taux relatif de durabilité)
Taux de réponse (%)	88	**12**	2	7	37	38	16	4,35	48,44	37,88	**9, 33**
Point de l'indicateur	**12**		**38,62**					**9,33**			
Moyenne	**27,32**										

L'évaluation de la durabilité du développement économique local bénéficiant à la communauté se fonde sur six indicateurs principaux, conduisant à un score global de **27,32**. Selon le baromètre de durabilité, ce score classe le développement économique local bénéficiant à la communauté dans la catégorie « presque non durable » (Fig. 102). Dans ce contexte, promouvoir la diversification économique dans le domaine de l'agriculture est essentiel pour stimuler la croissance économique, créer des

emplois et des opportunités d'affaires dans divers secteurs, et renforcer la résilience des communautés locales. Cela nécessite une vision stratégique, des investissements ciblés et une collaboration entre les différents acteurs, y compris les agriculteurs, les entreprises locales, les autorités publiques et la société civile. En investissant dans la diversification agricole, les communautés peuvent récolter les bénéfices d'une économie plus dynamique, durable et inclusive.

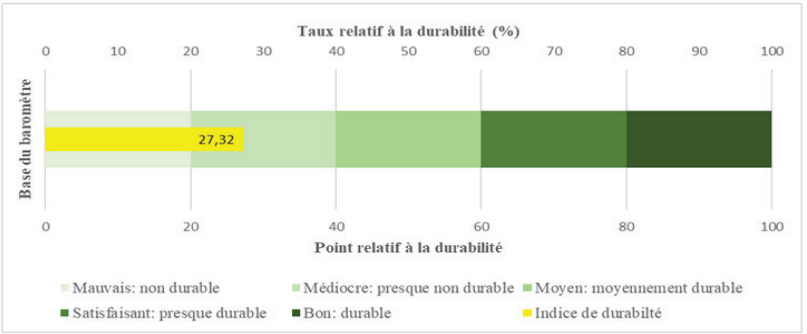


Fig. 102. L'indice de durabilité du développement économique local (Source : Auteur, 2024).

2.4. Interprétation générale des résultats

Afin d'obtenir une évaluation plus holistique et plus visible liée à chaque enjeu ou question, puis à chaque dimension, nous avons besoin d'avoir les résultats globaux de l'indice de durabilité de chaque enjeu, puis de chaque dimension (Tableau 33).

Tableau 33. Tableau synthétique de l'indice de durabilité des enjeux et des dimensions (Source : Auteur, 2024).

Dimension	Enjeu	Indice de durabilité de l'enjeu	Indice de durabilité de dimension (Moyenne)
Dimension environnementale	Préservation des terres arables	32,61	**26,11**
	Les énergies renouvelables et leur promotion	16,51	
	Satisfaction de qualité de l'air	39,41	
	Satisfaction de qualité de l'eau	27,01	
	Gestion des déchets	15,2	
	Biodiversité et sa promotion	36,16	
	Résilience aux risques d'inondation	26,81	
	Résilience aux risques de sécheresse	23,61	
	Résilience aux risques de tempêtes de sable	21,66	
	Climat urbain et confort thermique	22,21	
Dimension socioculturelle	Esthétique du paysage	22,45	**36,75**
	Amélioration de l'environnement bâti	33,65	
	Promotion de l'éducation environnementale	43,07	
	Cohésion sociale et soutien à la santé	29,17	
	Sécurité publique	55,42	
Dimension économique	Économies de coûts privés et publics	23,75	**27,49**
	Opportunités d'emplois verts	31,42	
	Développement économique local	27,32	

Pour les enjeux, nous avons adopté un graphique radar (Fig. 103). Ce type de graphique permet de visualiser simultanément les performances des infrastructures vertes dans la ville de Biskra en termes de chaque enjeu, offrant ainsi une vue d'ensemble intégrée. En incluant des enjeux clés pour chaque dimension, le graphique radar met en évidence les forces et les faiblesses de la ville.

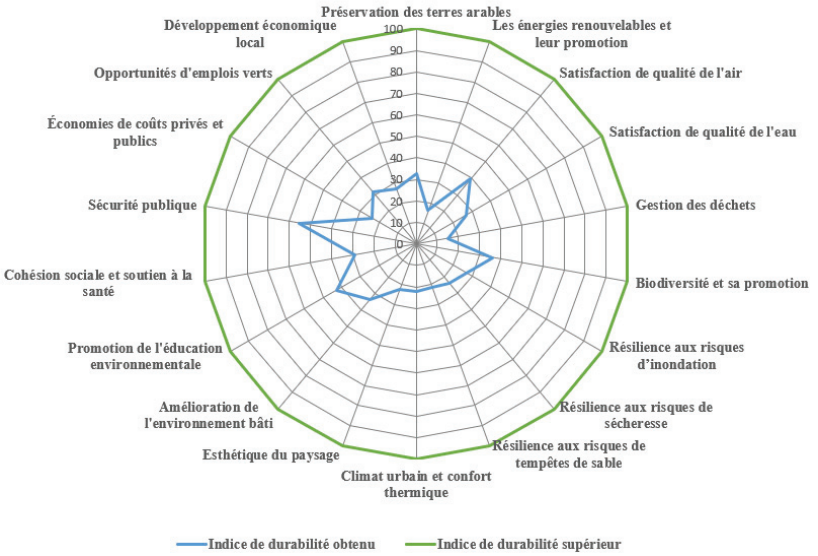


Fig. 103. Graphique radar englobant tous les enjeux (Source : Auteur, 2024).

L'interprétation globale du graphique révèle que les infrastructures vertes dans la ville de Biskra font face à des défis significatifs en termes de durabilité. Les scores obtenus sont largement inférieurs aux indices de durabilité supérieurs. Parmi eux, seulement deux enjeux, la promotion de l'éducation environnementale et la sécurité publique, se situent dans la zone « moyennement durable », tandis que la majorité se trouve dans la catégorie « presque non durable ». Cependant, deux autres enjeux, à savoir les énergies renouvelables et leur promotion ainsi que la gestion des déchets, se trouvent dans la zone « non durable ». Ces résultats nous indiquent que les dimensions environnementale, socioculturelle et économique sont

largement inférieures aux attentes, ce qui nous conduit à effectuer une évaluation globale de chaque dimension (Fig. 104).

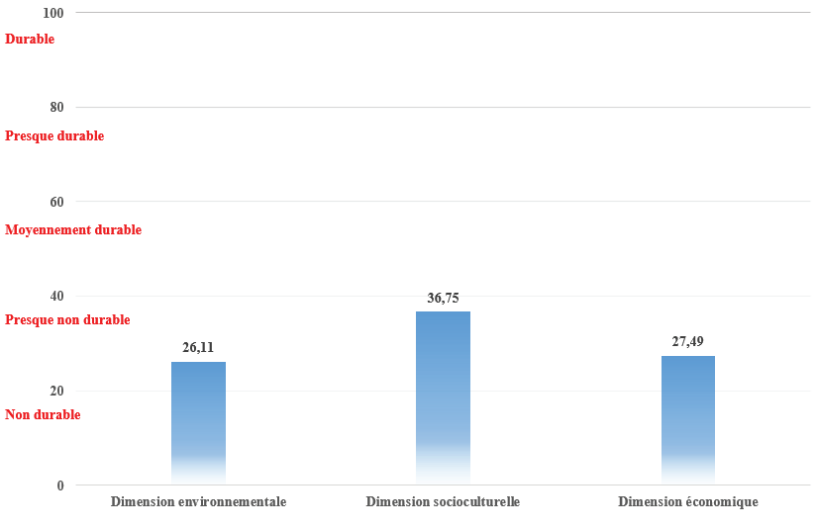


Fig. 104. L'indice de durabilité de chaque dimension (Source : Auteur, 2024).

Interpréter l'indice de durabilité de chaque dimension liée aux infrastructures vertes implique d'examiner comment chaque aspect contribue à la durabilité urbaine. Les infrastructures vertes à Biskra montrent une durabilité très limitée dans les trois dimensions évaluées. Les scores obtenus dans les dimensions environnementale et économique sont particulièrement bas, classant ces aspects comme presque non durables. La dimension socioculturelle, bien que légèrement meilleure, reste presque non durables. Ces résultats indiquent un besoin urgent d'amélioration dans tous les aspects pour atteindre une durabilité globale plus robuste.

Conclusion

Ce chapitre a permis d'approfondir notre compréhension de la durabilité des infrastructures vertes dans la ville de Biskra. À travers une analyse SWOT, nous avons identifié les principaux défis et atouts de ces infrastructures, nous donnant ainsi une idée générale sur leur vulnérabilité, avec les défis étant plus prédominants que les atouts. Nous avons ensuite utilisé le baromètre de durabilité pour évaluer de manière plus précise les résultats du questionnaire, qui utilisait une méthode quantitative.

La réalisation de cette évaluation des infrastructures vertes met en lumière leur vulnérabilité à Biskra, exposant ainsi des problèmes qui compromettent leur pérennité et affectent le développement urbain durable.

Nos résultats montrent que malgré les nombreux avantages des infrastructures vertes, des défis persistent et restent dans la catégorie non durable pour les trois dimensions environnementales, socioculturelle et économique.

L'évaluation de la durabilité des infrastructures vertes à Biskra met en évidence l'importance de poursuivre les efforts pour promouvoir des pratiques urbaines durables. En adoptant une approche intégrée et en impliquant les parties prenantes à tous les niveaux, nous pouvons créer des environnements urbains plus résilients.

Ces résultats vérifient en partie à notre hypothèse selon laquelle les espaces verts sont négligés ou non préservés en raison d'une mauvaise planification urbaine dans la ville oasis de Biskra. Nous attendons de vérifier l'autre partie de cette hypothèse dans le deuxième chapitre, pour déterminer si cette négligence est liée à un manque de précision au niveau des instruments d'urbanisme, un manque d'expérience ou un manque de participation des acteurs, surtout les acteurs environnementaux, pendant le processus de planification urbaine.

Chapitre 2. Analyse des infrastructures vertes dans la planification urbaine et leur mise en œuvre dans la ville de Biskra

Introduction

Dans ce chapitre, nous plongeons au cœur de la planification urbaine à Biskra en nous concentrant sur un élément crucial : les infrastructures vertes. Ces dernières, souvent sous-estimées mais néanmoins essentielles, offrent un moyen innovant de façonner l'environnement urbain de manière durable et résiliente. Notre analyse se déploie en deux volets distincts :

Dans un premier temps, nous procédons à une analyse critique de l'intégration des infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme de la ville. Nous nous concentrons sur le manque de précision au niveau des instruments d'urbanisme, en adoptant une approche mixte qualitative et quantitative. Cette approche combine des observations sur le terrain avec l'analyse des différents plans d'urbanisme de Biskra, ainsi que l'examen de la documentation relative à la superficie des espaces verts publics dans la ville. Nous examinons spécifiquement l'aménagement des espaces verts, analysons les données sur la surface de verdure et interprétons les résultats obtenus.

Dans un second temps, nous explorons l'intégration des infrastructures vertes dans les processus de planification urbaine du point de vue des décideurs locaux. Nous évaluons l'intérêt qu'ils portent à ces infrastructures et nous nous appuyons sur leur expérience à travers une enquête menée par entretien semi-directif.

Cette exploration approfondie vise à mettre en lumière les défis et les opportunités liés à l'incorporation des infrastructures vertes dans la planification urbaine de la ville Biskra. En identifiant les lacunes existantes et en proposant des recommandations pour une intégration plus efficace, nous aspirons à contribuer à la création de villes plus durables, résilientes à vivre pour les habitants de Biskra.

1. Analyse de l'intégration des infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme : manque de précises au niveau des instruments d'urbanisme ?

Pour examiner l'intégration des différentes formes d'infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme et leur mise en œuvre réelle, il est essentiel de déterminer s'il existe une corrélation entre les plans d'urbanisme et la réalité observée sur le terrain. Nous avons adopté une approche méthodologique mixte qualitative et quantitative qui comprend l'observation sur le terrain et l'analyse des différents plans d'urbanisme de la ville de Biskra, ainsi que l'analyse de la documentation concernant la superficie des espaces verts publics dans la ville de Biskra (Fig. 105). Nous nous sommes également basés sur les règlements algériens et la littérature existante pour réaliser une analyse approfondie.

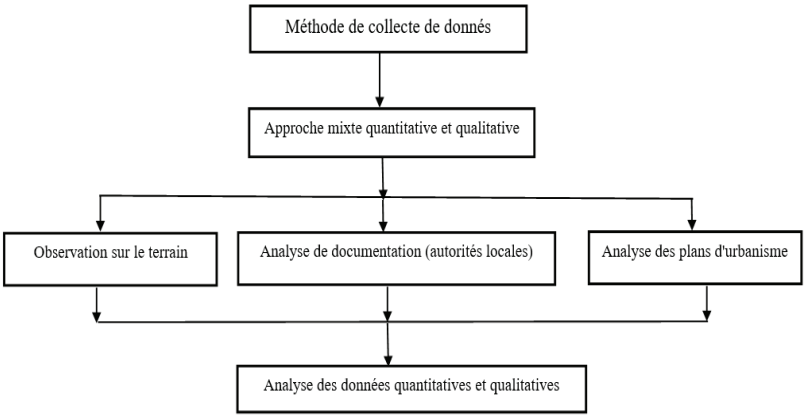


Fig. 105. Schéma représentatif la méthode de collecte de données pour examiner l'intégration des infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme (Source : Auteur, 2024).

1.1. Aménagement des espaces verts

Les plans d'urbanisme approuvés pour l'aménagement futur sont généralement dépourvus d'espaces verts entre les îlots, tels que les arbres

d'alignement, et ne respectent pas les règlements algériens. Cette absence d'espaces verts dans les plans d'urbanisme peut avoir plusieurs conséquences négatives pour la qualité de vie des résidents et pour l'environnement urbain (Fig. 106).



Fig. 106. Partie des plans d'urbanisme de la ville de Biskra (Source : POS 2, 2020).

Selon les normes algériennes relatives à l'implantation des arbres d'alignement, il est recommandé d'avoir à l'intérieur des agglomérations un espacement d'un arbre tous les 5 mètres, tandis que sur les voies à grande circulation, l'espacement doit être d'un arbre tous les 10 mètres. Cependant, dans la réalité soit dans les plans d'urbanisme, on constate une faible implantation, voire l'absence d'arbres d'alignement dans certaines zones. De plus, dans ces zones, on observe une distance considérable ou une dispersion entre les arbres, sans respecter les normes, et sans la présence d'un corridor écologique (Fig. 107). Cette situation réduit significativement la biodiversité et impacte négativement la qualité de vie des habitants de la ville.

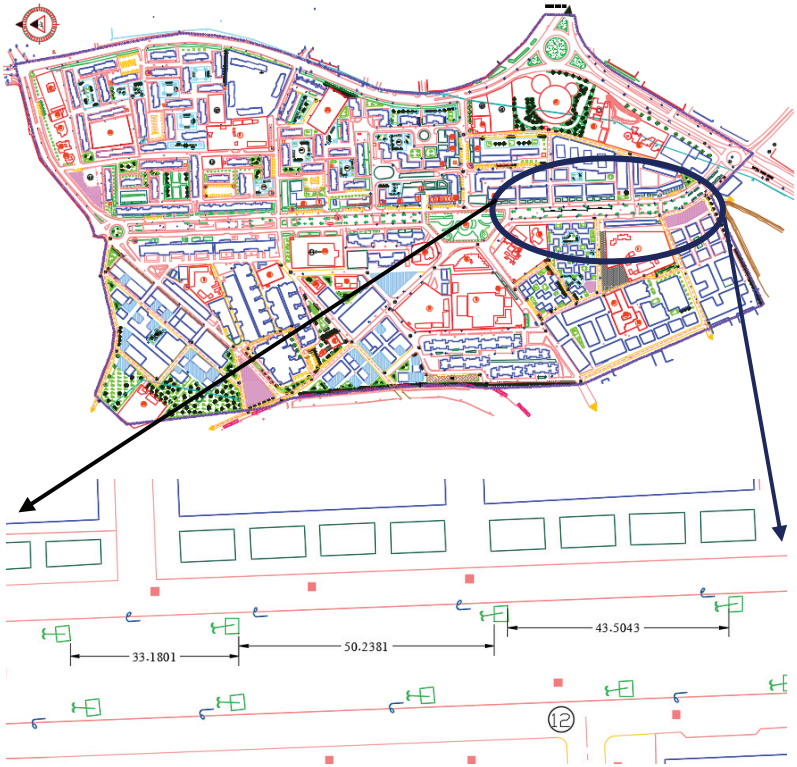


Fig. 107. Partie des plans d'urbanisme de la ville de Biskra (Source : POS ZHUN Ouest, 2020).

De plus, les trottoirs étroits, souvent de 0,5 à 1 mètres de large compliquent la possibilité d'implanter de nouveaux espaces verts ou de reconsidérer les plans existants lors des futures révisions d'urbanisme. Cette contrainte physique limite les possibilités d'augmenter la quantité d'espaces verts disponibles dans la ville ou est parfois réduite pour laisser de l'espace aux passants (Fig. 108).

Tout cela indique que l'urbanisme en Algérie est de type rétrograde, ce qui signifie que le développement urbain ne respecte pas les règlements d'urbanisme établis ni les plans généraux prévus. En d'autres termes, les constructions et aménagements urbains se réalisent souvent sans tenir compte des normes et des directives fixées par les règlements. Cette situation peut conduire à des problèmes tels que la congestion urbaine, la détérioration de l'environnement, et une planification inefficace de l'utilisation des sols, compromettant ainsi le développement durable et harmonieux des villes (Hamma et Petrişor, 2018).



Fig. 108. Dimensions des trottoirs de la ville de Biskra (Source : Auteur, 2024).

1.2. Analyse des donnés sur la surface de verdure

La ville de Biskra, avec une population estimée à 282055 habitants en 2021 (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, 2021) dispose de cinq (05) jardins publics et neuf (09) squares, trois (03) berges Oued Biskra et 25 placettes sont également présentes dans la ville (Tableau 34).

Tableau 34. Superficie des espaces verts publics dans la ville de Biskra (Auteur à base de données collectées de conservation des forêts de Biskra, 2024).

Type d'espace verts	Nom	Surface (ha)
Jardins publics	Jardin 5 juillet	4,02
	Jardin London	4,10
	Jardin 1 novembre	3,01
	Jardin Bachir Ben Nacer	3,37
	Jardin Zidane Brahim	1,28
Surface totale des jardins publics		**15,78**
Squares	Square 20 août 1955	0,15
	Square Echahid	0,14
	Square Larbi Ben Mhidi	0,10
	Square Beni Moura	0,10
	Square Station Debabeche	0,14
	Square Hai Moudjahidine	0,11
	Square 150 Logements	0,20
	Square proximité Jardin Ferdouse	0,24
	Square Secteur d'équipement	0,17
Surface totale des squares		**1,35**
Berge Oued Biskra	Berge Oued 1	3,24
	Berge Oued 2	2,23
	Berge Oued 3	1,56
Surface totale des berges Oued Biskra		**7,03**
Placettes	Musée national El Moudjahid	0,19
	Quartier El-Nasr	0,16
	726 logements A	0,77
	726 logements B	0,21
	240 logements	0,10
	Quartier de l'indépendance	0,07
	Quartier el Amel	0,10
	Quartier el Oued Nord	0,03
	Quartier el Fadjer 01	0,05
	Quartier el Fadjer 02	0,05
	Quartier el Fadjer 03	0,15
	Quartier el Fadjer 04	0,27
	Quartier el Fadjer 05	0,10
	Quartier el Fadjer 06	0,19
	Quartier el Fadjer 07	0,05
	Quartier el Fadjer 08	0,05

	Quartier el Saada 01	0,05
	Quartier el Saada 02	0,05
	Quartier el Saada 03	0,05
	Quartier el Saada 04	0,05
	Quartier el Saada 05	0,05
	Quartier el Saada 06	0,18
	Quartier el Saada 07	0,10
	Quartier el Saada 08	0,10
	Quartier el Saada 09	0,10
Surface totale de Placettes		**3,27**
Surface totale de verdure		**27,43**

Selon la circulaire interministérielle n° 6838 du 31 octobre 1984 fixant les normes minimales indicatives pour la réalisation d'espaces verts en Algérie, chaque habitant doit disposer d'une surface donnée conforme au type d'espace vert au niveau de la ville. En appliquant cette norme à la population de 282 055 habitants de la ville de Biskra en 2021, en prenant en compte les données du tableau 1, nous pouvons évaluer si les normes de réalisation ont été respectées pour chaque type d'espace vert (Tableau 35).

Tableau 35. Évaluation du respect des normes pour chaque type d'espace vert à Biskra (Auteur, 2024).

Superficies d'espaces verts / Type d'espace verts		La superficie de l'espace vert selon la norme algérienne (m2)	La superficie de l'espace vert recommandé selon la norme algérienne (Ha)	La superficie de l'espace vert existant (Ha)	La différence entre le type d'espace vert existant et celui recommandé (Ha)
Espaces verts inter quartiers (squares, jardin publics)		4 m^2/habitant	112,82	17,13	**-95,69**
Espaces verts d'accompagnement	Espaces verts résidentiels plantés	1,80 m^2 /habitant	50,77	00	**-50,77**

pour les ensembles d'habitations	Espaces verts pour les aires de jeux	4.5 m^2 /habitant	126,92	00	**-126,92**
	Espaces libres homogènes de rencontre sous forme de placettes, allées de promenade, boulevards	0.5 m^2 /habitant	14,10	3,27	**-10,83**
Espaces verts situés autour des édifices publics et à l'intérieur des structures à vocation socio- économiques et culturelles dont les zones industrielles (toutes les formes d'espaces verts dans la ville)		10 m^2 /habitant	282,05	27,43	**-254,62**

La superficie des espaces verts inter-quartiers (jardins et squares) actuellement aménagés ne représente que près de 15,16% de la recommandation de superficie établie par la norme algérienne. En d'autres termes, il manque environ 85% de la superficie d'espaces verts recommandée pour atteindre la norme établie. Pour les espaces verts d'accompagnement des ensembles d'habitations, leur superficie actuelle ne représente qu'environ 1,71% de la recommandation selon la norme algérienne, soit un manque d'environ 98,29% de la superficie recommandée pour atteindre la norme établie. Dans l'ensemble, la superficie des espaces verts dans la ville représente actuellement moins de 10% de la recommandation. En d'autres termes, il manque environ 90,27% de la superficie recommandée en espaces verts pour atteindre la norme établie. Cette disparité souligne un écart significatif entre la norme établie et la réalité de l'aménagement des espaces verts dans la ville.

1.3. Interprétations générales des résultats

La situation des espaces verts à Biskra est préoccupante. La réduction et le manque d'espaces verts dans la ville ont atteint un niveau alarmant. Lorsqu'on compare la superficie actuelle des espaces verts existants avec la superficie recommandée selon les normes algériennes, on observe une différence significative. Cette comparaison met en évidence une insuffisance importante en matière d'espaces verts. De plus, les trottoirs étroits compromettent les espaces verts urbains à Biskra en privilégiant la priorité des piétons.

Cela met en lumière des lacunes dans les plans d'urbanisme actuels, notamment en ce qui concerne l'aménagement et la gestion des espaces verts. Des aspects tels que la distance entre les arbres, le type de végétation approprié et d'autres critères écologiques semblent ne pas être suffisamment pris en compte, tout comme l'aménagement des trottoirs pour prévoir de l'espace pour les piétons d'un côté et pour les espaces verts de l'autre.

En conséquence, les espaces verts existants sont souvent implantés de manière dispersée et spontanée, sans une planification cohérente. Cela entraîne une distribution inégale des espaces verts et ne permet pas d'atteindre les objectifs de développement durable et de bien-être pour les habitants.

2. Intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine : intérêt et expérience des décideurs et urbanistes

Pour examiner l'intégration des infrastructures vertes dans les processus de planification urbaine, il est essentiel de connaître l'intérêt et l'expérience des différents décideurs et urbanistes dans ces processus. Pour ce faire, nous avons adopté une approche qualitative qui inclut une enquête par entretien semi-directif (Fig. 109).

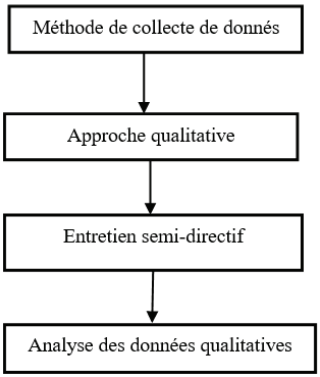


Fig. 109. Schéma représentant la méthode de collecte de données pour examiner l'intégration des infrastructures vertes dans le processus de planification urbaine par les décideurs et urbanistes (Source : Auteur, 2024).

2.1. Enquête par entretien semi-directif

L'entretien semi-directif, également connu sous le nom « entretien approfondi » ou « entretien qualitatif », repose sur des questions ouvertes et générales. Il offre la possibilité de poser de nouvelles questions si la personne interrogée aborde un sujet qui n'a pas encore été exploré. Cette approche permet d'obtenir des informations détaillées et approfondies sur le sujet discuté, offrant ainsi une compréhension plus nuancée et complète des perspectives et des expériences de l'interviewé (Claude, 2021). Lors d'un entretien semi-directif, l'enquêteur prépare une liste de questions pour guider la discussion, mais cette liste reste flexible. L'objectif est d'encourager la personne interrogée à partager le maximum d'informations, à la fois objectives (sur les sujets étudiés) et subjectives (sur ses opinions, valeurs, croyances). Il est essentiel d'engager la personne interviewée dans une conversation interactive pour qu'elle joue un rôle actif en tant que source d'informations, plutôt que de simplement répondre à un questionnaire. Le succès d'un entretien semi-directif repose en grande partie sur la capacité de l'enquêteur à faire preuve d'empathie et à écouter attentivement, ce qui lui permettra d'optimiser l'utilisation de ses questions pendant l'entretien (Kaufmann, 2016).

Étant donné que les différents plans d'aménagement de la ville de Biskra résultent d'un consensus entre divers décideurs et urbanistes, des entretiens semi-directifs seront menés auprès des acteurs ayant participé à ce processus, en particulier ceux impliqués dans les aspects environnementaux (Annexe III à Annexe XII). Nous avons choisi cette méthode de recherche afin de mieux comprendre comment ils planifient, leurs tendances et intérêts, ainsi que leur expérience dans l'intégration et la préservation de la nature en milieu urbain. Ces dix décideurs, provenant des secteurs public et privé, sont :

- ✓ Bureau d'études en charge de la planification urbaine.
- ✓ Service technique et service communal d'hygiène (commune de Biskra).
- ✓ Direction de l'urbanisme de l'architecture et de la construction de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Direction des équipements publics de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Direction de l'environnement de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Conservation des forêts de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Direction de l'hydraulique de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Direction de des travaux publics de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Direction de l'agriculture de la Wilaya de Biskra.
- ✓ Direction du tourisme et de l'industrie traditionnelle de la Wilaya de Biskra.

2.2. Discussion des résultats des entretiens semi-directifs

Les réponses sont résumées et interprétées dans un tableau pour chaque intervenant de chaque direction ou service concerné, tel qu'un décideur, un acteur ou un urbaniste, dans le processus de planification urbaine dans la ville de Biskra (Tableaux 36 à 45).

Tableau 36. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la direction de l'urbanisme, de l'architecture et de la construction de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)		**Interprétation**
À l'échelle urbaine	La présence et la diversité des espaces verts au niveau des quartiers urbains sont acceptables.	Il semble y avoir une absence de critères définis pour les évaluer.
	Aucun critère n'est utilisé pour déterminer la superficie des espaces verts dans les quartiers, et ce sont les bureaux d'étude privés qui déterminent cette superficie.	Cette détermination suggère un manque de directives et de contrôle de la part des autorités publiques.
	Généralement, le choix d'implantation se porte sur les palmiers et les ficus en raison de leur résistance à la chaleur.	Il reflète un manque de considération pour la biodiversité, les besoins écologiques locaux et sans considération pour les avis d'experts.
	Les avis des services de l'environnement et des forêts ne sont pas pris en compte dans le choix des plantes et la superficie des espaces verts dans les quartiers.	Il indique un manque de coordination entre les différentes parties prenantes.
	La réalisation des espaces verts n'est pas proposée dans les plans d'urbanisme et est réalisée après la construction des quartiers.	Un manque de vision à long terme et d'intégration des espaces verts dans la planification urbaine
	La distance exacte entre les arbres au sein des quartiers n'est pas connue, mais ils sont généralement plantés de manière dispersée.	Un manque de précision dans la conception des espaces verts, ce qui peut affecter leur qualité et leur fonctionnalité.
	Le revêtement généralement préféré pour les chemins piétonniers ou les trottoirs à l'intérieur des quartiers est le béton imprimé ou le carrelage, car ils résistent pendant une longue période.	Il révèle une absence de sensibilité environnementale dans le choix des matériaux de l'aménagement urbain, surtout en matière d'absorption de l'eau pluviale.

À l'échelle architecturale	30 % de la surface de construction doit être libre, ce n'est pas une obligation que cet espace soit vert, ni qu'il encourage l'implantation de plantes, ni qu'il prenne en compte l'avis des services de l'environnement ou des forêts. De plus, ces procédures ne sont pas proposées dans les plans d'aménagement de la ville.	Le décideur ne met pas l'accent sur des aspects clés du développement durable et de la protection de l'environnement dans les décisions architecturales.
	Les solutions durables pour les maisons individuelles, comme les énergies renouvelables, les toits et façades végétalisés, le stockage de l'eau, et les pavés perméables, ne sont pas recommandées ou exigées par les décideurs lors de la délivrance des permis de construire. Ces solutions sont considérées comme relevant de la responsabilité individuelle et de la conscience de chacun.	Absence de volonté du décideur pour promouvoir des pratiques de construction plus respectueuses de l'environnement, ce qui peut entraver les progrès vers un développement plus respectueux de l'environnement.

Tableau 37. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant du bureau d'études en charge de la planification urbaine de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
Les ingénieurs, selon leur spécialité, participent à l'élaboration des différents plans d'urbanisme liés à la planification urbaine dans votre bureau : 5 en topographie et 10 en gestion des techniques urbaines et 1 en informatique.	Il semble y avoir un manque de diversité dans les spécialités, ce qui pourrait limiter la prise en compte des aspects environnementaux et des infrastructures vertes.
Les différents composants des jardins publics et des parcs urbains sont : espaces verts, espaces de jeux pour les enfants, parkings et les chemins piétonniers.	Cette approche traditionnelle peut limiter la capacité des espaces verts à répondre aux besoins environnementaux actuels et futurs.

Les outils ou analyses utilisés pour évaluer l'impact environnemental des projets urbains proposés sont les plans d'aménagement de la ville (PDAU et POS).	Cet outil est une approche superficielle de la prise en compte des considérations environnementales. Cela pourrait entraîner une sous-estimation des effets réels des projets sur l'environnement et compromettre la durabilité des développements urbains.
Le bureau d'étude ne propose pas d'initiatives urbaines telles que l'aménagement des espaces verts, l'énergie renouvelable et la gestion de l'eau ; c'est la commune qui exprime ses besoins, et nous les appliquons dans les plans d'aménagement.	Manque d'engagement en faveur du développement durable et de l'innovation dans la planification urbaine.
Généralement, les enjeux proposés sont davantage liés aux acteurs du logement qu'aux aspects environnementaux, économiques et sociaux, en raison de l'augmentation de la population. C'est pourquoi notre intérêt se porte sur le logement, et nous nous efforcerons d'offrir le maximum d'équipements publics en fonction des statistiques de la population.	Il indique une focalisation excessive sur les aspects économiques au détriment des considérations environnementales et sociales. Cette approche peut compromettre la durabilité globale des plans urbains en négligeant d'autres aspects importants du développement urbain, tels que la conservation des ressources naturelles et la création d'espaces publics inclusifs.
Les mesures spécifiques prises pour assurer l'accessibilité universelle et l'inclusion sociale dans les plans urbains de notre bureau consistent à offrir des équipements publics plus proches. Notre priorité se concentre sur le domaine de l'éducation (écoles, universités) et de la santé (salle de soins ou hôpitaux).	Il peut sous-estimer d'autres aspects liés à l'environnement et à la durabilité urbaine, tels que l'accessibilité aux espaces verts et la réduction des barrières physiques dans l'environnement bâti.
Les défis les plus importants auxquels notre bureau d'études est confronté dans l'intégration des considérations environnementales et sociales dans les plans urbains sont le manque de terrains et la priorité accordée au logement.	Ce défi indique les solutions limitées du bureau d'étude face à ce défi.

Tableau 38. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la direction des équipements publics de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
La présence d'espaces verts dans et autour des bâtiments publics tels que les écoles, les universités et les hôpitaux est bien.	Malgré cette reconnaissance de l'importance des espaces verts, leur intégration systématique dans la planification urbaine reste limitée, indiquant une prise de conscience théorique qui ne se traduit pas en actions concrètes.
Souvent, les palmiers et les ficus sont souvent privilégiés pour leur capacité à résister à la chaleur lorsqu'il s'agit de choisir les espèces à planter.	Le choix limité des espèces végétales basé principalement sur la résistance à la chaleur montre un manque de considération pour la biodiversité et les écosystèmes locaux. Cela révèle une approche simpliste qui néglige les avantages écologiques d'une plus grande variété de plantes.
Les espaces verts ne sont généralement pas intégrés dans la planification urbaine des bâtiments publics dès le départ ; ils sont souvent ajoutés après la construction des équipements publics.	Cette approche post-construction pour l'intégration des espaces verts indique un manque de vision à long terme et de stratégie intégrée. Le décideur ne semble pas considérer les espaces verts comme des éléments fondamentaux de la planification urbaine dès le début du processus.
Absence de règle pour déterminer le pourcentage des espaces verts, mais généralement, on prévoit 70% pour les bâtiments, 15% pour les espaces verts et 15% pour les rues.	L'absence de règles claires et standardisées pour la proportion des espaces verts montre un manque de directives précises et de contrôle dans la planification urbaine.
Le matériau de revêtement préféré pour l'aménagement extérieur des équipements publics est généralement le béton imprimé, car il peut supporter des charges lourdes.	Il met en lumière un manque de prise en compte des préoccupations environnementales dans la sélection des matériaux pour l'aménagement urbain, particulièrement en ce qui concerne leur capacité à absorber l'eau de pluie.

Les solutions durables pour les équipements publics, telles que les énergies renouvelables, les toits et façades végétalisés, et le stockage de l'eau, ne sont pas souvent utilisées en raison de difficultés de montage, de problèmes d'entretien. Il est important de choisir la qualité des robinets et de bien contrôler la distribution d'eau pour réduire la consommation d'eau à l'intérieur des bâtiments publics.	L'absence d'adoption de solutions durables indique un manque de formation et de volonté pour surmonter les défis techniques et financiers associés.

Tableau 39. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la direction l'agriculture de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
L'évolution de l'agriculture, toutes catégories confondues, a diminué chaque année dans la ville, ainsi que la diversité agricole et le nombre de travailleurs dans ce domaine. Cela est dû à l'absence d'agriculture urbaine ou périurbaine dans la ville, et à un manque d'encouragement pour ces pratiques, car les terres rurales en dehors de la ville sont jugées suffisantes pour garantir la sécurité alimentaire de la population locale.	Cette tendance indique un manque d'initiatives pour intégrer l'agriculture dans le cadre urbain. L'absence de soutien pour l'agriculture urbaine et périurbaine montre que le décideur sous-estime et a une vision limitée de la planification urbaine, ne prenant pas en compte les avantages potentiels de ces pratiques pour la durabilité urbaine et la résilience alimentaire.
Les mesures stratégiques durables proposées pour préserver les palmeraies, en particulier celles intégrées à l'environnement urbain, incluent l'organisation d'associations agricoles.	Bien que l'organisation des associations agricoles soit une bonne initiative, cela pourrait ne pas suffire sans un soutien structurel plus fort et des politiques urbaines intégrées. Une collaboration entre les associations, les autorités locales et les urbanistes est essentielle pour une gestion efficace et durable des palmeraies.
Le niveau d'implication de la direction dans la préservation des terres cultivées, notamment des palmeraies, lors de la planification	Cette situation révèle une dissonance entre la réglementation et la pratique. Bien que la direction soit légalement tenue de protéger les terres cultivées, y

urbaine, est protégé par la loi. Cependant, les propriétaires de palmeraies sont souvent les principaux responsables de leur dégradation.	compris les palmeraies, lors de la planification urbaine, cette protection ne se traduit pas toujours en actions concrètes. La dégradation des palmeraies par leurs propriétaires souligne un manque d'application efficace de la loi et une insuffisance de mesures incitatives ou de soutien pour encourager les propriétaires à maintenir et à préserver ces terres. Cela indique également un besoin de sensibilisation et d'éducation des propriétaires sur l'importance de la préservation des terres agricoles pour la durabilité environnementale et économique.

Tableau 40. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la direction du tourisme et de l'industrie traditionnelle de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
Le tourisme dans la ville de Biskra connaît une amélioration, surtout par les étrangers qui viennent découvrir les palmeraies et les jardins de Landon. Cependant, la réduction des espaces verts et la dégradation des palmeraies ont influencé négativement le nombre de touristes par rapport au passé.	Bien que le tourisme à Biskra montre des signes d'amélioration, surtout avec l'intérêt des étrangers pour les palmeraies et les jardins de Landon, la diminution des espaces verts et la dégradation des palmeraies nuisent à l'attractivité touristique de la ville. Cela souligne un besoin urgent de restaurer et de préserver ces espaces pour maintenir et augmenter le flux touristique.
La direction ne collabore pas avec d'autres acteurs pour intégrer la préservation des espaces verts et des palmeraies dans la planification urbaine. Cependant, nous encourageons à présenter tout ce qui concerne la présentation des produits agricoles, ainsi que l'existence des ateliers de formation en jardinage.	Encourager les produits agricoles et organiser des ateliers de jardinage sont des initiatives positives, mais elles ne compensent pas le manque de coordination stratégique nécessaire pour une gestion durable des ressources naturelles entre les différents acteurs.

Les stratégies proposées pour encourager le tourisme, en matière d'espaces verts afin d'attirer davantage de visiteurs à Biskra, consistent à soutenir les associations de l'environnement et le boisement.	Les stratégies visant à soutenir les associations environnementales et à promouvoir le boisement sont des démarches constructives pour améliorer les espaces verts et attirer plus de touristes. Toutefois, une approche plus intégrée et multidisciplinaire, impliquant divers acteurs locaux et régionaux, pourrait renforcer l'efficacité de ces initiatives.
L'artisanat traditionnel à Biskra, en mettant l'accent sur les produits fabriqués manuellement à partir d'éléments en palmier tels que les nattes, les paniers et les chapeaux, est très limité et reste au niveau des personnes âgées. De plus, il souffre d'une réduction de la production en raison de la diminution des palmeraies (les défis).	Cette situation reflète non seulement un impact négatif sur la culture et le patrimoine local, mais aussi une opportunité manquée de diversifier et dynamiser l'économie locale. La protection et la revitalisation des palmeraies sont donc cruciales pour préserver ces savoir-faire traditionnels et soutenir les artisans locaux.

Tableau 41. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la direction des travaux publics de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
L'aménagement des espaces verts le long des voiries et aux ronds-points est acceptable et remplit 70 % des conditions. Cependant, il n'existe pas de directives concernant la largeur des espaces verts au centre des routes, et généralement on aménage la surface restante de la route. De plus, la distance entre les arbres dans l'espace urbain est de 10 mètres.	D'après nos calculs précédents, l'évaluation donnée n'est pas basée sur la réalité, ce qui indique qu'il s'agit d'une évaluation aléatoire. De plus, l'absence de directives spécifiques concernant la largeur des espaces verts au centre des routes, ainsi que la tendance à aménager seulement la surface restante de la route, montrent un manque de planification détaillée et systématique. La distance standard de 10 mètres entre les arbres ne respecte pas les règlements algériens.

L'avis des services environnementaux ou forestiers n'est pas pris en compte pour le choix des types de végétaux ou d'espaces verts car nous établissons un cahier des charges en fonction des arbres disponibles et nous cherchons des arbres qui résistent à la chaleur. Le choix général se porte sur l'arbre de ficus.	Il montre un manque de coordination avec les experts en environnement. Le choix de l'arbre de ficus en raison de sa résistance à la chaleur, bien qu'efficace, peut limiter la diversité biologique et ne pas répondre aux besoins écologiques locaux.
Les procédures d'aménagement des espaces verts en termes de détails (type, surface, etc.) ne sont pas intégrées dans le processus de planification urbaine (les plans) et sont effectuées uniquement lors de la phase d'exécution.	L'absence de procédures détaillées d'aménagement des espaces verts dans le processus de planification urbaine, et leur inclusion uniquement lors de la phase d'exécution, révèle une lacune dans la planification stratégique et l'intégration des espaces verts dès le début des projets urbains
Il y a une coordination entre la direction des travaux publics et de l'hydraulique pour collaborer et proposer des solutions techniques durables pour le drainage des eaux pluviales le long des routes. Cela implique le nettoyage régulier des systèmes de drainage, souvent obstrués, ainsi que l'utilisation des avaloirs comme solution.	La coordination entre la direction des travaux publics et de l'hydraulique pour proposer des solutions techniques durables pour le drainage des eaux pluviales est un point positif. Cependant, le fait que les systèmes de drainage soient souvent obstrués et nécessitent un nettoyage régulier indique des problèmes de maintenance et de conception initiale.
L'absence de programmes pour les voies réservées aux cyclistes le long des routes est un problème, mais je pense que les rues mécaniques sont disponibles et suffisantes.	L'affirmation selon laquelle les rues mécaniques sont disponibles et suffisantes montre une certaine indifférence envers les besoins des cyclistes, limitant ainsi les options de transport durable.
Afin de protéger les piétons le long des rues contre les accidents, nous sommes obligés de couper certains arbres plantés sur les trottoirs pour libérer l'espace nécessaire.	Il soulève un conflit entre la sécurité et la préservation de la végétation en ville. Cela met en avant la difficulté de trouver un équilibre entre la sécurité des piétons et la conservation de la végétation urbaine, ainsi que la nécessité d'une planification urbaine réfléchie pour résoudre ces dilemmes de façon optimale.

Tableau 42. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la direction de l'hydraulique de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
La direction s'engage à fournir des ressources en eau aux infrastructures vertes pendant le processus de planification urbaine de la ville en créant des forages, et dans le futur, elle envisage de construire des barrages et des retenues collinaires.	Cela reflète une vision proactive de la gestion des ressources en eau pour soutenir les espaces verts urbains, essentiels pour la durabilité environnementale.
En général, les réseaux d'égouts dans la ville de Biskra sont-ils intégrés aux réseaux d'eaux pluviales, et leur performance est acceptable mais le problème est qu'ils ont besoin de nettoyage.	Le besoin de nettoyage régulier est souligné comme un problème persistant, indiquant un défi en matière de maintenance et de gestion efficace de ces infrastructures et le manque de trouver d'autres solutions plus durables.
Les solutions à mettre en œuvre pour atténuer les risques d'inondation dans la ville consistent à créer des bassins hydrographiques, mais ils ne sont pas intégrés dans le processus de planification urbaine lors de la phase d'exécution.	La création de bassins hydrographiques est envisagée comme une solution pour atténuer les risques d'inondation. Cependant, le fait qu'ils ne soient pas intégrés dans la planification urbaine lors de la phase d'exécution révèle une lacune dans l'anticipation et la mise en œuvre proactive de mesures de gestion des eaux pluviales.
Le niveau de recharge des eaux souterraines augmente en fonction de la profondeur au fil du temps, ce qui affecte également la qualité de l'eau. Pour remédier à ce problème, le dessalement de l'eau est envisagé car l'eau est salée. Il est également recommandé de limiter le creusement de nouveaux forages.	Cela indique des défis majeurs dans la gestion durable des ressources en eau souterraine. La recherche de solutions technologiques comme le dessalement ne résout pas le problème principal et n'améliore pas la recharge et la qualité des eaux souterraines. Des solutions naturelles et intégrées sont nécessaires pour une gestion plus efficace.

Tableau 43. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenants de la commune de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)		**Interprétation**
Service technique	L'état actuel de l'infrastructure verte à Biskra, en termes de couverture, de qualité et de diversité des espaces verts, est suffisant et répond aux besoins de la population. Cependant, nous n'avons pas de normes pour leur évaluation. Étant donné que les jardins existants ne sont pas pleins, nous n'avons pas besoin d'en créer davantage.	L'absence de normes d'évaluation montre un manque de rigueur dans l'évaluation de la qualité et de l'efficacité de ces espaces. En plus, la non-utilisation complète des jardins existants peut indiquer une mauvaise planification ou un manque d'engagement communautaire.
	L'avis des directions des forêts ou de l'environnement est pris en compte lors de la réalisation des projets qui n'affectent pas la zone forestière et n'impactent pas l'environnement urbain, surtout les projets industriels. En ce qui concerne les espaces verts, on peut les aménager avec des entreprises privées.	Bien que l'avis des directions des forêts et de l'environnement soit pris en compte pour les projets industriels, le fait que l'aménagement des espaces verts soit souvent confié à des entreprises privées sans directives strictes pourrait limiter l'intégration de pratiques écologiques optimales.
	Lorsqu'on demande la révision du plan d'aménagement de la ville, nous devrions nous concentrer sur le domaine du logement car c'est préoccupant. Les espaces verts dans les derniers projets sont souvent considérés uniquement pour	Il reflète une vision utilitaire à court terme plutôt qu'une approche holistique de la planification urbaine qui intègre la durabilité environnementale et le bien-être des résidents.

	l'esthétique.	
	Les défis rencontrés par la commune dans la création et la préservation des infrastructures vertes incluent le manque d'eau et le manque d'éducation environnementale des habitants. C'est pourquoi nous menons des actions de sensibilisation pour encourager la participation des associations et des habitants à planter des arbres, notamment lors des fêtes nationales liées à l'environnement.	Les efforts de sensibilisation sont positifs, mais sans une gestion adéquate des ressources en eau et une éducation continue, ils risquent de ne pas suffire.
	Les projets réussis de développement d'infrastructures vertes que nous avons réalisés de notre côté sont le jardin Bachir Benaceur et le 01 novembre.	Ces succès isolés doivent être intégrés dans une stratégie globale pour maximiser leur impact et assurer la durabilité à long terme des espaces verts dans la ville.
Service communal d'hygiène	L'état actuel de la gestion des déchets urbains à Biskra est stable, cependant, la sensibilisation par le biais des chaînes de radio est nécessaire pour réduire les déchets à la source dans la ville.	Il y a une contradiction entre la déclaration et la réalité concrète concernant l'état actuel des déchets. En plus, Le biais des chaînes de radio n'est pas suffisant, surtout dans notre ère, la majorité n'utilise pas la radio, ce qui indique un manque de campagnes de sensibilisation efficaces pour promouvoir des comportements responsables en matière de gestion des déchets.
	Pour encourager les pratiques du tri sélectif et du recyclage des déchets pour les habitants de Biskra, il est	Cela révèle une dépendance excessive à la coordination avec la direction de l'environnement et un manque d'initiatives autonomes

	essentiel de coordonner avec la direction de l'environnement pour soutenir les différentes entreprises actives dans ce domaine.	pour encourager le tri sélectif et le recyclage. L'absence de soutien et d'efforts indépendants limite l'efficacité des pratiques de gestion des déchets, montrant une faiblesse dans la structure de gestion urbaine.
	Les ressources disponibles pour faciliter le recyclage des déchets dans la ville incluent la mobilisation des travailleurs dans ce domaine, cependant, nous rencontrons des difficultés en termes de formation du personnel spécialisé.	Il y a des difficultés à transmettre l'information afin de former du personnel spécialisé. Cela met en lumière un manque de formation adéquate pour les travailleurs, ce qui entrave l'efficacité du recyclage.
	Notre service envisage d'améliorer l'efficacité de la collecte et du traitement des déchets dans la ville dans le cadre de la planification urbaine, en coordination avec la direction de l'environnement. Cependant, nous n'avons pas encore de solutions adéquates.	Cela indique une incapacité à trouver des solutions concrètes et des stratégies efficaces pour améliorer la gestion des déchets dans la ville.

Tableau 44. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de l'environnement de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)		**Interprétation**
Infrastructure verte et énergies renouvelables	L'infrastructure verte encourage l'utilisation des espaces verts avec des formes différentes adaptées aux besoins de chaque région dans un but environnemental.	L'intervenant semble avoir une bonne compréhension du concept d'infrastructure verte, même si celui-ci est relativement nouveau en Algérie. Cela suggère une ouverture d'esprit et une capacité à s'adapter aux nouveaux paradigmes dans le domaine de l'aménagement urbain et de la durabilité environnementale.

	L'infrastructure verte dans la ville de Biskra est insuffisante et ne répond pas aux besoins de la population. On constate une absence de pistes cyclables et de moyens de transport modernes comme le métro. Les bus, qui sont nocifs pour l'environnement, déforment l'image de la ville et ne respectent pas les normes de sécurité à hauteur de 30 %. On note également une absence d'énergies renouvelables, une menace pour la biodiversité, des réseaux d'assainissement insuffisants par rapport au nombre d'habitants, ainsi qu'une inégalité dans l'accès aux espaces verts.	Des lacunes sont relevées, notamment l'absence de pistes cyclables, de transports en commun respectueux de l'environnement et d'énergies renouvelables, ainsi que des réseaux d'assainissement inadéquats et des inégalités d'accès aux espaces verts.
	La direction contribue à donner un avis aux autres directions lors de la proposition de types d'espaces verts dans le processus de planification urbaine. Malheureusement, ces initiatives n'existent pas. De plus, même s'ils existent après la phase d'exécution, notre avis n'est pas demandé pour cette étape.	Bien que des avis soient émis lors de la proposition d'espaces verts, leur intégration dans la planification urbaine reste limitée, soulignant un manque de suivi et de consultation dans le processus d'exécution.
	Pour adopter un plan d'aménagement de la ville (POS, PDAU), notre avis n'est pas pris en compte lors de la consultation de ce plan. Au lieu de cela, l'avis d'un ingénieur en gestion des technologies urbaines et géomatiques est consulté, qu'il s'agisse d'un bureau d'études privé ou d'un ingénieur employé par la municipalité.	Le manque de prise en compte des avis lors de l'adoption des plans d'aménagement urbain met en lumière un processus décisionnel peu inclusif, où les opinions des experts locaux ne sont pas suffisamment valorisées.
	Il n'y a pas de projets d'énergies renouvelables dans la ville de Biskra, et ils ont été temporairement interrompus au niveau national. Par conséquent, il n'est pas actuellement possible d'envisager leur intégration dans la planification urbaine.	L'absence de projets d'énergies renouvelables dans la ville, en raison d'interruptions nationales, souligne un défi majeur dans la transition vers une infrastructure urbaine durable, nécessitant une réévaluation des stratégies énergétiques à long terme.

Gestion des déchets urbains	L'état actuel de la gestion des déchets urbains dans la ville de Biskra est compliqué et cela dépend de la responsabilité de la commune. Notre rôle est d'aider à trouver des solutions si notre avis est demandé dans des projets donnés.	Cela souligne le manque de collaboration pour résoudre les défis rencontrés et manque d'engagement systématique pour résoudre les problèmes de gestion des déchets à long terme.
	Les ressources disponibles pour faciliter le recyclage des déchets dans la ville n'existent pas encore. Il existe des centres d'enfouissement où les déchets recyclables sont triés, tandis que les autres déchets sont enfouis techniquement.	Malgré l'existence de quelques installations de tri, l'absence d'investissements et de programmes de recyclage adéquats témoigne d'une négligence flagrante de la part des autorités.
	La direction envisage d'améliorer l'efficacité de la collecte et du traitement des déchets dans la ville dans le processus de la planification urbaine en créant une étude avec des ingénieurs et géographes de la ville pour élaborer un plan de collecte des déchets.	Cette initiative, bien qu'admirable, souligne également l'incapacité antérieure à intégrer efficacement la gestion des déchets dans les plans de développement urbain.
	Les projets industriels sont programmés après le processus de planification urbaine.	Cela suggère un manque de vision à long terme et une tendance à traiter les questions environnementales comme des après-pensées plutôt que des priorités.

Tableau 45. Résumé des réponses et leur interprétation pour l'intervenant de la conservation des forêts de la Wilaya de Biskra (Source : Auteur, 2024).

Résumé des réponses de l'intervenant (décideur)	**Interprétation**
Notre intervention est liée à la forêt en dehors de la ville, et nous n'intervenons pas directement dans la ville. Cependant, nous donnons des avis concernant le choix des arbres et recommandons généralement le ficus qui s'adapte au climat désertique.	Après avoir visité le site officiel de la conservation des forêts de la wilaya de Biskra (Administration des Forêts, 2019), ce dernier mentionne parmi ses rôles le développement des espaces verts et des bandes vertes à l'intérieur des villes. Cependant, la déclaration de l'intervenant selon laquelle il n'intervient pas au niveau de la ville indique une certaine méconnaissance de

	leurs responsabilités dans ce domaine. De plus, sa recommandation liée à un seul arbre pour implanter en raison du climat désertique reflète un manque de considération pour la biodiversité et les besoins écologiques locaux.
En ce qui concerne la forêt, nous tentons de préserver contre les incendies et nous proposons des réservoirs d'eau pour faire face à ce problème, contribuant ainsi à la préservation des écosystèmes naturels.	Le simple fait de proposer des réservoirs d'eau peut être insuffisant pour résoudre les défis complexes auxquels les écosystèmes naturels sont confrontés, nécessitant une approche plus holistique et proactive.
Nous n'affichons pas de cartes de sensibilisation ou d'avertissement à l'intérieur des forêts pour les visiteurs, mais la loi est claire concernant les poursuites judiciaires à l'encontre des personnes pratiquant l'abattage illégal.	Il indique un manque d'efforts pour éduquer et informer les visiteurs, ainsi qu'un manque d'engagement dans la sensibilisation environnementale et la promotion d'un comportement respectueux de la nature.

2.3. Interprétations générales des résultats

Ces entretiens semi-directifs exploratoires nous fournissent une analyse des défis et des lacunes rencontrés par les décideurs et les urbanistes dans l'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine, notamment :

- ✓ **Planification incomplète :** les espaces verts sont souvent intégrés de manière improvisée après la construction des bâtiments publics, plutôt que d'être inclus dès le début dans la planification urbaine. Cette approche démontre un manque de vision stratégique et une sous-estimation de l'importance des infrastructures vertes dans l'environnement urbain.
- ✓ **Faible coordination :** il existe une faible coordination entre les directions de l'environnement, des forêts, et les autres acteurs concernés par la planification urbaine. Les avis des experts en environnement et forestiers ne sont pas systématiquement pris en compte, ce qui entraîne des choix suboptimaux pour les espèces végétales et les solutions écologiques.

- ✓ **Absence de normes et critères clairs :** les décideurs urbains souvent ne disposent pas de normes et de critères clairs pour guider l'intégration des espaces verts dans la planification urbaine. Cette lacune entraîne une approche fragmentée et réactive plutôt qu'une planification proactive et intégrée dès le début du processus d'aménagement urbain. En conséquence, les espaces verts sont souvent considérés comme des éléments à ajouter de manière improvisée après la construction des bâtiments publics, ce qui nuit à la cohérence et à l'efficacité de leur intégration dans le tissu urbain.
- ✓ **Solutions technologiques :** il y a une dépendance accrue aux solutions technologiques comme le dessalement de l'eau, plutôt qu'à des méthodes naturelles et durables pour la gestion des ressources en eau. Ces solutions technologiques, bien que nécessaires, ne résolvent pas les problèmes fondamentaux de recharge et de qualité des eaux souterraines.
- ✓ **Vision Limitée :** les décideurs montrent une vision limitée en matière d'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine. Ils privilégient souvent un ou deux types d'arbres en raison du climat local, ce qui limite la diversité végétale nécessaire à un écosystème sain. De plus, les espaces verts sont souvent mis en dernière priorité, se retrouvant dans les espaces restants des projets sans considération de leur rôle écologique et social. Cette approche néglige leur importance cruciale dans la résilience urbaine et la biodiversité.
- ✓ **Formation inadéquate** : les décideurs et les travailleurs manquent souvent de formation spécialisée et de sensibilisation aux meilleures pratiques en matière d'infrastructures vertes. Cela se traduit par des difficultés dans la mise en œuvre et la gestion de solutions écologiques, telles que le tri sélectif et le recyclage.
- ✓ **Problèmes environnementaux :** les solutions naturelles, telles que la préservation des forêts contre les incendies et l'installation de réservoirs d'eau, sont insuffisamment pour préserver les écosystèmes naturels. En plus, il y a un manque d'efforts pour utiliser les énergies renouvelables, ce qui représente une menace pour la biodiversité et la durabilité environnementale de la ville.

Conclusion

L'analyse des infrastructures vertes dans la planification urbaine de Biskra révèle plusieurs lacunes et défis critiques. L'intégration des infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme est insuffisante, compromettant ainsi la qualité de vie des résidents et l'environnement urbain. L'absence d'espaces verts dans la ville et la non-conformité aux règlements algériens entraînent une réduction de la biodiversité et des problèmes de qualité de vie.

L'examen des données sur la surface des espaces verts montre un déficit massif par rapport aux normes établies, soulignant l'urgence d'une action pour combler cet écart. La ville ne parvient pas à fournir une superficie adéquate d'espaces verts, compromettant ainsi les objectifs de développement durable et le bien-être des habitants.

Les résultats des entretiens semi-directifs révèlent plusieurs défis dans l'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine. Une planification incomplète, une faible coordination entre les parties prenantes et l'absence de normes claires sont parmi les principaux obstacles. De plus, une vision limitée et une formation inadéquate des décideurs contribuent à sous-estimer l'importance des infrastructures vertes.

Cette analyse et ces résultats confirment notre hypothèse selon laquelle la mauvaise planification dans les études d'urbanisme, liée au manque de précision au niveau des instruments d'urbanisme et au manque d'expérience ou de participation des acteurs, notamment les acteurs environnementaux, pendant le processus de planification urbaine dans la ville oasis, entraînent un intérêt pour la production d'espaces bâtis où les espaces verts sont négligés ou non préservés.

En conclusion, pour améliorer l'intégration des infrastructures vertes dans la planification urbaine, des actions immédiates sont nécessaires. Cela comprend une révision des plans d'urbanisme pour inclure des espaces verts dès le début du processus, une coordination accrue entre les parties prenantes et une formation spécialisée pour les décideurs. De plus, des efforts supplémentaires sont nécessaires pour préserver les écosystèmes naturels, utiliser les énergies renouvelables et promouvoir une vision holistique de la durabilité urbaine.

Recommandations

L'évaluation de la durabilité des infrastructures vertes dans la ville de Biskra met en lumière la mauvaise planification urbaine qui les néglige. Cette évaluation nous a conduit à identifier les causes principales liées au manque d'expérience des décideurs et des urbanistes, ainsi qu'à l'absence d'implication des acteurs environnementaux dans le processus de planification urbaine de la ville. Ces lacunes se reflètent même dans la production des plans d'urbanisme qui manquent de précision en ce qui concerne l'intégration des infrastructures vertes, privilégiant la construction d'espaces bâtis au détriment des espaces verts. Ces lacunes ont été explorées à travers l'analyse des plans d'aménagement de la ville et des entretiens semi-structurés. Pour surmonter ces défis et améliorer l'intégration des infrastructures vertes pour un développement urbain durable, nous proposons les recommandations suivantes :

1. Renforcement des instruments d'urbanisme

- ✓ **Normes et régulations claires :** établir des directives précises pour l'intégration des infrastructures vertes dans les plans d'urbanisme, incluant des quotas minimaux pour les espaces verts par habitant et des critères de diversité végétale.
- ✓ **Inclusion des espaces verts dès la conception** : inscrire les espaces verts comme une composante essentielle dès les phases initiales de planification des projets urbains, plutôt que de les ajouter après coup.

2. Formation et sensibilisation des décideurs et urbanistes

- ✓ **Programmes de formation :** mettre en place des programmes de formation continue pour les décideurs et urbanistes sur les dernières pratiques et avantages des infrastructures vertes.
- ✓ **Campagnes de sensibilisation :** organiser des ateliers, séminaires et campagnes de sensibilisation pour promouvoir l'importance des espaces verts auprès des décideurs et de la communauté urbaine.

3. Implication des acteurs environnementaux :

- ✓ Faire appel à des experts en durabilité urbaine pour conseiller les décideurs dans le processus de planification et d'implémentation des infrastructures vertes pour garantir des décisions éclairées et efficaces dès le début des projets.
- ✓ Établir des partenariats avec des organisations non gouvernementales et des organisations locales spécialisées dans la protection de l'environnement pour bénéficier de leur expertise et de leurs ressources.

4. Consultation d'experts

- ✓ Faire appel à des experts en durabilité urbaine pour conseiller les décideurs dans le processus de planification et d'implémentation des infrastructures vertes, garantissant ainsi des décisions éclairées et efficaces.

5. Durabilité environnementale

5.1. Préservation des terres arables

- ✓ **Zonage et régulations :** introduire des régulations strictes pour protéger les terres arables contre l'urbanisation non planifiée.
- ✓ **Agriculture urbaine :** promouvoir l'agriculture urbaine comme une alternative viable pour l'utilisation des terres (comme les palmeraies).

5.2. Promotion des énergies renouvelables

- ✓ **Projets pilotes :** lancer des projets pilotes d'énergie solaire et pour démontrer leur efficacité.
- ✓ **Incitations financières :** offrir des subventions et des prêts à faible taux d'intérêt pour les projets d'énergie renouvelable.

5.3. Gestion des déchets

- ✓ **Recyclage et réutilisation :** renforcer les infrastructures de recyclage et encourager la réutilisation des matériaux (comme un composteur urbain pour le traitement des déchets organiques).

- ✓ Sensibilisation : intensifier les campagnes de sensibilisation pour promouvoir la réduction des déchets à la source et le tri sélectif.

5.4. Approvisionnement de l'eau et qualité

- ✓ **Systèmes de collecte :** installer des systèmes de collecte d'eau de pluie dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et publics. Cela inclut l'utilisation de toits verts et de réservoirs de stockage souterrains ou hors sol. Les toits végétalisés peuvent également contribuer à la filtration initiale de l'eau de pluie, améliorant ainsi sa qualité pour une utilisation ultérieure.
- ✓ **Projets de dessalement :** en tant que solution secondaire, il est essentiel d'évaluer soigneusement les projets de dessalement afin de minimiser leur impact environnemental.

5.5. Promotion des infrastructures vertes

- ✓ Établir des projets d'espaces verts urbains existants, comme les toits et murs végétalisés, les jardins communautaires et les parcs urbains, nécessite une approche bien étudiée par des experts afin d'en tirer les bénéfices souhaités.
- ✓ Mettre en place des incitations financières pour les projets de construction qui intègrent des infrastructures vertes, comme des réductions d'impôts ou des subventions.

5.6. Biodiversité

- ✓ **Plantation diversifiée :** planter une diversité d'espèces végétales adaptées au climat local pour favoriser un écosystème résilient.
- ✓ **Protection des espaces naturels :** mettre en place des réserves naturelles, en particulier pour les palmeraies, et des corridors écologiques afin de préserver la biodiversité locale et protéger les habitats naturels tels que les réseaux de sentiers pédestres bordés de végétation locale.
- ✓ Le jardin de Landon et du 05 juillet, pourrait être un modèle pour la création d'autres jardins similaires favorisant une riche biodiversité.

5.7. Résilience aux risques d'inondations

- ✓ **Planification de l'aménagement :** intégrer la résilience aux risques naturels dans la planification urbaine en identifiant les zones à risque et en adoptant des mesures d'adaptation appropriées tel que : systèmes de revêtement perméable, Systèmes de biofiltration, tranchées d'infiltration, un système d'eaux pluviales qui sépare le système d'assainissement et l'intègre aux zones humides existantes dans ses plans de gestion des eaux pluviales, et crée des bassins versants urbains.

5.8. Résilience aux tempêtes de sable

- ✓ La plantation de brise-vent naturels est une stratégie efficace pour réduire l'impact des tempêtes de sable à la périphérie de la ville. Cette approche consiste à planter des rangées d'arbres ou de buissons bien étudiés pour agir comme des barrières physiques contre les vents violents et le transport de sable. Il est important d'identifier les espèces végétales indigènes capables de résister aux conditions climatiques extrêmes de Biskra et de fournir une couverture efficace contre les tempêtes de sable.

5.9. Promotion des modes de déplacement non motorisés

- ✓ La marche et le vélo, à travers l'aménagement d'infrastructures adaptées pour les piétons et les cyclistes, telles que des trottoirs élargis ombragés par des arbres, des pistes cyclables séparées et des stationnements pour vélos sécurisés.

6. Durabilité socioculturelle

6.1. Promotion de l'éducation environnementale

- ✓ **Programmes scolaires :** intégrer des programmes théoriques et pratiques d'éducation environnementale dans les écoles pour sensibiliser les jeunes aux enjeux environnementaux et les encourager à adopter des comportements durables.
- ✓ **Ateliers communautaires :** organiser des ateliers et des événements communautaires sur des sujets environnementaux pour renforcer la conscience écologique.

- ✓ **Engagement des communautés :** impliquer les résidents dans la planification et la gestion des espaces verts, par le biais de consultations publiques et de projets communautaires et afin d'améliorer aussi l'éducation environnementale.

6.2. Cohésion sociale et soutien à la santé

- ✓ **Aires de jeux et sportifs intégrées :** aménager différentes formes d'installations sportives, aires de jeux, pistes cyclables et accessibles pour encourager les activités sociales et physiques.
- ✓ **Activités communautaires :** organiser des événements et des activités communautaires dans les espaces verts pour renforcer les liens sociaux.

6.3. Sécurité publique

- ✓ **Éclairage et surveillance :** installer des systèmes d'éclairage adéquats et des dispositifs de surveillance dans les espaces verts pour assurer la sécurité des usagers.
- ✓ Exploitation des terrains vierges et isolés pour des projets d'infrastructure verte peut jouer un rôle crucial dans la réduction de la criminalité.

7. Durabilité économique

7.1. Opportunités d'emplois verts

- ✓ **Programmes de formation :** créer des programmes de formation et de certification pour les métiers liés aux infrastructures vertes, tels que le jardinage urbain, la gestion des déchets et l'énergie renouvelable.
- ✓ **Collaboration avec les institutions éducatives :** travailler en collaboration avec les universités et les écoles techniques pour développer des cursus spécialisés dans les technologies vertes et la durabilité.
- ✓ **Soutien aux « startups » :** offrir des subventions et des incitations fiscales aux « startups » et PME (petites et moyennes entreprises) spécialisées dans les technologies vertes.
- ✓ **Incubateurs et accélérateurs :** créer des incubateurs et des accélérateurs pour soutenir l'innovation et l'entrepreneuriat vert.

7.2. Développement économique local

7.2.1. Écotourisme

- ✓ **Promotion des espaces verts :** développer le secteur de l'écotourisme en promouvant les parcs, les jardins publics et les palmeraies comme attractions touristiques majeures.
- ✓ **Événements et festivals :** organiser des événements et des festivals axés sur l'environnement et la durabilité pour attirer les visiteurs et sensibiliser la population locale.

7.2.2. Marchés locaux

- ✓ **Agriculture urbaine :** soutenir les marchés locaux et les agriculteurs urbains qui utilisent des pratiques durables, renforçant ainsi l'économie locale tout en favorisant la durabilité.
- ✓ **Produits locaux :** promouvoir la vente de produits locaux et écologiques pour réduire l'empreinte carbone et soutenir les producteurs locaux.

Conclusion générale

Cette étude a permis de mettre en évidence le rôle essentiel des infrastructures vertes dans la promotion d'un développement urbain durable, en particulier dans le contexte des villes oasiennes. À travers l'analyse théorique, contextuelle et méthodologique, il a été démontré que l'intégration structurée des fonctions écologiques dans les politiques d'aménagement constitue un levier stratégique pour renforcer la résilience territoriale, préserver les écosystèmes et améliorer durablement la qualité de vie des habitants.

Le cas de Biskra a révélé la vulnérabilité des infrastructures vertes face à une urbanisation rapide et parfois insuffisamment maîtrisée, ainsi que les limites des instruments de planification actuels. Les recommandations formulées visent ainsi à encourager une approche plus intégrée, fondée sur la valorisation des services écosystémiques, l'amélioration des outils d'urbanisme et une implication plus active des différents acteurs concernés.

En raison des similitudes climatiques, culturelles et morphologiques entre les villes oasiennes, les résultats obtenus peuvent également servir de référence à d'autres territoires confrontés à des défis comparables. Cette recherche constitue une contribution dans un domaine encore peu exploré, notamment en Algérie, tout en reconnaissant ses limites liées à la disponibilité des données et aux contraintes méthodologiques rencontrées. Elle peut être poursuivie, enrichie, révisée et complétée à travers de nouvelles investigations intégrant des outils technologiques avancés (systèmes d'information géographique, capteurs intelligents, analyses de données massives), une amélioration de la collecte et de l'analyse des données, ainsi qu'un approfondissement des mécanismes de gouvernance et de financement des infrastructures vertes. Ainsi, elle ouvre des perspectives de recherche susceptibles de renforcer davantage l'intégration des principes de durabilité dans la planification des villes oasiennes et de contribuer à une transformation urbaine plus équilibrée et résiliente face aux défis du XXIe siècle.

Bibliographie

Abdou Abahri Y. (2022), *Gestion urbaine et croissance spatiale : Diagnostic pour un fonctionnement Spatial de la ville de Biskra,* Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Adad M. C., Zerouala M.S. (2002), *Apprendre du passé, Cas du vieux Biskra,* Sciences & Technologie **17**: 123-132.

Administration des Forêts (2019), *Conservation des forêts de la wilaya de Biskra,* http://dgf.org.dz/fr/structure/conservation-des-for%C3%AAts-de-la-wilaya-de-biskra

Agence Européenne pour l'Environnement (2015), *Infrastructure verte : Mieux vivre grâce à des solutions fondées sur la nature*, Lettre d'information d'Agence européenne pour l'environnement, Copenhague, Danemark.

Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (2021), *Monographie wilaya de Biskra*, https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHIE%20WILAYA%20BISKRA.pdf

Aguejdad R. (2009), *Etalement 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, Renne, France.

Ahern J. (1995), *Greenways as a planning strategy*, Landscape and Urban Planning **33(1-3)**: 131-155.

Ahern J. (2004), *Greenways in the USA : theory, trends and prospects*, In: Jongman R. Pungetti G. (Ed), *Ecological Networks and Greenways: Concept, Design, Implementation*, Presses universitaires de Cambridge, Cambridge, Royaume-uni, p. 34-55.

Ahern J. (2007), *Green infrastructure for cities: the spatial dimension*, In: Novotny N., Brown P. (Ed), *Cities of the future: towards integrated sustainable water and landscape management,* IWA Publishing, Londres, Royaume-Uni, p. 267-283.

Ahern J. (2011), *From fail-safe to safe-to-fail, sustainability and resilience in the new urban world,* Landscape and Urban Planning **100(4)**: 341-343.

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.

Alkama D. (2005), *Pour une nouvelle approche d'urbanisation dans les régions arides et semi-arides. Cas du Bas-Sahara Algériens*, Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Amrani K. (2021), *Gestion de l'eau d'irrigation dans le Bas-Sahara algérien : cas de la palmeraie de Ouargla*, https://www.carep-paris.org/recherche/gestion-de-leau-dirrigation-dans-le-bas-sahara-algerien-cas-de-la-palmeraie-de-ouargla/

Amundsen O. M., Allen W., Hoellen K. (2009), *Green infrastructure planning : Recent advances and applications,* American Planning Association, Chicago, États-Unis.

Andersson E. (2006), *Urban landscapes and sustainable cities,* Ecology and Society **11(1)**: 34.

Aouissi H. A., Petrișor A.-I., Ababsa M., Boștenaru-Dan M., Tourki M., Bouslama Z. (2021), *Influence of land use on avian diversity in North African urban environments*, Land **10(4)**: 434.

Artmann M., Bastian O., Grunewald K. (2017), *Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities- the example of the landscape plan of Dresden (Germany),* Sustainability **9(2)**: 198.

Azioune R., Tatar H., Nouaceur Z. (2018), *Pluies extrêmes et risque d'inondation dans la ville de Biskra (Algérie)*, Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre **48**: 93-106.

Badache H. (2014), *L'espace public entre conception et usage : Cas des jardins publics de Biskra,* Mémoire de magister, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Bai X., Dawson R.J., Ürge-Vorsatz D., Delgado G.C., Barau A.S., Dhakal S., Dodman D., Leonardsen L., Masson-Delmotte V., Roberts D.C., Schultz S. (2018), *Six research priorities for cities and climate change*, Nature **555(7694):** 23-25.

Baker S., Eckerberg K. (2008), *In pursuit of sustainable development, new governance practices at the sub-national level in Europe*, Routledge Press, Londres, Royaume-Uni.

Balhi M. (2011), *Biskra, miroir du désert*, Édition : Agence nationale d'édition et de publicité, Rouiba, Algérie.

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.

Battesti V. (1999), *Les relations équivoques et les oasis*, Sécheresse, Science et Changements Planétaires **10(2):**150-151.

Battesti V. (2005), *Jardins au désert : Evolution des pratiques et savoirs oasiens, Jérid tunisien*, Édition : IRD, Paris, France.

Beatley T. (2000), *Green Urbanism: Learning from European Cities*, Island Press, Washington, États-Unis.

Beatley T. (2009), *Green Urbanism Down Under : Learning from Sustainable Communities in Australia,* Island Press, Washington, États-Unis.

Beatley T. (2011), *Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning*, Island Press, Washington, États-Unis.

Belguidoum S. (2002), *Urbanisation et urbanité au Sahara*, Méditerranée **99(3)**:53-64

Bel Fekih Boussema S, Souidi Z, Chaabane B, Hammami S, Ajmi R, Aloui B, Khebour Allouche F, Boukharouba K (2024), *Green Infrastructure as a sustainable development concept*, URBAN ART BIO **2**(3): 26-38.

Ben Fraj T., Abderrahmen A., Ben ouezdou H., Reynard E., Milano M., Calianno M., fallot J.-M. (2016), *Les jessour dans le sud-est tunisien : un systeme hydroagricole ancestral dans un milieu aride*, XXIXe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Lausanne-Besançon, France.

Bencheikh L. M. F. (2001), *L'environnement urbain dans les villes oasiennes et l'influence de l'extension urbaine sur son équilibre écologique : cas de la ville de Biskra*, Thèse de doctorat, Université des frères Mentouri, Constantine, Algérie.

Benedict M. A., McMahon E. T. (2002), *Green infrastructure : smart conservation for the 21st century*, Renewable Resources Journal **20(3)**: 12-17.

Benedict M. A., McMahon E. T. (2006), *Green infrastructure : linking landscapes and communities*, Island press, Washington, États-unis.

Bengouga S. (2019), *L'eau et la végétation dans la ville saharienne durant les périodes précoloniale et coloniale. Cas de la ville de Biskra,* Mémoire de magister, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Benmechiche M., Bennaceur L., Kaseh Laour I. (2021), *Les espaces verts urbains : une nécessite pour la santé et le bien être des habitants, le cas de Biskra,* Sciences Humaines **32(3):** 651-661.

Benmehaia R., Atallaoui K. (2018), *Analyse de la densité de plantation des palmeraies dans la wilaya de Biskra à travers des données exhaustives,* Bio Ressources **8(2)**: 9.

Berghout K. (2015), *L'analyse de la dynamique urbaine et le modèle structurel d'évolution dans la ville de Biskra à l'aide des techniques de la géomatique,* Mémoire de magister, Université El Hadj Lakhder, Batna, Algérie.

Bourgeois M. (2015), *Impacts écologiques des formes d'urbanisation : modélisations urbaines et paysagères*, Thèse de doctorat, Université Franche-Comté, Besançon, France.

Bouzaher L. S. (2015), *Un aménagement durable par un projet écotouristique. Cas des ksour de la micro région des Ziban*, *Le redressement d'un circuit écotouristique*. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Bouzaher L. S., Alkama D. (2011), *The Ziban as Sustainable City in the Sahara*, Conférence Internationale sur les Systèmes de Bâtiments et Technologies Énergétiques **1:** 653-658.

Bouzaher L. S., Alkama D. (2012), *Palm trees reuses as sustainable element in the Sahara*, *The case of Ziban, as self-sustainable urban units*, Energy Procedia **18:** 1076-1085.

Bouzaher L. S., Alkama D. (2013), *The Requalification of the Palm Trees of Ziban as a Tool for Sustainable Planning*, Procedia- Social and Behavioral Sciences **102:** 508-519.

Bouzaher L. S., Alkama D. (2017), *Le role du palmier dans la decentralisation et le developpement local des ziban*, Courrier du Savoir **22:** 113-120.

Bouzahzah F. (2015), *Dynamique urbaine et nouvelle centralite (cas de Biskra),* Thèse de doctorat, Université des frères Mentouri, Constantine, Algérie.

Brundtland G. H. (1987), *Notre Avenir à Tous*, Rapport de la commission nationale sur l'environnement et le développement, Organisation des Nations Unies, Genève, Suisse, p. 458.

Capacity4dev (2014), *Evaluation methodological approach,* https://capacity4dev.europa.eu/groups/evaluation_guidelines/info/outil-detaille-8_en

Carter T., Keeler A. (2008), *Life-cycle cost–benefit analysis of extensive vegetated* roof systems, Journal of Environmental Management **87(3)**: 350-363.

Chadli M., Hadjiedj A. (2003), *L'apport des petites agglomérations dans la croissance urbaine en Algérie*, https://journals.openedition.org/cybergeo/3851

Chaouche Bencherif M. (2007), *La micro-urbanisation et la ville-oasis : une alternative à l'équilibre des zones arides pour une ville saharienne durable. Cas du bas Sahara,* Thèse de doctorat, Université Mentouri, Constantine, Algeria.

Cirillo C., Podolsky L. (2012), *Health, Prosperity and Sustainability: The Case for Green Infrastructure in Ontario,* Report of Green Infrastructure Ontario Coalition and Ecojustice, Ontario, Canada.

Claude G. (2021), *Le questionnaire : définition, étapes, conseils et exemples,* https://www.scribbr.fr/methodologie/questionnaire/

Commission Européenne (2014), *Créer une Infrastructure Verte pour l'Europe,* Environnement, Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, Belgique.

Côte M. (1998), *Des oasis malades de trop d'eau?* Science et Changements Planétaires/Sécheresse **9(2):** 30-123.

Countryside Agency (2006), *Countryside in and Around Towns: The Green Infrastructure of Yorkshire and the Humber*, A report for the Countryside Agency, Université de Leeds, Leeds, Royaume-uni.

Davies C., MacFarlane R., McGloin C., Roe M. (2006), *Green infrastructure planning guide*, Project Final Report, Wales, Royaume-uni.

De Herde A., Liébard A. (2005), *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Édition : Le Moniteur, Paris, France.

Dechaicha A. (2020), *La soutenabilité de la ville au Sahara entre compacité et tendances d'étalement urbain, Cas d'étude : Les grandes villes du Bas-Sahara algérien,* Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Di Marino M., Lapintie K. (2018), *Exploring the concept of green infrastructure in urban landscape. Experiences from Italy, Canada and Finland*, Landscape Research **43(1)**:139-149.

Dill J., Neal M., Shandas V., Luhr G., Adkins A., Lund D. (2010), *Demonstrating the benefits of green streets for active aging : final report to EPA*, Université d'état de Portland, Portland, États-Unis.

El Faïz M. (2001), *Marrakech : de l'enclos de l'Agdâl a l'idée du « jardin planétaire »*, Horizons Maghrébins-Le Droit à la Mémoire **45(1):** 87-90.

Escobedo F. J., Nowak D. J. (2009), *Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest*, Landscape and Urban Planning **90(3-4):** 102-110.

Fábos J. G. (1995), *Introduction and overview: the greenway movement, uses and potentials of greenways*, Landscape and Urban Planning **33(1-3):** 1-13.

Farhi A. (2002), *Biskra : de l'oasis à la ville saharienne (Note),* Méditerranée **99(3)**:77-82.

Farhi B. E., Hadagha F. Z. (2018), *Ville oasienne, ville saharienne et ville au Sahara : Controverse conceptuelle entre rurbanité et contextualité*, Courrier du Savoir **25:** 81-92.

Firehock K. (2010), *A short history of the term green infrastructure and selected literature*, https://www.academia.edu/4690590/A_Short_History_of_the_Term_Green_Infrastructure_and_Selected_Literature

Forman R. T., Forman R. T. T. (1995), *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.

Gamfeldt L., Hillebrand H., Jonsson P. R. (2008), Multiple *functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning*. Ecology **89(5):** 1223-1231.

Gobert J., Deroubaix J. F., Bourdeau-Lepage L., Franchomme M. (2023), *Mise en scène et en récit de la nature dans la ville: de nouvelles frontières*. Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie **14(3):** 1- 22.

Gidlow C. J., Ellis N. J. (2011*), Neighbourhood green space in deprived urban communities: Issues and barriers to use*, Local Environment **16(10)**: 989-1002.

Gifex (2023), *Quelles sont les communes de la wilaya de Biskra ?,* https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-communes-de-la-wilaya-de-biskra/

Gleick P. H. (2003), *Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century,* Science **302(5650**):1524-1528.

Gobeille L. (2015), *IDENT-Cité : une spirale de biodiversité,* https://www.arbresurbains.uqam.ca/fr/publi/revue_presse.php

Gobster P. H., Westphal L. M. (2004), *The human dimension of urban greenways: planning for recreationand related experiences,* Landscape and Urban Planning **68(2-3)**: 147-165.

Gouvernement algérien (1990), *Loi n° 90-08 relative à la commune*, Journal officiel de la république algérienne n°15, p. 420-434.

Gouvernement algérien (1990), *Loi n° 90-29 relative à l'aménagement et à l'urbanisme,* Journal officiel de la république algérienne n°52, p. 1408-1415.

Gouvernement algérien (2007), *Loi n° 07-06 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts*, Journal officiel de la république algérienne n°31, p. 6-9.

Grădinaru S. R., Hersperger A. M. (2019), *Green infrastructure in strategic spatial plans: Evidence from European urban regions,* Urban Forestry & Urban Greening **40**:17-28.

Gren A., Andersson E. (2018), *Being efficient and green by rethinking the urban -rural divide- Combining urban expansion and food*

production by integrating an ecosystem service perspective into urban planning, Sustainable Cities and Society **40**: 75-82.

Grubler A., Bai X., Buettner T., Dhakal S., Fisk D. J., Ichinose T., Keirstead J. E., Sammer G., Satterthwaite D., Schulz N. B., Shah N., Steinberger J., Weisz H. (2012), *Urban energy systems,* In: Johansson T. B., Patwardhan A. P., Nakićenović N., Gomez-Echeverri L. (Eds.), *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press et IIASA, Cambridge, Royaume-Uni.

Hadagha F. Z. (2022), *L'écosystème oasien et les enjeux écologiques en faveur d'un aménagement urbain durable (cas de Biskra*), Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Hadagha F. Z., Farhi B. E., Farhi A., Petrişor A.-I. (2018), *Multifunctionality of the Oasis Ecosystem*, *Case Study: Biskra Oasis*, *Algeria*, Journal of Contemporary Urban Affairs **2(3):** 31-39.

Hadji M., Petrişor A.-I. (2023), *La capacite des infrastructures vertes pour la gestion des eaux de ruissellement et la lutte contre les inondations à Biskra, Algérie*, Lucrările Conferinţei de Cercetare în Construcţii, Economia Construcţiilor, Urbanism şi Amenajarea Teritoriului **23:** 9-16.

Hamel k., Belakehal A., Saadi Y., Meliouh F. (2021), *Impact de la palmeraie et de la densite du cadre bâti sur le microclimat urbain en milieu oasien*, Algerian Journal of Arid Environment **1(11):** 24-41.

Hamma W., Petrişor A.-I. (2018), *Urbanization and risks: case of Bejaia city in Algeria*, Human Geographies **12(1):** 97-114.

Han B., Liu, H., Wang R. (2015), *Urban ecological security assessment for cities in the Beijing -Tianjin- Hebei metropolitan region based on fuzzy and entropy methods,* Ecological Modelling **318:** 217-225.

Hanafi A., Alkama D (2016), *Stratégie d'amélioration du confort thermique d'une place publique d'une ville saharienne, Biskra, Algérie*, Journal of Renewable Energies **19(3)**: 465-480.

Hansen R., Pauleit S. (2014), *From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas*, Ambio **43(4)**: 516-529.

Hansen R., Rall E., Chapman E., Rolf W., Pauleit S. (2017), *Urban Green Infrastructure Planning: A Guide for Practitioners*, Report of the Green Surge Project, Report of the Green Surge Project, Munich, Allemagne.

Hansen R., Rolf W., Rall E., Pauleit S., Erlwein S., Fohlmeister S., Santos A., Luz A. C., Branquinho C., Santos-Reis M., Gerőházi E., Száraz L., Tosics I., Davies C., DeBellis Y., Lafortezza R., Vierikko K., Van der Jagt A., Cvejić R., Železnikar S., Nastran M., Pintar M., Hjorth C. O., Stahl O. A., Gentin S., Andersson E., Kronenberg J., Delshammar T., Mattijssen T., Otten R. (2016), *Advanced Urban Green infrastructure planning and implementation-innovative approaches and strategies from European cities,* Report of the Green Surge Project*,* Munich, Allemagne.

Harouadi F., Mahmah B., Belhamel M., Chader S., M'raoui A., Etievan C. (2007), *Les potentialités d'exploitation d'hydrogène solaire en Algérie dans un cadre euro-maghrébin Partie I : Phase d'étude d'opportunité et de faisabilité*, Energies Renouvelables **10(2):** 181-190.

Howard E. (1946), *Garden cities of tomorrow,* Édition : Faber & Faber, Londres, Royaume-Uni.

Idder T., Idder A., Cheloufi H., Benzida A., Khemis R., Moguedet G. (2013), *La surexploitation des ressources hydriques au Sahara algérien et ses conséquences sur l'environnement*, Techniques Sciences Méthodes **(5):** 31-39.

Imran H. M., Akib S., Karim M. R. (2013), *Permeable pavement and stormwater management systems: a review*, Environmental Technology **34(18)**: 2649-2656.

Infoclimat (2023), *Climatologie de l'année (2012-2022),* https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2022/biskra/valeurs/60525.html

Isabelle M., Zadra-Veil C., Cantuarias-Villessuzanne C., Chardon A. C. (2019), *Immobilier durable de la ville d'aujourd'hui à la cité de demain*, Le 1re journée d'étude du laboratoire ESPI Réflexions et Recherches, Groupe ESPI, Paris, France.

Kabiri L. (2014), *Etude comparative des modes de gestion, de conservation et de valorisation des ressources naturelles des oasis et des zones désertiques*, Projet MENA-DELP, Tunis, Tunisie.

Kabisch N., Haase D. (2014), *Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany,* Landscape and Urban Planning **122**: 129-139.

Kassah A. (2009), *Oasis et aménagement en zones arides. Enjeux, défis et stratégies*, In: Marlet S., Mekki I. (Editeurs)*, Gestion des ressources naturelles et développement durable des systèmes oasiens du Nefzaoua, Douz, Tunisie*, Centre de Coopération

Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France, pp. 1-6.

Kaufmann J.-C. (2016), *L'entretien Compréhensif*, Édition : Armand Colin, Paris, France.

Kenton W. (2023), *SWOT analysis: how to with table and example*, https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp

Kilani M. (1992), *La construction de la mémoire : le lignage et la sainteté dans l'oasis d'el Ksar*, Édition: Labor et Fides, Genève, Suisse.

Kim D., Song S.-K. (2019), *The Multifunctional Benefits of Green Infrastructure in Community Development: An Analytical Review Based on 447 Cases*, Sustainability **11(14)**: 3917.

Kleiber D. A., Hutchinson S. L., Williams R. (2002), *Leisure as a Resource in Transcending Negative Life Events: Self-Protection, Self-Restoration and Personal Transformation*, Leisure Science **24(2)**: 219- 235.

Koohafkan P., Altieri M. A. (2011), *Systèmes ingénieux du patrimoine agricole mondial. Un héritage pour le futur,* Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie.

Kouzmine Y. (2007), *Dynamiques et mutations territoriales du Sahara algérien vers de nouvelles approches fondées sur l'observation*, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, France.

Kouzmine Y. (2012), *Le Sahara algérien. Intégration nationale et développement régional*, Édition : L'Harmattan, Paris, France.

Kouzmine Y., Fontaine J. (2018), *Démographie et urbanisation au Sahara algérien à l'aube du XXIe siècle*, Les Cahiers d'EMAM, Études sur le Monde Arabe et la Méditerranée **30 :** 2-35

Kuo F. E., Sullivan W. C. (2001), *Environment and crime in the Inner city : Does vegetation reduce crime,* Environment and Behavior **33(3)**: 343-367.

Laboasis (2023), *système hydrauliques traditionnels dans l'oasis,* http://www.laboasis.org/fr/oasis-traditional-water-systems/

Lafortezza R., Davies C., Sanesi G., Konijnendijk C. C. (2013), *Green Infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions*, IForest-Biogeosciences and Forestry **6(3)**: 102.

Larousse (2023), *Dictionnaire*, https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/oasis/55333

Le premier ministre (2009), *Décret exécutif n° 09-147 fixant le contenu et les modalités d'élaboration, d'adoption et de mise en œuvre du plan de gestion des espaces verts,* Journal officiel de la république algérienne n° 26, p. 20.

Le premier ministre (2009), *Décret exécutif n° 09-67 relatif à la nomenclature des arbres urbains et des arbres d'alignement*, Journal officiel de la république algérienne n° 10, p. 9-10.

Leitao A. B., Ahern J. (2002), *Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning*, Landscape and Urban Planning **59(2)**: 65-93.

Les tizis (2022), *Ville et village, Biskra,* http://www.lestizis.fr/Algerie-1900/Villes-Villages-1900/B/Biskra/index.html

Li C., Peng C., Chiang P. C., Cai Y., Wang X., Yang Z. (2019), *Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review*, Journal of Hydrology **568**: 626-637.

Lindsey G., Maraj M., Kuan S. C. (2001), *Access, equity, and urban greenways: an exploratory investigation*, The Professional Geographer **53(3)**: 332-346.

Lovell S. T., Taylor J. R. (2013), *Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States*, Landscape Ecology **28(8)**: 1447-1463.

Luckhurst G. (2009), *Espaces verts à Biskra : Fermeture du jardin Landon,* https://jardimformoso.blogspot.com/2009/08/espaces-verts-biskra-fermeture-du.html

Madureira H., Andresen T (2014), *Planning for multifunctional urban green infrastructures: promises and challenges*, Urban Design International **19(1)**: 38-49.

Madureira H., Cormier L. (2014), *La complexité de l'application du concept d'infrastructure verte à l'échelle locale : exemples de Paris et Porto,* https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01597292/document

Mazouz S. (2004), *Eléments de conception architecturale*, Édition : Office des publications universitaires, Alger, Algérie.

McDonald A.G., Bealey W.J., Fowler D., Dragosits U., Skiba U., Smith R.I., Sutton M.A. (2007), *Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations*, Atmospheric Environment **41(38)**: 8455-8467.

Mell I. C. (2008), *Green infrastructure: concepts and planning*, FORUM Ejournal **8(1)**: 69-80.

Mell I. C. (2009), *Can green infrastructure promote urban sustainability?,* Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability **162(1)**: 23-34.

Mell I. C. (2010), *Green infrastructure : concepts, perceptions and its use in spatial planning*, Thèse de doctorat, Université de Newcastle, Newcastle, Royaume-Uni.

Mell I. C. (2016), *Global green infrastructure : lessons for successful policy making, investment and management,* Routledge Press, Royaume-Uni.

Messaoudi A. (2014), *Introduction à la veille et l'intelligence économique,* Université virtuelle de Tunis, Tunis, Tunisie.

Meteoblue (2023), *Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Biskra,* https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/biskra_alg%c3%a9rie_2503826

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and human well-being: current state and trends,* Island Press, Washington, États-Unis.

Monod T. (1992), *Du désert*, Science et Changements Planétaires/Sécheresse **3(1):** 7-24.

Mottaghi M., Kärrholm M., Sternudd C. (2020), *Blue-green solutions and everyday ethicalities: affordances and matters of concern in Augustenborg, Malmö*, Urban Planning ***5*(4)**: 132-142.

Naceur F. (2004), *Les espaces verts urbains à Biskra : support de violence et source d'insécurité*, Département d'architecture, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

NASA Power (2023), *Data access viewer (2011-2021),* https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

Nations Unies (2018), *World urbanization prospects: the 2018 revision*, Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies (division de la population), New York, États-Unis.

Nations Unies (2022), *Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière, résumé à l'intention des décideurs*, Rapport, Bonn, Allemagne.

Natural England (2010), *Natural England's Green Infrastructure Guidance (NE176)*, http://publications.naturalengland.org.uk/publication/35033

Nowak D.J., Crane D.E. (2002), *Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA*, Environmental Pollution **116(3)**: 381-389.

Organisation Mondiale du Tourisme (2006), *Développement durable du tourisme dans les déserts -Lignes directrices à l'intention des décideurs*, Madrid, Espagne.

Pallot C. (2010), *cité-jardin,* https://traac.info/blog/?p=371

Paquet C., Coffee N. T., Haren M. T., Howard N. J., Adams R. J., Taylor A. W., Daniel M. (2014), *Food environment, walkability, and public open spaces are associated with incident development of cardio-metabolic risk factors in a biomedical cohort*, Health & Place **28:** 173-176.

Pauleit S., Hansen R., Rall E. L., Zölch T., Andersson E., Zölch T., Andersson E., Luz A. C., Szaraz L., Tosics I., Vierikko K. (2017), *Urban landscapes and green infrastructure*, Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science, University Press, Oxford, Royaume-Uni.

Pérennès J. J. (1993), *L'eau et les hommes au Maghreb. Contribution à une politique de l'eau en Méditerranée*, Édition : Karthala, Paris, France.

Petrişor A.-I. (2017), *Joint ecological, geographical and planning vision of the components of urban socio-ecological complexes*, Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir **45:** 179-190.

Petrişor A.-I., Andronache I. C., Petrişor L. E., Ciobotaru A. M., Peptenatu D. (2016), *Assessing the fragmentation of the green infrastructure in Romanian cities using fractal models and numerical taxonomy*, Procedia Environmental Sciences **32**: 110-123.

Pizzaferri P. (2011), *Biskra, reine des Ziban et du sud constantinois, Tome I*, Édition : Jaques Gandini, Nice, France.

Popescu O. C., Petrişor A.-I. (2020), *Originile conectivitatii infrastructurii verzi in planificarea urbana / Origins of green infrastructure connectivity in urban planning*, Revista Scolii Doctorale de Urbanism **5:** 65-84.

Popescu O. C., Petrisor A.-I. (2021), *A historical view of addressing the connectivity of the Green Infrastructure in the urban plans*, Dans : The International Academic Forum, IICSE Hawaii, IAFOR International Conference on Sustainability, Energy & the Environment, Japon, article no. 59177.

Pordany-Horvath C. (2004), *La genèse des jardins en islam et les jardins historiques de Marrakech*, Workshop de la CUPEUM Marrakech, Université de Montréal, Montréal, Canada.

Prescott-Allen R. (1997), *Barometer of Sustainability: Measuring and Communicating Wellbeing and Sustainable Development*, Édition : IUCN, Gland, Suisse.

Pugh T.A. M., MacKenzie A.R., Whyatt J.D., Hewitt C.N. (2012), *Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons*, Environmental Science & Technology **46(14)**: 7692-7699.

Raddo (2023), *Ecosysteme-oasien*, https://www.raddo.org/ecosysteme-oasien/L-oasis-qu-est-ce-que-c-est

Rayfield B., Dupras J., Francoeur X., Dumitru M., Dagenais D., Vachon J., Paquette A., Lechowicz M., Messier C., Gonzalez A. (2015), *Les infrastructures vertes : un outil d'adaptation aux changements*

climatiques pour le Grand Montreal, Fondation David Suzuki, Montréal, Canada.

Rosso J.-C. (2017), *Biskra info 604 Biskra*, https://docplayer.fr/46218358-Biskra-info-604-biskra.html

Roy L. (2020), *IDENT-cité, un projet unique mettant en vedette des arbres à Ahuntsic-Cartierville*, https://journaldesvoisins.com/ident-cite-un-projet-unique-mettant-en-vedette-des-arbres-a-ahuntsic-cartierville/

Saïdouni M. (2000*), Les éléments d'introduction à l'urbanisme (Histoire, méthodologie, règlementation)*, Édition : Casbah, Alger, Algeria.

Saporta E. (2022), *Emerald Necklace: Common to Franklin Park, Boston, Massachusetts 1894 Arboretum,* https://wardmapsgifts.com/products/emerald-necklace-common-to-franklin-park-boston-massachusetts-1894

Sharma A. (2013), *Greenway Patterns and City Planning*, Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning **4(1)**: 527-535.

Sharma A. K., Pezzaniti D., Myers B., Cook S., Tjandraatmadja G., Chacko P., Chavoshi S., Kemp D., Leonard R., Koth P., Walton A. (2016), *Water sensitive urban design : An investigation of current systems, implementation drivers, community perceptions and potential to supplement urban water services*, Water **8(7)**: 272.

Simard C., L'Ecuyer-Sauvageau C., Bissonnette J.-F., Dupras J. (2018*), Le rôle des infrastructures naturelles pour la gestion des eaux de ruissellement et des crues dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques*, Le Naturaliste Canadien **143(1)**: 25-31.

Sriti L. (2013), *Architecture domestique en devenir. Formes, usages et représentations (Le cas de Biskra*), Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

Sriti L., Belakehal A., Boussora K., Saouli A. Z. (2002), *Le damier colonial de Biskra ou l'histoire de la marginalisation d'un centre ville*, Courrier du Savoir **2:** 53-60.

Su S., Li D., Yu X., Zhang Z., Zhang Q., Xiao R., Zhi J., Wu J. (2011), *Assessing land ecological security in Shanghai (China) based on catastrophe theory*, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment **25:**737-746.

Tao W., Bays J. S., Meyer D., Smardon R. C., Levy Z. F. (2014), *Constructed wetlands for treatment of combined sewer overflow in the US: A review of design challenges and application status,* Water **6(11)**: 3362-3385.

Taylor P. D., Fahrig L., Henein K., Merriam G. (1993), *Connectivity is a*

vital element of landscape structure, Oikos **68(3)**: 571-573.

TEP (2005), *Advancing the delivery of green infrastructure : targeting issues in England's Northwest,* England's Northwest, Royaume-Uni.

Thomas K., Littlewood S. (2010), *From green belts to green infrastructure ? The evolution of a new concept in the emerging soft governance of spatial strategies,* Planning Practice & Research **25(2)**: 203-222.

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.

Walmsley A. (2006), *Greenways: multiplying and diversifying in the 21st century*, Landscape and Urban Planning **76(1-4)**: 252-290.

Wang J. (2020), *Urban green infrastructure planning : multifunctional networks for sustainable urban development*, Thèse de doctorat, Université technique de Munich, Munich, Allemagne.

Weber T., Sloan A., Wolf J. (2006), *Maryland's green infrastructure assessment: development of a comprehensive approach to land conservation*, Landscape and Urban Planning **77(1-2)**: 94-110.

Williamson K. S. (2003), *Growing with Green Infrastructure*, Heritage Conservancy, Doylestown, Pennsylvanie, États-Unis.

Wise S. (2008), *Green infrastructure rising*, Planning **74(8)**: 14-19.

Wolfe M. K., Mennis J. (2012), *Does vegetation encourage or suppress urban crime? Evidence from Philadelphia, PA*, Landscape and Urban Planning **108(2-4)**: 112-122.

World business council for sustainable development (2011), *Guide to Corporate Ecosystem Valuation: A Framework for Improving Corporate Decision-Making*, Genève, Suisse.

Wu J. (2013), *Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop*, Landscape Ecology **28(1)**: 1-11.

Xiao X. D., Dong L., Yan H., Yang N., Xiong Y. (2018), *The influence of the spatial characteristics of urban green space on the urban heat island effect in Suzhou Industrial Park*, Sustainable Cities and Society **40**: 428-439.

Yang J., McBride J., Zhou J., Sun Z. (2005), *The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction,* Urban forestry & Urban Greening **3(2)**: 65-78.

Yu K. (2014), *Slow down: hydrological infrastructure forliupanshui, China*, https://www.turenscape.com/paper/detail/617.html

Yu K., Wang S., Li D. (2011), *The negative approach to urban growth planning of Beijing, China,* Journal of Environmental Planning and Management **54(9):** 1209-1236.

Zaid S. M., Perisamy E., Hussein H., Myeda N. E., Zainon N. (2018), *Vertical Greenery System in urban tropical climate and its carbon sequestration potential: A review*, Ecological Indicators **91:** 57-70.

Zerdoum A. (2003), *La carte d'identité de Biskra*, Édition : Manar, Biskra, Algérie.

Ziogou I., Michopoulos A., Voulgari V., Zachariadis T. (2018), *Implementation of green roof technology in residential buildings and neighborhoods of Cyprus*, Sustainable Cities and Society **40:** 233-243.

Zkiri A. (2015), *Biskra, histoire et sites archéologiques*, Édition : Ali Benzid, Biskra, Algérie.

Zrubáková N. (2024), *A Shot in Greening Tomorrow,* https://www.girugten.nl/a-shot-in-greening-tomorrow/

Zytnicki M. (2022), *La ville d'Ebenezer Howard. Notes de lecture,* https://sceaux-lagazette.fr/index.php/2022/03/15/la-ville-debenezer-howard-notes