

## **L'INFRASTRUCTURE VERTE, UN OUTIL D'AMENAGEMENT DURABLE**

### **GREEN INFRASTRUCTURE, A SUSTAINABLE DEVELOPMENT TOOL**

Safa **Bel Fekih Boussema**<sup>1,2</sup>, Zahira **Souidi**<sup>3</sup>, Balkis **Chaabane**<sup>1,2</sup>, Saida **Hammami**<sup>1</sup>, Rania **Ajmi**<sup>1,2</sup>, Bilel **Aloui**<sup>1</sup>, Faiza **Khebour Allouche**<sup>1,2</sup>,  
Khadija **Boukharouba**<sup>4</sup>

1 High Institute of Agronomic Science of Chott Mariem, Department of Engineering and Landscape Planning, Sousse University, B.P 47.4042 Chott Mariem Sousse-Tunisia.

2 National Agronomic Institute of Tunis, Lr GREEN TEAM (LR17AGR01), Carthage University, B.P 43, Avenue Charles Nicolle 1082 Tunis Mahrajène-Tunisia.

3 Faculty of SNV, Department of Ecology and Environnement, Aïn Temouchent University- Algérie.

4 Faculty of SESNV, Departement of Natural and Life Sciences, Biskra University- Algérie.

**Corresponding author: [belfekihisafa@gmail.com](mailto:belfekihisafa@gmail.com)**

#### **Résumé**

L'infrastructure verte contribue à la mise en valeur de l'aménagement paysager. L'infrastructure verte constitue un outil efficient dans la configuration du paysage urbain, elle contribue à renforcer la résilience urbaine dans le cadre du développement durable. Outre leurs atouts écologiques, les infrastructures vertes, offrent des avantages dans les contextes socio-économiques et environnementaux, permettant ainsi, l'émergence de zones urbaines durables, résilientes, inclusives et compétitives. Dans le cadre de la présente recherche, nous avons constaté que le concept d'infrastructure verte a passé par plusieurs phases d'évolution d'une mise en place d'un réseau d'espaces verts urbains vers la production de services éco systémiques pour enfin migrer vers des solutions basées sur la nature. Ces infrastructures vertes représentent des outils d'aménagement durable, d'adaptation au changement climatique et de reconquête de la biodiversité.

**Mots clés :** infrastructure verte, développement durable, changement climatique, services

#### **Abstract**

Green infrastructure promotes landscaping in urban resilience to strengthen sustainable development. In addition to its ecological functions, green infrastructure, as a planning tool, contributes to social and economic benefits, leading to the achievement of sustainable, resilient, inclusive and competitive urban areas. In this narrative review, we noted that the concept of green infrastructure is surpassed by several phases of evolution from the establishment of an urban green spaces network towards the production of ecosystem services to finally migrate towards nature-based solutions. These green infrastructures represent tools for sustainable development, adaptation to climate change and the recovery of biodiversity.

**Keywords:** green infrastructure, sustainable development, climate change, services

## Introduction

Les infrastructures présentent les supports et les installations de base qui soutiennent les activités humaines. D'après Sutton-Grier et al. (2015) trois types d'infrastructures se distinguent : *i*) les infrastructures grises qui regroupent les sols occupés par les constructions et les ouvrages de base (routes, ponts, pistes cyclables, trottoirs, barrages, usines de traitement des eaux, fossés, etc.); *ii*) les infrastructures bleues, utilisées principalement pour désigner la conservation et la gestion des écosystèmes d'eau douce (mare, étangs, rivières, etc.) et côtiers marins; et *iii*) les infrastructures vertes qui sont formées par les espaces naturels et semi-naturels (parc, jardin, square, terres agricoles, ceintures vertes, etc.). Selon Tzoulas et al. (2007) « *le concept d'infrastructure verte vise à améliorer les espaces verts urbains, qui comprennent tous les réseaux naturels, semi-naturels et artificiels des systèmes écologiques multifonctionnels, dans, autour et entre les zones urbaines, à toutes les échelles spatiales* ». Ce concept croise diverses approches des fonctionnalités écologiques et éco systémiques, ainsi qu'autour de l'usage des espaces végétalisés. Il se fonde sur une vision anthropocentrée des écosystèmes (Cornet, 2020). Par ailleurs, la Commission européenne (2013), a précisé que l'Infrastructure Verte (IV) est « *un réseau constitué de zones naturelles et semi naturelles et d'autres éléments environnementaux faisant l'objet d'une planification stratégique, conçue et gérée pour la production d'une large gamme de services éco systémiques* ». Toutefois, d'autres auteurs (Allen, 2012 ; BartesaghiKoc et al, 2017), ne tiennent pas compte des « *autres éléments environnementaux* » ni de la « *planification stratégique* ». Donc, il est nécessaire de faire la distinction entre l'IV et les réseaux écologiques qui sont définies par « *les écosystèmes liés entre eux par des flux d'organismes dans un ensemble spatialement cohérent, en interaction avec la matrice du paysage* » (Harchies et al, 2018). Récemment, Ying et al. (2021), ont effectué une analyse approfondie des infrastructures vertes sous différents angles, afin d'explorer leur évolution dans la tendance du développement vertical et de fournir une référence pour les recherches à venir. Cette revue de la littérature vise à présenter les caractéristiques du concept d'IV prédéfini, son rôle pour la lutte contre le changement climatique et son apport pour maintenir des villes durables.

## 1. L'infrastructure verte

### 1.1 Concept de l'infrastructure verte

Les IV ont émergé à la suite de plusieurs constats relatifs à la dégradation de l'environnement, à des demandes croissantes en services éco systémiques et à la prise de conscience des limitations des infrastructures grises. L'utilisation du terme « infrastructure » renvoie à une fonction essentielle que remplit l'environnement vis-à-vis de la société. D'après Allen (2012), l'infrastructure est « *la substructure ou la fondation sous-jacente dont dépend la continuité et la croissance d'une communauté* ». Dernièrement, cette définition a été améliorée par certains experts pour répondre aux exigences de la ville durable et intelligente, par la suite l'IV désigne « *les systèmes végétaux naturels, les caractéristiques techniques, les éléments bâtis et les technologies vertes qui, ensemble, fournissent à la société une multitude de résultats économiques, environnementaux et sociaux* » (GIO, 2020). L'approche d'IV converge, alors vers des objets et des idées qui sont déjà existants comme le « *green way* » (Hellmund and Smith, 2006), puis pour identifier et qualifier les fonctions éco systémiques (Amati and Taylor, 2010 ; Thomas and Littlewood, 2010).

## 1.2 Évolution du concept de l'infrastructure verte

Les espaces verts, un terme qui a été employé au début des années soixante par les urbanistes pour définir sur les plans d'aménagement urbain tout espace occupé par la végétation dans un contexte urbain ou pour identifier des espaces qui vont être aménagés avec une dominante végétale. Néanmoins, ils ne remplissent pas obligatoirement le rôle d'une IV. Réellement, les infrastructures vertes ont des caractéristiques particulières et spécifiques. Ce concept repose sur une connectivité intrinsèque et la capacité d'offrir des aires à haute valeur écologique et paysagère en zones urbaines ou rurales, loin du rôle restrictif d'un « espace vert ». Historiquement, l'IV est née du travail d'embellissement de grandes villes du XIXe siècle (New York, Paris et Londres) par les architectes paysagistes Frederick Law Olmsted (1822-1903) et Jean-Claude Nicolas Forestier (1861-1930). Leur travail aboutit dans la mise en place d'un réseau d'espaces verts urbains qui a amélioré le cadre de vie des habitants et le fonctionnement des villes (Boussema et al, 2022). De plus, on cite Ebenezer Howard (1850-1928), le créateur des « cités jardins » qui a proposé un nouveau modèle urbain représenté par une grande ville constituée de cités jardins reliées entre elles par des moyens de transport. Au centre de ces cités, il existe un grand parc naturel entouré par des habitations. Au départ, le concept incluait une vision paysagiste et esthétique. Il s'est progressivement transformé en une vision écologiste, et est devenu plus tard un outil pour l'aménagement durable des territoires (Boussema et al, 2018). Le concept d'IV s'est développé d'abord aux États-Unis, puis s'est propagé en Europe (Ahern, 1995 ; Benedict and McMahon, 2006 ; Koc et al, 2017). Différents chercheurs ont travaillé sur ce concept, par exemple selon : *i*) des principes diversifiés tels que sur la création et la restauration des habitats (Perrow and Davy, 2002), les réseaux écologiques (Lindenmayer and Fischer, 2006), les contributions de la nature aux personnes (Diaz et al., 2018) et le bien-être humain et la biodiversité (Cohen-Shacham et al., 2016 et 2019); ou *ii*) des utilisations comme l'évaluation des rôles de la végétation sur la santé humaine et la qualité de vie (Tzoulas et al., 2007; Suppakittpaisarn et al., 2017), la lutte contre l'étalement urbain (Nied'zwiecka-Filipiak et al., 2019), la multifonctionnalité des espaces verts urbains (Meerow and Newell, 2017), ou bien sur la gestion des eaux pluviales (Dhakaland Chevalier, 2017; Martínez et al., 2018 ; Cornet, 2020).

## 1.3 Composantes potentielles de l'infrastructure verte

Selon le rapport de l'Union Européenne (2014), il est possible de créer des infrastructures vertes en utilisant : les régions clés de la biodiversité qui servent de noyaux pour l'IV comme les sites protégés Natura 2000 ; les régions clés à l'extérieur des zones protégées abritant de vastes écosystèmes sains; les habitats restaurés qui aident à relier ou à améliorer les zones naturelles existantes, tel qu'une roselière restaurée ou une prairie de fleurs sauvages ; les éléments naturels qui servent de tunnels pour la faune, comme les petits cours d'eau, les mares, les haies ou les bandes forestières ; les dispositifs artificiels comme les éco ducs ou les passerelles écologiques, les murs et les toits verts qui améliorent les services de l'écosystème ou contribuent à la circulation de la faune ; les zones tampon qui sont gérées durablement et contribuent à améliorer la qualité écologique et la perméabilité du paysage à la biodiversité, comme l'agriculture respectueuse de la faune ; et les zones multifonctionnelles permettent d'avoir un aménagement du territoire qui soutient plusieurs utilisations du sol sur une même zone géographique, comme la production de nourriture et les activités récréatives (Figure 1).

---

Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0 International License (CC BY-NC-ND)



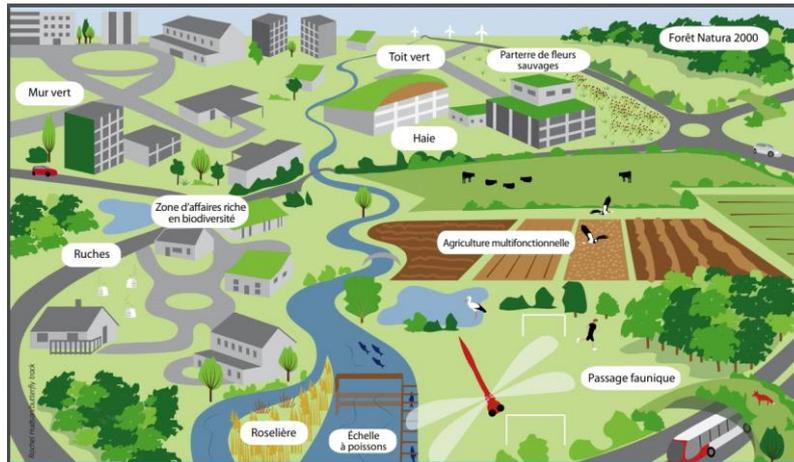


Figure 1 : Les composantes de l'infrastructure verte  
Source : (EU, 2014)

### 1.4 Types d'infrastructure verte

Lapierre and Pellerin (2018), classent les infrastructures vertes en quatre grandes catégories telles que : les canopées urbaines, les espaces publics végétalisés, les toits verts et les structures verticales vertes. La différence entre ces classes réside au niveau de l'échelle spatiale (région, ville, district, quartier, canyon urbain) à laquelle ils sont étudiés, leurs localisations et le trait de la végétation. À ces catégories, il est également possible d'ajouter les infrastructures vertes associées aux aménagements piétonniers et cyclables comme les aires de stationnement (Figure 2).

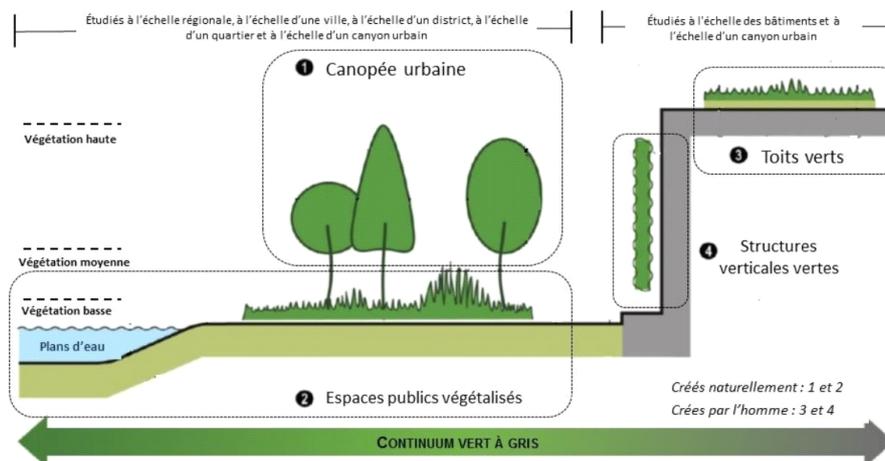


Figure 2: Catégories des infrastructures vertes  
Source : (Lapierre and Pellerin, 2018)

La canopée urbaine est l'étendue du couvert végétal sur un territoire bien déterminé. Il s'agit essentiellement des arbres et arbustes des rues et ruelles vertes ainsi que la forêt urbaine (Bartasaghi et al., 2017). Les espaces publics végétalisés sont des espaces ouverts qui incluent au moins la moitié de la surface perméable. Les ceintures vertes, les corridors verts, les espaces verts, les espaces urbains publics ouverts, les structures végétales urbaines, les parcs urbains, le couvert de sol végétalisé, les bacs publics de végétation et les espaces protégés constituent leurs principales composantes (Simard et al., 2018). Les toits verts sont connus aussi par les éco toits, toits végétalisés, toits pluviaux et jardins de toit. Ce sont des

infrastructures pérennes ayant principalement trois composantes, une couche de végétation, une couche de milieu de culture légère et une couche de stockage ou de drainage placée au-dessus d'une membrane imperméable. Les toits verts sont de deux types : extensif et intensif, qui se différencient entre eux par l'épaisseur du substrat de croissance. Le premier est constitué d'un substrat de 15 centimètres d'épaisseur ou moins, tandis que le second est constitué d'un substrat de plus de 15 centimètres d'épaisseur (Li et al, 2019). Cependant, les toits verts peuvent être utilisés pour l'agriculture urbaine et les jardins verticaux, fournissant ainsi une source de nourriture aux oiseaux et aux insectes pollinisateurs. Ils transforment ce qui était peut-être un espace urbain sous-utilisé en un environnement propice à la faune urbaine réduisant la pollution sonore et l'embellissant des espaces urbains denses (Parkinsand Clark, 2015). La terminologie des structures verticales vertes inclut les bio murs, les façades vertes, les murs verts, les murs vivants, les murs végétalisés extérieurs ou intérieurs et la végétation verticale (Simard et al, 2018). Un mur vivant est un jardin vertical où les lianes et les plantes grimpantes poussent à partir de jardinières et sont fixées par des câbles, des grilles et des treillis en acier inoxydable (Filazzola et al, 2019).

Tableau 1 :Exemples des différentes classes de l'infrastructure verte

	
Canopée urbaine	Espaces publics végétalisés
	
Toit vert	Structure verte verticale

(Source : <https://www.google.com/search>)

## **1.5 Apports de l'infrastructure verte**

L'investissement dans la création d'IV a plusieurs intérêts, où une partie de la région peut fournir des services à valeurs importantes appelés « services éco systémiques ». Ainsi, les infrastructures vertes peuvent également jouer un rôle essentiel dans la protection contre les phénomènes adverses et extrêmes du changement climatique comme la lutte contre les inondations et les catastrophes naturelles. En outre, la planification et l'investissement dans l'IV aboutie à la création des offres d'emplois, soit au niveau de la conception, la mise en place, l'entretien, la restauration, etc. L'IV est une structure spatiale qui transmet les services éco systémiques et les biens provenant de la nature vers les populations, elle permet de *i*) améliorer la qualité de vie des populations et des citoyens en créant un environnement sain et adéquat pour vivre et travailler ; *ii*) conserver la biodiversité, ceci en limitant et minimisant la fragmentation des habitats et des milieux naturels et reliant les zones isolées en facilitant les déplacements de la faune locale ; et *iii*) protéger contre la vulnérabilité du changement climatique comme les inondations, le stockage du carbone, les érosions des sols et le stockage des eaux de ruissellement. De plus, il est important de souligner la multifonctionnalité de l'infrastructure, c'est-à-dire la capacité de cette zone spatiale à exécuter plusieurs fonctions simultanément. On peut citer comme exemple l'association des activités agricoles, sylvicoles, immobilières, touristiques et récréatives dans la même zone. Un autre exemple courant est un écosystème de plaine inondée qui, contrairement à une digue artificielle, permet non seulement de prévenir les inondations, mais aussi de filtrer les eaux de ruissellement, de maintenir la nappe phréatique, de stocker du carbone, de servir d'habitat pour la faune et de créer un espace récréatif sain. L'IV est l'un des moyens de développement durable des villes, mais elle peut également jouer un rôle indirect dans la croissance économique en attirant des investisseurs étrangers et en créant de nouveaux emplois (EU, 2014). La santé physique et morale des êtres humains fait partie des éléments influencés par les avantages des infrastructures vertes, en effet, divers types des infrastructures vertes familiales ont été examinés par Suppakittpaisarn et al. (2017) et d'autres chercheurs ont constaté que ces composantes naturelles tels que les arbres et les jardins familiaux étaient très bénéfiques pour la santé et pour le comportement de l'être humain.

## **2. Infrastructures vertes et changement climatique**

Afin de lutter contre les conséquences néfastes du changement climatique, l'objectif primordial est de promouvoir l'adoption de plans de développement durable basés sur trois piliers : économique, social et écologique. L'investissement dans l'IV a un effet durable. En effet, une partie du territoire qui fonctionne grâce à la biodiversité et à des écosystèmes sains offre à la société de nombreux biens et services à grande valeur économique, tels que l'air et l'eau propres, le stockage du carbone, la pollinisation, etc. De plus, les infrastructures vertes jouent un rôle important dans la lutte contre les effets du changement climatique en réduisant les risques des catastrophes naturelles telle que les inondations (Simard et al, 2018).

### **2.1 La ville comme source d'émission de gaz à effet de serre**

Les villes émettent environ 70 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), et consomment plus de deux tiers de l'énergie mondiale (Mi et al, 2019). Cette étude présente un chiffre important de l'empreinte carbone, qui est causée essentiellement par le taux fort de

l'urbanisation et les activités économiques intenses, où les villes sont les productrices et les consommatrices de la majorité des biens et des services dans le monde (Mauree et al, 2019). De plus, les villes abritent environ 55 % de la population mondiale, un chiffre qui va augmenter à 68% d'ici 2050 (UN-DESA, 2019). Cette augmentation anticipée de la population urbaine engendre la construction et la réhabilitation des infrastructures et du cadre bâti, ce qui augmente de plus le taux des émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) (Bazaz et al., 2018). Si, par exemple, il n'y a pas de mesures ou de plans pour limiter l'explosion et la croissance démographique et économique des villes, les pourcentages des émissions des GES de 96 plus grandes villes du monde augmenteront de sept fois d'ici 2100. Ces villes (Toronto, Montréal, Pékin, Vancouver, New York, etc.) sont actuellement responsables de 70 % des émissions mondiales de GES (UN-DESA, 2019). Selon le GIEC (2015), les secteurs d'approvisionnement en énergie (47%), industriel (30%), transport (11%), et bâtiment (3%) sont les principaux responsables de l'émission de GES à l'échelle mondiale. Par exemple, le bâtiment est responsable de 70% des émissions de GES de la ville de New York en 2015, suivi du transport avec un pourcentage de 23 % et des matières résiduelles avec un pourcentage de 5 %. Aussi bien au Québec, en 2014, l'agglomération de Montréal a émis 12 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>. Le secteur du transport représente la majorité de ces émissions (40% de l'ensemble des émissions), suivi du secteur industriel (20% de l'ensemble des émissions) et des secteurs commerciaux et institutionnels (15% de l'ensemble des émissions) (Mauree et al, 2019).

## **2.2 La réduction des émissions de gaz à effet de serre un défi pour la ville**

Les villes sont les acteurs principaux dans les émissions des GES et peuvent jouer un rôle important dans leur réduction et atténuation en impliquant et en mettant en œuvre des plans, des stratégies et des réglementations (Guyadeen et al, 2019). En effet, les municipalités sont les représentants gouvernementaux les plus proches des citoyens et des entreprises, et elles ont le pouvoir de décider de l'application des actions locales en agissant comme des organismes de réglementation visant à réduire les émissions de GES. Conscient de leurs rôles, les acteurs cherchent à diminuer ces émissions dans le monde, d'où, ils s'engagent dans une démarche participative bien déterminée. Récemment, d'après les résultats de recherches effectués sur les villes européennes par Pasimeni et al. (2019), cette démarche passe par plusieurs étapes, à savoir l'élaboration d'un inventaire des émissions des GES ; l'établissement d'un objectif de réduction des émissions ; l'élaboration d'un plan d'action pour atteindre cet objectif ; l'application de ces actions ; et le suivi des résultats en basant sur des indicateurs performants. Il est indéniable que les villes peuvent bénéficier de l'appui des deux outils essentiels, à savoir les inventaires et les plans de réduction des GES. Par la suite, les plans produits contiennent les mesures nécessaires pour réduire les émissions de GES visent les principaux secteurs responsables, à savoir l'énergie, le transport, les bâtiments et les matières résiduelles, qui ont tous l'empreinte carbone la plus élevée.

## **2.3 Lutte contre le changement climatique**

Les infrastructures vertes peuvent contribuer à la lutte contre les effets néfastes du changement climatique et à la réduction des émissions de GES qui sont responsables de l'accroissement des phénomènes climatiques extrêmes tout en promouvant le bien-être humain

et le développement durable grâce à leur multifonctionnalité. Elles offrent principalement des solutions à l'échelle urbaine pour réduire les effets des pluies intenses et des inondations, des vagues de chaleur et des îlots de chaleur urbains. En particulier, il s'agit d'augmenter la résilience des écosystèmes urbains et des populations face aux changements climatiques, de séquestrer et stocker du carbone et réduire la consommation d'énergie (Mi et al., 2019). Récemment, Rodriguez et al. (2023), ont développé des méthodologies de prise de décision et de promouvoir des politiques publiques pour la performance des infrastructures vertes au service de la ville durable. Et ils ont définis dans leur étude quatre types d'infrastructures vertes : routes à usages multiples, jardins pluviaux, trottoirs perméables et bio-ingénierie des sols.

### **3. Infrastructures vertes et durabilité**

Le concept de l'IV trouve son origine dans les théories et les pratiques de la mise en œuvre dans divers contextes. Son exploitation est répandue à l'échelle mondiale sur les plans théoriques, politique et enfin pratique (Collinge, 2010). Il s'inscrit dans la majorité des cas dans les idées et les perspectives du développement durable dans le monde (Wright, 2011). Les responsables politiques du monde découvrent de plus en plus l'importance et les valeurs ajoutées de l'IV dans les pratiques et les stratégies (Mell, 2008). Par ailleurs, aux trois niveaux théorique, politique et pratique, l'interprétation du concept de l'IV est encore insuffisante, mais elle repose sur trois éléments essentiels qui sont « la multifonctionnalité », « la connectivité » et « le vert » (Wright, 2011). Où, la connectivité et la multifonctionnalité aboutissent à l'installation d'un réseau des entités interconnectées des différentes tailles où se déroulent les processus naturels simultanément. Alors que le vert fait référence aux éléments naturels tels que l'eau, les zones humides, les forêts, les voies vertes, les parcs, les exploitations agricoles et toutes les zones protégées qui maintiennent l'équilibre écologique (Benedict and McMahon, 2002). Dans ce contexte, Cheshmehzangi et al. (2021), ont pris en compte les équipements infrastructurels suivants : eau, assainissement, énergie, ventilation, environnement urbain intérieur et extérieur, santé et communauté pour intégrer les objectifs environnementaux et humains/sociaux. Il est donc essentiel d'indiquer les principes clés (Benedict and McMahon, 2002 et 2006 ; Naumann et al, 2011 ; Pauleit et al, 2011 ; Hansen and Pauleit, 2014) pour la mise en œuvre des infrastructures vertes à diverses échelles d'intervention. Il importe aussi de souligner la multiplicité des objectifs poursuivis, sans oublier la particularité d'intégration (connexion avec les autres systèmes comme système de gestion de l'eau ou réseau de transport) et de masse critique des infrastructures vertes (expansion de l'infrastructure à un territoire plus grand, un corridor ou un réseau qui a une fonction plus large), particulièrement en milieu rural (Tableau 3). En définitive, il ne s'agit pas d'un simple verdissement des milieux urbains mais l'intégration des fonctions écologiques dans le processus de la planification territoriale. Il s'agit d'augmenter la résilience d'un milieu face au changement climatique et d'améliorer sa performance face aux défis du millénaire, dont les objectifs du développement durable, intégrant les trois composantes, économique, sociétale et environnementale.

Tableau 3 : Structure et configuration spatiale des infrastructures vertes

Tous les acteurs	Domaine d'intervention hiérarchique	Espace d'intervention	Exemples d'actions	Résultats : Multifonctionnalité et connectivité
Acteurs du domaine public (élus et experts issus des domaines de l'aménagement et de l'urbanisme)	Action publique : régler l'utilisation du territoire et d'orchestrer des opérations de verdissement sur le domaine public	Système hiérarchique du domaine public : local, régional, national, transnational	Expansion de la forêt urbaine et des espaces verts  Amélioration de l'infiltration des eaux de pluie	Amélioration de la qualité de l'air et diminution des températures  Diminution du ruissellement et eaux stagnantes (étiage)  Amélioration de la qualité des eaux
Acteurs du domaine privé (citoyens, entreprises et associations de protection de l'environnement)	Partie prenante Gouvernance locale. Implication, participation	Domaine privé : terrains résidentiels et ceux des ICI (Industries, Commerces et Institutions) comme les banques, églises, centres commerciaux et autres propriétés de ce type.	Préservation des zones tampons riveraines  Amélioration du captage des eaux pluviales  Protection et restauration des écosystèmes côtiers	Diminution des inondations (pluies abondantes)  Prévention contre les tempêtes et événements extrêmes climatiques

Il est clair qu'aujourd'hui les infrastructures vertes visent le Co-développement de solutions durables dans un environnement à majorité impacté par les facteurs anthropiques, l'objectif final étant d'assurer le devenir de paysages résilients (Childers et al, 2019). Dans une étude récente, Fang et al. (2023) démontrent l'importance de l'évolution des services éco systémiques urbains et des infrastructures vertes vers des solutions fondées sur la nature. Ils ajoutent qu'à l'avenir, ces trois domaines doivent identifier leurs niches écologiques respectives et explorer les synergies potentielles pour améliorer la durabilité urbaine. Ainsi, l'IV encourage l'adoption de solutions innovantes appliquées en aménagement durable qui s'adaptent au changement climatique et ce pour le bien être humain.

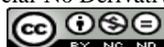
### Conclusion

À la suite de cette revue de la littérature, on en conclut que le concept d'IV a passé par plusieurs phases d'évolution ; d'une mise en place d'un réseau d'espaces verts urbains qui consiste à améliorer le cadre de vie des habitants et le fonctionnement des villes vers la

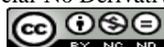
production des différents services éco systémiques, pour enfin migrer vers des solutions basées sur la nature, d'où la diversité des services rendus par ce concept. Ces infrastructures vertes peuvent contribuer à la lutte contre les effets néfastes du changement climatique et à la réduction des émissions de GES et ce en encourageant l'adoption de solutions innovantes appliquées en aménagement durable. Plusieurs approches peuvent être adoptées dans ce sens afin de promouvoir des politiques publiques pour la performance des infrastructures vertes au service de la ville durable.

## Références

- Ahern J. (1995). Greenways as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning*, 33: 131-155. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V)
- Allen W. L. (2012). Environmental Reviews and Case Studies: Advancing Green Infrastructure at All Scales: From Landscape to Site. *Environmental Practice*, 14(1), 17–25. <https://doi.org/10.1017/S1466046611000469>.
- Amati M. and Taylor L.(2010) From Green Belts to Green Infrastructure. *Planning Practice & Research*, 25, 143-155.
- Bartesaghi Koc C., Osmond P. and Panders A. (2017). Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. *Urban Ecosystems*, 20(1), 15–35. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0578-5>
- Bartesaghi Koc C., Osmond P. and Panders A. (2017). Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. *Urban Ecosystems*, 20(1), 15–35. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0578-5>
- Bazaz A., Bertoldi P., Buckeridge M., Cartwright A., de Coninck H., Engelbrecht F. and Waisman H. (2018). Summary for Urban Policy Makers. What the IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 C Means for Cities. Repéré à <https://www.c40.org/researches/summary-for-urban-policy-makers-what-the-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5-c-means-for-cities>
- Benedict M.A. and MacMahon E.T. (2002) Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, 20: 12-17. <https://www.merseyforest.org.uk/files/documents/1365/2002+Green+Infrastructure+Smart+Conservation+for+the+21st+Century..pdf>
- Benedict M. and McMahon E. (2006). Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Island Press. *Landscape Ecol* 22, 797–798 <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9045-7>
- Boussema S.B.F., Cohen M. and Khebour Allouche F. (2022). Green and blue infrastructure design in a semi-arid region. *Front. Environ. Sci.* <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1061256>
- Boussema S.B.F., Khebour Allouche, F., Saidaine, I., Mechmech, Y. and Bandtaieb, T. (2018). State of the art of greenway concept application in Tunisian green policy: A case study of an urban landscape in Sousse city. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEJEO)*. 5 (1), 36-50 p. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.353818>
- Cheshmehzangi A., Butters CH., Xie L. and Dawodu A. (2021). Green infrastructures for urban sustainability: Issues, implications, and solutions for underdeveloped areas, *Urban Forestry & Urban Greening* Volume 59, 127028 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127028>
- Childers D., Bois P. and Hartnandt H. (2019). Urban Ecological Infrastructure: An inclusive concept for the non built urban environment. *Science of the Anthropocene*, 7: 46. <https://doi.org/10.1525/elementa.385>
- Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. and Maginnis S. (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland: IUCN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Cohen-Shacham, E., Andrade A., Dalton J., Dudley N., Jones M., Kumar C., Maginnis S., Maynard S., Nelson C.R. and Renaud F.G. (2019). Core principles for successfully implementing and up scaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* 98: 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>



- Collinge, G. (2010). Valuing green infrastructure: developing a toolbox. Presentation at the Royal Town Planning Institute Yorkshire Conference Series: Green Space, Green Belt and Green Infrastructure, 24 February 2010, Leeds.
- Commission européenne.(2014). Créer une infrastructure verte pour l'Europe, Office des publications de l'Union européenne, ISBN 978-92-79-39997-8, 24 pages <https://www.trameverteetbleue.fr/documentation/references-bibliographiques/creer-infrastructure-verte-pour-europe>
- Cornand X. (2020). L'infrastructure verte dans l'aire urbaine de Montréal : la multifonctionnalité des espaces végétalisés en question. *Vertigo*, 20 (3). DOI:<https://doi.org/10.4000/vertigo.28783>
- Dhakal K.P. and Chevalier L.R. (2017). Managing urban storm water for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *Journal of Environmental Management*, 203, pp 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065>
- Diaz S., Pascual U., Stenseke M., Martín-Lopez B., Watson R.T., Molnar Z., Hill R., Chan K.M.A., Baste I.A. and Brauman, K.A. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359: 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Fang X., Li J., and Ma Q. (2023). Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review, *Sustainable Cities and Sociandy*, Volume 98, 104843 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104843>
- Filazzola A., Shrestha N. and MacIvor J.S. (2019). The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 56(9) : 2131-43. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13475>
- GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2015). Changements climatiques 2014. L'atténuation du changement climatique. Résumé à l'intention de décideurs and résumé technique. Contribution du groupe de travail III au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Repéré à [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5\\_SPM\\_TS\\_Volume\\_fr-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume_fr-1.pdf)
- GIO — Green Infrastructure Ontario Coalition (2020). « Land's Make Green Infrastructure the New Normal ». Disponible à <https://greeninfrastructureontario.org/>
- Guyadeen D., Thistlandhwaite J. and Henstra D. (2019). Evaluating the quality of municipal climate change plans in Canada. *Climatic Change*, 152(1), 121-143. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-018-2312-1>
- Hansen R. and Pauleit, S. (2014). From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas. *AMBIO* 43, 516-529. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0510-2>
- Harchies M., Boeraeve F., Bourdouxhe A., Dufrene M., Pairon M., and Mahy G. (2018). Cartographie du réseau écologique wallon. Tâche 1 – Andat des lieux. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/298137/1/ResEco%202018%20Etat%20des%20lieux.pdf>
- Hellmund P.C. and Smith D.S. (2006). *Designing greenways, sustainable landscapes for nature and people*. Island Press, 270 p.
- Lapierre E. and Pellerin S. (2018). Portrait des infrastructures vertes and des ouvrages phyto technologiques dans l'agglomération de Montréal. Repéré à [https://fondationespacepouurlavie.ca/wpcontent/uploads/2019/08/Infrastructures-vertes\\_Ile-de-Montreal.pdf](https://fondationespacepouurlavie.ca/wpcontent/uploads/2019/08/Infrastructures-vertes_Ile-de-Montreal.pdf)
- Li C., Peng C., Chiang P.C., Cai Y., Wang X. and Yang Z. (2019). Mechanisms and applications of green infrastructure practices for storm water control: A review. *Journal of Hydrology*, 568, pp 626-637. DOI: [10.1016/j.jhydrol.2018.10.074](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.074)
- Lindenmayer D. and Fischer J. (2006). *Habitat Fragmentation and Landscape Change: an Ecological and Conservation Synthesis*. SIRO Publishing, Victoria, 344 pp. ISBN 0643093907 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01774.x>
- Martínez C. and al (2018). Configuring Green Infrastructure for Urban Runoff and Pollutant Reduction Using an Optimal Number of Units. *Water*, 10, 1528. <https://doi.org/10.3390/w10111528>
- Mauree D., Naboni E., Coccolo S., Perera A. T. D., Nik V. M. and Scartezzini J.-L. (2019). A review of assessment methods for the urban environment and its energy sustainability to guarantee climate



adaptation of future cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 733-746. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.005>

Meerow S. and Newell J. P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit. *Urban Plan.* 159 pp 62–75 <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005>

Mell I.C. (2008). Green infrastructure: concepts and planning. *FORUM: International Journal for Postgraduate Studies in Architecture, Planning and Landscape*, 8 (1), 69–80 [https://www.researchgate.net/publication/228664177\\_Green\\_Infrastructure\\_concepts\\_and\\_planning/related](https://www.researchgate.net/publication/228664177_Green_Infrastructure_concepts_and_planning/related)

Mi Z., Guan D., Liu Z., Liu J., Vigiú V., Fromer N. and Wang Y. (2019). Cities: The core of climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 207, 582-589. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.034>

Naumann S., McKenna D., Kaphengst T., Pianderse M. and Rayment M. (2011): Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report to the European Commission, DG Environment, Ecologic institute and GHK Consulting. <https://www.ecologic.eu/3933>

Niedźwiecka-Filipiak I., Rubaszek J., Potyrała J. and Filipiak P. (2019). The Method of Planning Green Infrastructure System with the Use of Landscape-Functional Units (MandhodLaFU) and its Implementation in the Wrocław Functional Area (Poland). *Sustainability*, 11, 394. <https://doi.org/10.3390/su11020394>

Parkins K.L. and Clark J.A. (2015). « Green roofs provide habitat for urban bats ». *Global Ecology and Conservation* 4. pp 349–57. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.07.011>

Pasimeni M. R., Valente D., Zurlini G. and Pandrosillo I. (2019). The interplay between urban mitigation and adaptation strategies to face climate change in two European countries. *Environmental Science & Policy*, 95, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.02.002>

Pauleit S., Liu L., Ahern J. and Kazmierczak A. (2011). Multifunctional Green Infrastructure Planning to Promote Ecological Services in the City. In: Niemela, J., Breuste, J., Guntenspergen, G., McIntyre, N. (eds.) *Urban Ecology. Patterns, Processes, and Applications*. Oxford: Oxford University Press, pp. 272-285. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199563562.003.0033>

Perrow M. and Davy A. (2002). *Handbook of Ecological Restoration*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511549984>

Rodriguez M, Cavadini G B and Cook L. (2023). Les effets de la structure des modèles and leurs assumptions dans les débordements d'égouts combinés and les infrastructures vertes, abstract de communication à NOVATECH 2023 l'eau dans la ville du 3 au 7 juillet à Lyon <https://www.novatech2023.org/fr/vue-detaillee-textes/63a2fec597b46b00a4532e5c>

Simard C., L'Ecuyer-Sauvageau C., Bissonnandte J.-F. and Dupras J. (2018). Le rôle des infrastructures naturelles pour la gestion des eaux de ruissellement and des crues dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques. *Le Naturaliste canadien*, 143(1), 25-31. <https://doi.org/10.7202/1054114ar>

Suppakittpaisarn P., Jiang X. and Sullivan W.C. (2017). Green Infrastructure, Green Stormwater Infrastructure, and Human Health: A Review. *Curr Landscape Ecol Rep* 2, pp 96–110. <https://doi.org/10.1007/s40823-017-0028-y>

Sutton-Grier A.E, Wowk K. and Bamford H. (2015). Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems, *Environmental Science & Policy* 51, pp137–148. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.006>

Thomas K. and 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, pp. 203-222. <https://doi.org/10.1080/02697451003740213>

Tzoulas K., Korpela S. Venn V., Yli-Pelkonen A., Kazmierczak J., Niemela and P. James, (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81 (3), pp. 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>

Wright H. (2011). Understanding green infrastructure: the development of a contested concept in England". *en. Local Environment* 16.10, pp. 1003–1019. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.631993>

Ying J., Zhang X., Zhang Y. and Bilan S. (2021). Green infrastructure: systematic literature review. Economic research-ekonomskai straživanja, 35 (1), pp 343–366. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202>

### **Abréviations**

**CO2:** Dioxyde de Carbone

**GES :** Gaz à Effet de Serre

**IV :** Infrastructure Verte

### **Remerciement**

Cet article a été conduit dans le cadre du projet de recherche et de coopération bilatérale entre l'Algérie et la Tunisie : « *Les infrastructures vertes pour la gestion durable des eaux pluviales en milieux urbains arides et semi-arides* » qui bénéficie du soutien financier de DGRSDT algérienne et du ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur tunisien.

