



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Biodiversité en ville

.....
GUIDE TECHNIQUE

#MondeEnCommun



Karine DE FREMONT
Directrice du département
Transition Urbaine
et Mobilité



Gilles KLEITZ
Directeur du département
Transition écologique et
gestion des ressources

Notre planète est confrontée à **une extinction massive, la sixième en 500 millions d'années**. En un siècle, la disparition d'espèces a été multipliée par 100 et, d'après un récent rapport des Nations Unies, **un quart des espèces sur Terre sont menacées d'extinction imminente**. **L'ensemble des écosystèmes se dégrade et se modifie** de façon accélérée, alors qu'il constitue la base vie des humains.

Ces perturbations – perte de productivité des sols, des forêts et des océans, dégradation des bassins versants, dysfonctionnement des puits de carbone et des cycles naturels d'épuration, maladies émergentes etc. – affectent en effet **3,2 milliards de personnes** et le coût annuel de pertes de services est estimé à **20 % du PIB mondial**.

Le développement urbain, notamment, a profondément modifié les territoires. L'artificialisation massive des sols, l'appauvrissement de la diversité des espèces utilisées, la déforestation, les pollutions et leur concentration sont autant de perturbations urbaines pour les écosystèmes. Lorsque l'on sait que **plus de 60% de l'humanité vivra en ville en 2060**, on mesure l'ampleur des défis.

Dès à présent, il est urgent de **repenser la place de la nature en ville**. Des solutions existent. La prise en compte de la nature dans le développement urbain et territorial est un impératif et une solution, à la fois environnementale et sociale. Partout où elle existe, en reconquête, protection, restauration ou en planification, **la biodiversité urbaine rend des services essentiels et indispensables pour le bien-être des citoyens**. Elle doit devenir un moyen et un objectif vers des politiques urbaines ambitieuses.

L'Agence française de développement (AFD) s'engage à soutenir cette ambition. Dans un monde où la part d'espaces urbanisés croît chaque année, l'AFD œuvre à la protection de la biodiversité en ville et place les Solutions fondées sur la Nature (SfN), et plus largement la "conception fondée sur la nature", au cœur des projets qu'elle soutient. La prise en compte de la biodiversité dans son activité en milieu urbain sera d'ailleurs incontournable pour **atteindre l'objectif de convergence climat et biodiversité** qu'elle s'est fixé. Le Groupe augmente ses investissements pro-natures dans tous les secteurs et dans toutes les géographies, avec l'objectif de **consacrer à la biodiversité, dès 2025, 1Md€ et 30 % de sa finance climat, en synergie avec ses objectifs sociaux**. Il s'agit là de se donner les moyens de participer à l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris, de l'Agenda 2030 et de la prochaine COP15 sur la biodiversité.

Sur le plan opérationnel, l'AFD se dote d'outils adaptés. Les départements Transition Urbaine et Mobilité et Transition écologique et gestion des ressources ont coproduit **un Guide technique destiné à contextualiser, concevoir, réaliser et gérer les projets urbains avec la biodiversité depuis l'échelle des grandes trames naturelles structurantes des villes, jusqu'au quartier en s'appuyant sur un panel de Solutions fondées sur la Nature**. Cette boîte à outils vise à apporter aux acteurs du projet les clés de compréhension, pistes de réflexions, méthodes et retours d'expériences pour faire de la biodiversité en ville un levier essentiel en faveur du développement et de l'atteinte des Objectifs du Développement Durable (ODD).

GUIDE TECHNIQUE BIODIVERSITÉ EN VILLE, AFD, SEPTEMBRE 2021.

Document réalisé par l'équipe "Biodiversité en Ville" de la Division Développement Urbain, Aménagement, Logement de l'AFD.

Auteurs :

Alexandre Auvray, Laura Poyer.

Direction et supervision :

Aurélie Ghueldre, Antoine Mougenot.

Contributions :

Simon Brochut, Céline Carrier, Théo Decaix, Priscille De Coninck, Karine Frouin, Mélanie Grignon, Olga Koukoui, Juliette Le Pannerer, Anastasia Muratet, Stéphanie Picard, Chloé Pinty.

Contributeurs associés :

Julien Calas, Anne Chetaille, Naig Cozannet, Jean-René Cuzon, Xavier Debade, François Giraudy.

Table des matières

Préambule : objectifs et mode d'emploi du guide 6

Introduction : des villes durables pour l'humain et la biodiversité. 8

 La biodiversité dans la ville : définition et enjeux 8

 Risques et opportunités 9

 Cadre international et objectifs de développement 10

PARTIE I - APPRÉHENDER LA BIODIVERSITÉ EN MILIEU URBAIN DE MANIÈRE SPATIALE ET TEMPORELLE 13

1.1. La biodiversité dans le cycle du projet 14

1.2. Quelle biodiversité pour quels territoires ? 18

1.3. Protéger et promouvoir la biodiversité à l'échelle des territoires 22

 1.3.1. A l'échelle du territoire urbain : favoriser la cohérence et la continuité des écosystèmes 22

Du territoire à la ville : connecter les écosystèmes 23

 1.3.2 A l'échelle de la ville et des quartiers : planifier et intégrer la biodiversité en milieu urbain 24

Créer et structurer des habitats pour la biodiversité urbaine 26

1.4. Répondre aux besoins humains par la biodiversité 28

 1.4.1 Les services écosystémiques rendus par la nature 28

 1.4.2 Les solutions fondées sur la nature 29

Proposer des solutions fondées sur la nature dans les projets urbains 30

 1.4.3 Connaître et suivre le potentiel de biodiversité et de services écosystémiques 32

Les indicateurs de biodiversité des territoires et des projets urbains. 34

1.5. Evaluer et gérer les risques ou impacts négatifs d'un projet sur la biodiversité 36

La biodiversité dans l'évaluation et la gestion des impacts. 38

Les risques pour la biodiversité urbaine 40

Biodiversité et chantier 42

Restauration de milieu et compensation sur et hors site. 44

1.6. Concevoir par, pour et avec la biodiversité 46

Du diagnostic à la conception du projet. 48

Gérer les espaces urbains en faveur de la biodiversité 50

Parties prenantes : consultation, inclusion et sensibilisation 52

PARTIE II - METTRE EN ŒUVRE LA BIODIVERSITÉ DANS LES PROJETS 55

2.1. Présentation des fiches techniques. 56

2.2. Aménager des surfaces urbaines végétalisées. 57

Parcs publics. 58

Forêts urbaines et péri-urbaines 60

Espaces verts d'usages. 62

Espaces verts fragmentés. 64

Agriculture urbaine et péri-urbaine 66

2.3. Espaces linéaires ou ponctuels. 69

Arbres en ville 70

Voiries et infrastructures de transport 72

2.4. Biodiversité et eau en ville 75

Cours d'eau urbains 76

Mares, bassins et zones humides 78

Biodiversité et villes côtières : gestion des risques et résilience écologique 80

2.5. Biodiversité et bâti 83

Architecture bioclimatique 88

Toits et toitures végétalisés 90

Murs et façades végétalisés. 92

2.6. Biodiversité, gestion des déchets solides et pollution 95

Biodiversité et CET : conception et gestion du site 96

Biodiversité après le CET : réhabilitation du site 98

2.7. Prendre en compte la biodiversité dans les projets urbains : les retours d'expériences inspirants 100

COLOMBIE - Plan de développement de Barranquilla 2020-2023 102

TOGO - Projet Environnement urbain de Lomé (PEUL) Phase II 104

INDE - Programme Smart Cities - CITIIS 1 106

BRÉSIL - Programme d'aménagement urbain durable de Curitiba 108

MAROC - Programme des Villes Nouvelles au Maroc 110

BÉNIN - Porto-Novo, Ville Verte (PNVV). 112

Appendices 1 : Extrait de la liste d'exclusion relative à la biodiversité proposée par le groupe AFD. 116

Appendices 2 : Bases de données et ressources en ligne. 117

Appendices 3 : Pays d'interventions et biodiversité – Adhésion à la Convention sur la diversité biologique, de Rio de Janeiro (5 juin 1992) 118

Notes de fin. 124

Bibliographie 129

ANNEXES TECHNIQUES : fiches méthodes 139

ANNEXES TECHNIQUES : fiches outils 187

ANNEXES TECHNIQUES : fiches techniques 212

Préambule : objectifs et mode d'emploi du guide

Par nature partiel et évolutif, ce Guide vise à fournir aux opérationnels et à leurs interlocuteurs internes et externes, un référentiel documenté pour **valoriser "en conscience" la biodiversité dans les projets urbains et dans les politiques publiques** financées par l'AFD. Réalisé à l'initiative de la Division Développement Urbain, Aménagement, Logement (VIL), il est donc dans un premier temps destiné aux Chefs de projet afin de **stimuler le dialogue avec les contreparties et les partenaires**, pour in-fine améliorer la qualité des projets et des services rendus aux populations grâce à la biodiversité. Entièrement dédié à la Biodiversité en Ville, ce support technique s'attèle avant toute chose à **promouvoir la contextualisation des projets, avant de rechercher les solutions à développer**.

L'introduction du guide définit succinctement la notion de "biodiversité" et dresse le contexte international en la matière. **La première partie**, consacrée à l'appréhension de la biodiversité en milieu urbain, se compose de 6 chapitres, qui permettent d'une part d'exposer les grands principes d'analyse, de conception et d'évaluation, d'autre part de détailler la diversité des types d'actions en faveur de la biodiversité en ville. Pour aller plus loin dans la lecture et la compréhension des chapitres, **la seconde partie** présente des solutions de mise en œuvre de la biodiversité dans les projets au travers de **fiches détaillées** et de **retours d'expériences** de projets. Les fiches sont augmentées d'**annexes** pour préciser ou approfondir certains éléments, regroupées en recueils selon leur nature. Enfin, les **Appendices** permettent de retrouver facilement les éléments de références utiles : liste d'exclusion de l'AFD, les bases de données et ressources en ligne, la liste des pays signataires de la Convention de Rio (1992).

FICHES MÉTHODES

Principes et concepts clés pour optimiser l'inclusion écologique, économique et sociale de la biodiversité en ville.

FICHES OUTILS

Instruments utiles lors de l'instruction, la réalisation ou la gestion d'un projet (indicateurs, outils de pilotage, de suivi ou d'évaluation).

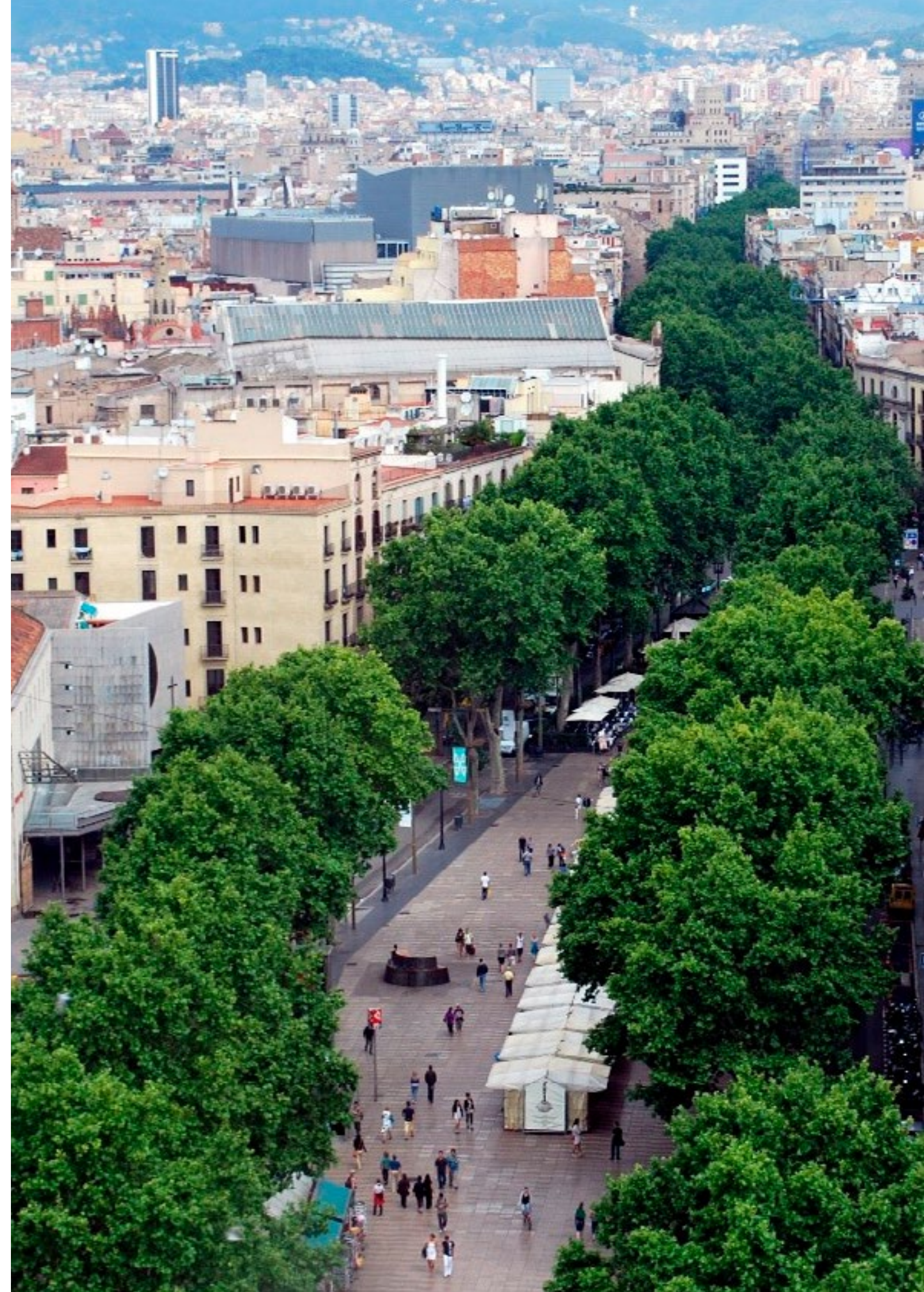
FICHES TECHNIQUES

Conseils de mise en œuvre d'un panel d'aménagements pro-biodiversité, appuyés par des données factuelles et chiffrées.

FICHES RETOURS D'EXPÉRIENCE

Présentation de projets urbains inspirants et leurs choix d'aménagements pertinents au regard de la biodiversité.

4 types de Fiches



Introduction : des villes durables pour l'humain et la biodiversité

La biodiversité dans la ville : définition et enjeux

La biodiversité réfère à la diversité du vivant et des relations que les individus tissent entre eux et avec leur environnement. Elle inclut **la diversité des écosystèmes** (richesse des différents milieux sur la planète), **la diversité spécifique** (nombre d'espèces par unité de surface) et **la diversité génétique** (degré de variété de gènes au sein d'une population de la même espèce). En ville, les espèces évoluent dans un écosystème artificialisé, dominé par l'espèce humaine et possédant des conditions hydrologiques, aérologiques et pédologiques qui lui sont spécifiques.

La préservation de la biodiversité en ville permet **la conservation pour les habitants d'un lien avec la nature, l'amélioration de la santé et de la qualité de vie, ainsi que la création d'espaces résilients et durables**. De plus, la biodiversité apporte un certain nombre de bénéfices aux humains, sous la forme de biens et de services. Appelés "**services écosystémiques**"¹, leur préservation est souvent **avantageuse économiquement**, en comparaison à la mise en œuvre de solutions d'ingénierie technologique à services égaux rendus². La protection de la biodiversité est également **créatrice d'emploi et de valeur ajoutée**.



LE SAVIEZ-VOUS ?

En France, un euro dépensé au titre de la protection de la biodiversité génère en moyenne **2,64 €** de production et **1,31 €** de valeur ajoutée. Un million d'euros de ces dépenses crée en moyenne **19 emplois**³.

© Adobe Stock - PCH.Vector.

1, 2, 3 : Voir [le détails des sources en Notes de fin](#).

Risques et opportunités

A priori, le milieu urbain n'est pas favorable à la biodiversité : l'imperméabilisation des sols et le développement d'infrastructures urbaines participent à la destruction et à la fragmentation des habitats vitaux pour la faune et la flore. Les espèces n'ont alors plus accès aux ressources nécessaires à leur cycle de vie et restent enclavées dans des îlots isolés. Par ailleurs, le milieu urbain est marqué par **des paramètres physico-chimiques particuliers** dus à la pollution et aux effets d'îlots de chaleur. Les espèces généralistes, c'est-à-dire prospérant dans un grand nombre de conditions environnementales, sont donc favorisées, au détriment des espèces spécialisées. Il en résulte **une uniformisation du vivant et une réduction de la biodiversité**.

Néanmoins, la ville peut **offrir une grande diversité d'espaces attractifs, sous la forme de zones d'accueil de biodiversité ou de lieux de passages** (espaces verts récréatifs, linéaires d'arbres, murs et façades végétalisées, etc.). Les Solutions fondées sur la Nature (SfN) mobilisées pour aménager et gérer l'espace public fournissent des alternatives aux techniques de génie civil traditionnelles et offrent des bénéfices pour la faune et la flore. La biodiversité peut aussi se développer via l'agriculture urbaine, qui profite d'un important vivier de consommateurs et peut participer à l'inclusion sociale des populations défavorisées.



Aire de jeux perméable tirant profit de la couverture végétale existante.
© Aurelie Ghuelldre, Teresina, Brésil, 2020.

Cadre international et objectifs de développement

La **Convention sur la Diversité Biologique** (CDB), signée durant le Sommet de la Terre de Rio en 1992, structure l'ensemble des négociations mondiales sur la biodiversité. Elle définit comme objectifs principaux la conservation de la biodiversité et l'utilisation durable de ses ressources. Réuni à Nagoya en 2010, son organe directeur, la **Conférence des parties** (COP), a produit un plan stratégique converti et adapté en France à travers la **Stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020**.

Cette stratégie vise à :

- susciter l'envie d'agir pour la biodiversité
- préserver le vivant et sa capacité à évoluer
- investir le capital écologique en tant que bien commun ;
- assurer un usage durable et équitable de la biodiversité ;
- assurer la cohérence des politiques et l'efficacité de l'action ;
- développer, partager, valoriser les connaissances.

Parallèlement, l'**Union européenne** (UE) a approuvé une stratégie en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030, visant notamment à gérer la crise de la biodiversité au niveau mondial, à travers la conservation et la régénération de la nature, la préservation et l'amélioration des écosystèmes et de leurs services et la lutte contre les espèces envahissantes. Devant le doublement des flux financiers en faveur de la biodiversité durant la décennie 2010-2020, conformément aux engagements des Etats membres, l'UE souhaite augmenter son soutien pour la période 2020-2030.

Définie dans le **Cadre d'Intervention Transversal** (CIT) **2013-2018**, l'AFD a adopté une politique, alignée sur ces différents textes sur la biodiversité, qui vise à :

- Intégrer la conservation des écosystèmes dans toutes les politiques de développement sectorielles, en renforçant la prise en compte de la biodiversité dans les phases d'instruction et en favorisant les partenariats publics-privés qui portent sur le financement des enjeux liés à la biodiversité.
- Protéger, restaurer et valoriser les écosystèmes, en intégrant les populations locales et en renforçant les capacités des institutions chargées de la protection de la biodiversité.
- Renforcer les partenariats entre acteurs français, internationaux, publics, privés, scientifiques et associatifs.

La **Stratégie transition territoriale et écologique AFD 2020-2024** insiste sur la promotion des Solutions fondées sur la Nature (SfN) pour la préservation des ressources naturelles, l'émergence de co-bénéfices économiques et sociaux, ainsi que l'atténuation et l'adaptation au changement climatique.

Photo aérienne des trois villes d'accueil des conventions internationales sur la biodiversité
- Rio de Janeiro 1992, Brésil.
- Nagoya 2010, Japon.
- Kunming 2021-2022, Chine.
© Google Earth.



An aerial photograph showing a vast, dense urban landscape. In the foreground, there is a large body of water with intricate, winding channels and lush green mangrove vegetation. A small cluster of buildings, including a prominent circular structure with a thatched roof, is situated on the edge of the water. The rest of the image is filled with a tightly packed urban area, characterized by numerous small, brown-roofed buildings and a network of roads. The overall scene illustrates the interface between urban development and natural ecosystems.

**Appréhender la biodiversité
en milieu urbain de manière
spatiale et temporelle**

1.1. La biodiversité dans le cycle du projet

Il s'agit de présenter les étapes clés de prise en compte de la biodiversité dans le cycle d'instruction d'un projet de développement urbain. Il est ainsi proposé **une liste de paramètres de base et de questionnements fondamentaux sur le contexte en termes de biodiversité**, indépendamment du niveau d'ambition ou de priorité qui pourront être donnés à cette dimension dans le projet. De manière générale, intégrer la biodiversité dans les projets urbains implique de composer avec trois paramètres :

- La **réalité du territoire d'intervention et son particularisme** (climatique, économique, culturel, historique, etc).
- La **morphologie du site**, tant naturelle (topographie, trames préexistantes, cours d'eau...) qu'anthropique (trames du bâti, des infrastructures, des voiries, etc.). Si les aménageurs ont pour habitude de concevoir la ville par le bâti, par les pleins, celle-ci se structure tout d'abord par les vides, qui sont le support privilégié pour valoriser la biodiversité (réseau de connexion des habitats), mais également pour les échanges sociaux (réseau des espaces publics).
- Le **niveau d'ambition**, en termes de capacités institutionnelles, de besoins programmatiques et de priorités politiques, ainsi que de potentiel physique intrinsèque des territoires.

Au sein d'un projet urbain ou de politique publique, trois questionnements peuvent permettre de cerner en amont le niveau d'ambition envisageable en termes de biodiversité :

- Portage et compétences : existe-t-il des acteurs locaux moteurs pour la préservation de la biodiversité ainsi que des savoir-faire locaux, une culture locale forte en terme de protection des espaces naturels et des milieux ?
- Capital biodiversité : les fonctions multiples et simultanées assurées par la nature en ville sont-elles (re)connues et/ou les risques de leur disparition identifiés ?
- Démarche intégrée (à des niveaux variables) : des dispositifs de protection de la nature et des projets intégrant des Solutions fondées sur la Nature (SfN) existent-ils ? Les sujets de biodiversité et de nature en ville sont-ils déclinés de façon transversale et forte dans les actions des différents services (Collectivité locale) ou dans les politiques publiques sectorielles (Politique territoriale) ? Les actions en faveur de la Biodiversité sont-elles une priorité et font-elles l'objet d'un suivi via des indicateurs largement communiqués ?

Lorsqu'un projet n'a pas pour vocation première de valoriser, conserver ou protéger la biodiversité en milieu urbain, à l'inverse d'un projet de restauration d'un cours d'eau ou de création d'un parc urbain linéaire permettant d'interconnecter les espaces "naturels" par exemple, il peut intégrer la biodiversité de manière ponctuelle ou plus transversale, via la mise en œuvre de Solutions fondées sur la Nature (SfN) entre autres.

Depuis l'analyse et le choix du site, jusqu'à l'évaluation du projet, les étapes clés afin de bien cadrer les enjeux de biodiversité au cours du cycle d'instruction du projet sont synthétisées ci-dessous :

Le premier point d'attention intervient lors de la **réalisation de la fiche de saisine ou au plus tard de la fiche d'identification**, et correspond à la première vérification du projet au regard de la liste d'exclusion des activités de l'AFD. A ce titre, ne peuvent être instruits et financés les projets provoquant une perte nette de biodiversité au sein d'habitats critiques, tels que définis au sein de la liste d'exclusion (voir [Appendice 1](#)).

Lors du comité d'identification, il est impératif de **veiller à l'absence de perte nette de biodiversité** (séquence Eviter-Réduire-Compenser, ou ERC, à maîtriser via l'étude d'impact) et à la connaissance des enjeux liés à la biodiversité au regard de la nature du projet et du territoire concerné (diagnostics existants ou à prévoir). Ces enjeux peuvent être analysés à **l'échelle de l'ensemble du territoire urbain par des indicateurs appropriés**, afin de permettre l'adéquation entre le contexte urbain et les objectifs visés par le projet en terme de biodiversité.

Lors de l'étude de faisabilité, il peut être opportun d'intégrer dans les Termes de Référence (TdR) un certain nombre d'éléments et d'outils permettant une meilleure prise en compte de la biodiversité et/ou de les intégrer à l'analyse de l'état initial de l'**Etude d'Impact Environnemental et Social** (EIES) qui aura été amorcée dès la faisabilité. Afin de développer des pratiques favorables à la biodiversité, **un diagnostic écologique** peut être réalisé, en parallèle d'enquêtes sur les interactions entre biodiversité et les populations présentes, ainsi que les différents modes d'appropriation ou de conflit existants (par les communautés autochtones, les femmes, etc). A cette étape, les opportunités de valorisation de la biodiversité pourront émerger et la programmation des investissements matérialiser le niveau d'ambition souhaité.

L'étude du design du projet représente l'étape adéquate pour ouvrir ou approfondir le dialogue avec la maîtrise d'ouvrage (MOA) sur les usages des milieux et ressources naturels présents, l'introduction de nouveaux espaces de biodiversité, ou encore la mise en œuvre de SfN en alternatives au génie civil si cela s'avère pertinent. Par ailleurs, le design du projet peut **intégrer des logiques de déconstruction et de désimperméabilisation des sols** afin de recréer des espaces naturalisés et infiltrants. Pour ce faire, il peut être nécessaire de mobiliser la dimension culturelle liée à la nature et à la biodiversité, d'identifier les besoins de résilience des villes aux catastrophes naturelles ou au changement climatique, ou de mettre en avant les bénéfices économiques et pour la santé de tels aménagements. Cette étape doit également permettre d'**anticiper les coûts de gestion et modes d'entretien** à prévoir qui doivent être bien identifiés et assumés par le MOA et son éventuel gestionnaire.

Lors de la réalisation de l'EIES complète (l'analyse faune-flore de l'état initial et l'analyse des variantes de projet à faire si possible en amont, pour alimenter l'étude de faisabilité et le design du projet), la **définition de mesures d'évitement ou de réduction des impacts** et à défaut, la **compensation des impacts éventuels** (budget assuré, site identifié, MOA compétente et expérimentée) doivent être clairement exposés (EIES obligatoire pour les projets classés A ou B+ et à minima Notice d'impact). Cette dernière, ainsi que l'étude écologique réalisée dans le cadre de la faisabilité, peuvent définir des préconisations : i.e. la mobilisation de ressources génétiques locales, la diversification des espèces et des strates végétales, etc. Les bases de données en ligne relatives à la biodiversité sont utiles pour identifier les espèces adaptées au contexte local.

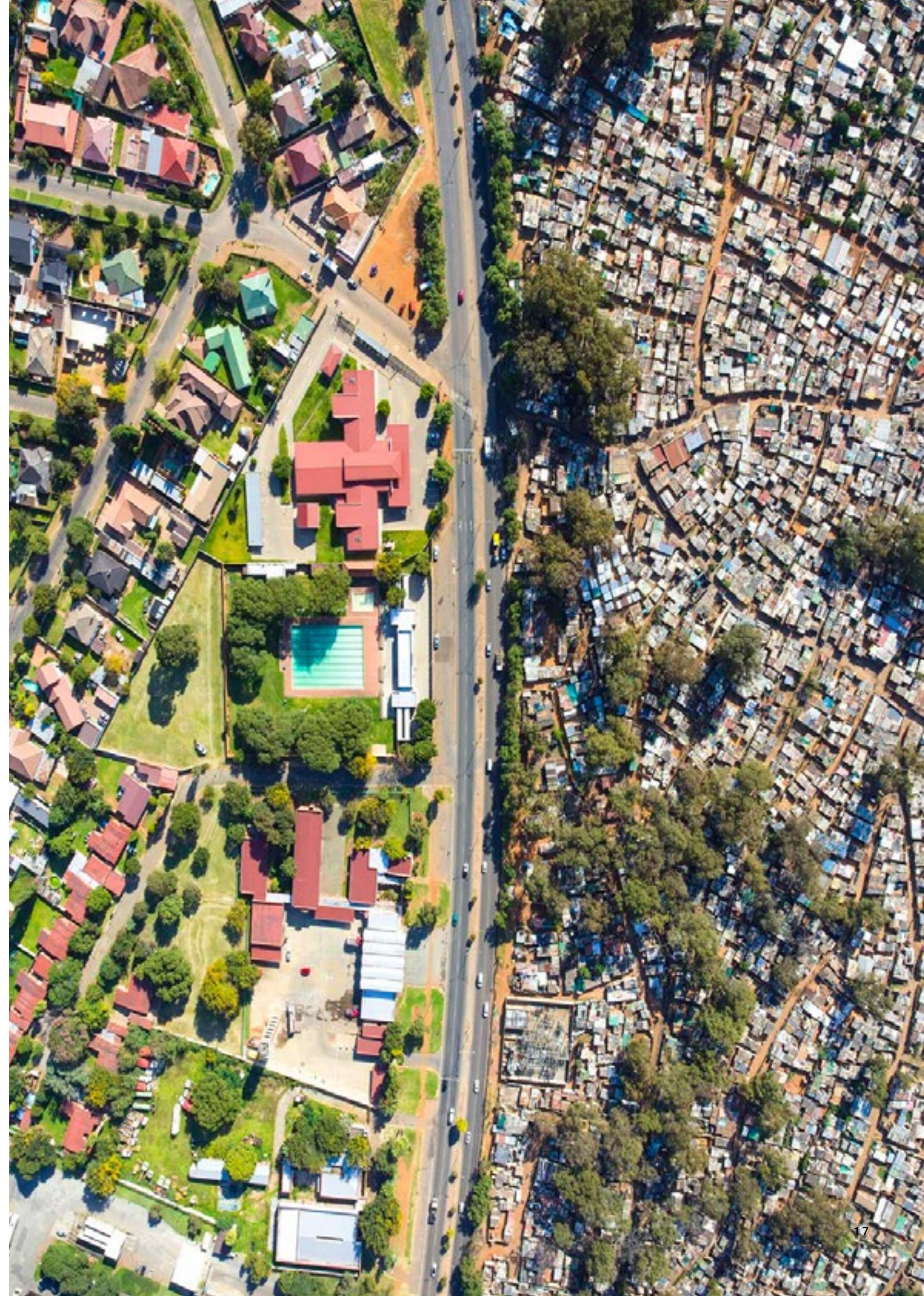
La **phase de passation des marchés d'études d'exécution et de travaux** nécessite l'identification et la gestion des risques fonctionnels (relatifs à la mise en place, à la gestion et au fonctionnement du chantier), regroupant principalement la destruction d'habitats et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes. Cette phase peut être l'occasion de sensibiliser les acteurs du chantier, ainsi que de créer des zones de biodiversité temporaire, tout en s'appuyant sur des acteurs identifiés et définis (chefs de chantiers volontaires, etc.).

Enfin, le **suivi du projet en exécution**, puis au-delà dans sa phase d'exploitation par le MOA, nécessite la **définition d'indicateurs** relatifs à la biodiversité ou au milieu mesurables dans la durée et pertinents au regard de l'état initial du site (avant le projet) et des objectifs d'évolution espérés (avec le projet). Le **suivi effectif de ces indicateurs** permet la valorisation du projet, et l'identification de ses réussites, de ses limites et potentiellement d'effets inattendus, positifs comme négatifs. Cette évaluation peut être accompagnée par des campagnes de sensibilisation à destination des parties prenantes, ainsi que la formation d'un réseau de connaissances autour de la biodiversité.

Dès les phase d'analyse du territoire et de programmation du projet, la **participation citoyenne** continue peut être un levier pour assurer le bon niveau d'appropriation et de mobilisation des riverains ou des groupes de population porteurs dans la gestion et la préservation des espaces de biodiversité créés ou restaurés, voir dans le suivi des indicateurs relatifs à ces espaces.

Typologies de présence du végétal en ville, suivant les formes urbaines et inégalités socio-économiques.

© World Bank, Johannesburg, Afrique du Sud.

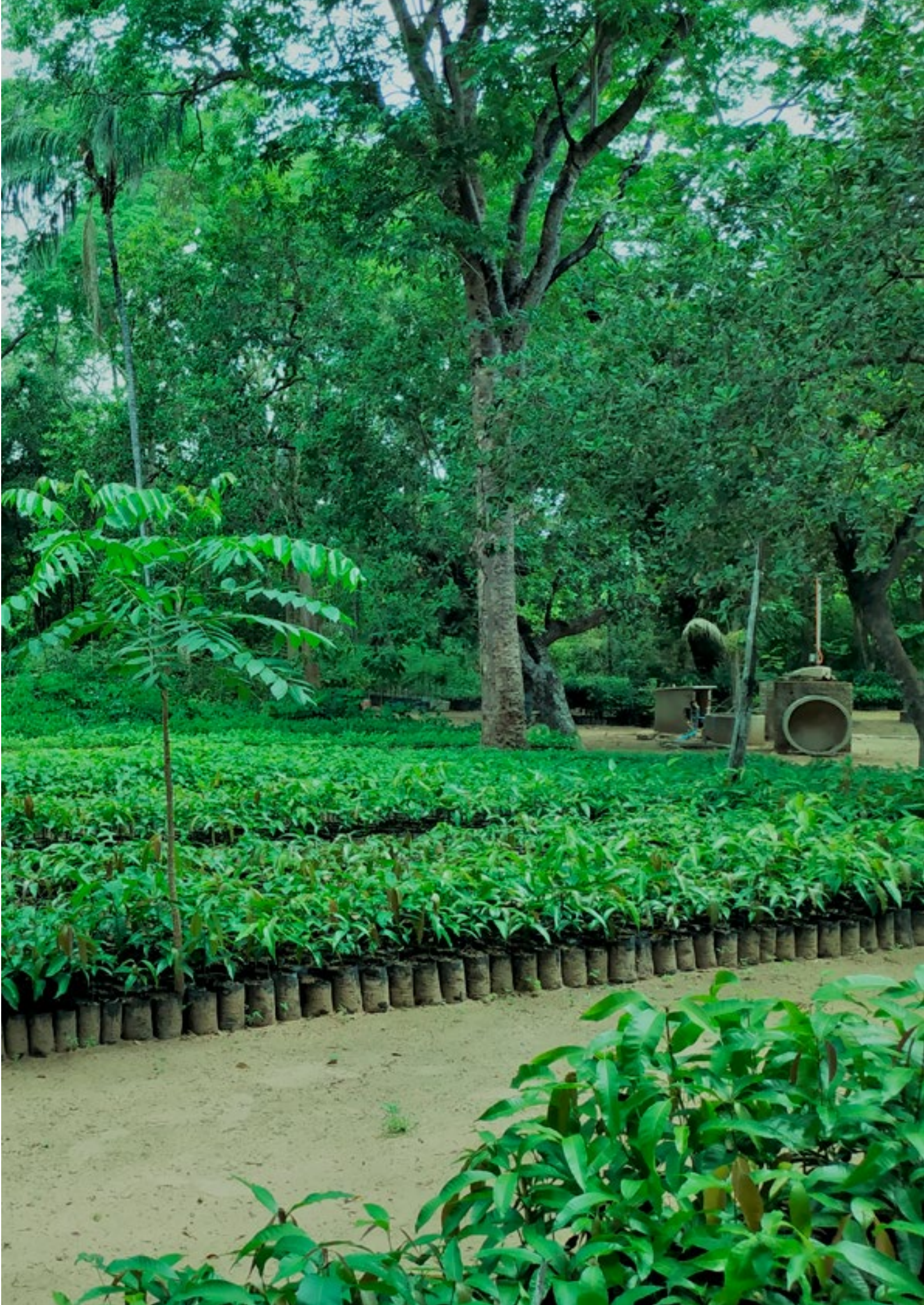


Par ailleurs, les territoires des projets regroupent un ensemble de contraintes physiques (ressource en eau, nature et occupation du sol, topographie, etc.) et de contraintes et attentes programmatiques (pression foncière, besoin de logements, de services, etc.) qu'il est nécessaire d'identifier afin de pouvoir s'adapter au contexte local et aux besoins des populations.

Tableau de correspondance entre projets et contraintes associées

Contraintes	Besoins et niveaux de contrainte		
	FORT	MOYEN	FAIBLE
RESSOURCE EN EAU	Parcs (gestion classique) • Terrains sportifs • Agriculture urbaine hors et plein sol • Mares et zones humides • Toits végétalisés intensifs • Murs végétalisés • Lagunes de dépollution	Parcs (gestion différenciée) • Haies • Cimetières • Arbres (linéaires ou isolés) • Toits végétalisés semi-intensifs • Façades végétalisés	Forêts • Noues • Toits végétalisés extensifs
EMPRISE AU SOL	Forêts • Parcs • Terrains sportifs • Cimetières • Agriculture urbaine plein sol • Zones humides larges • Lagunes de dépollution	Noues • Haies • Agriculture urbaine hors sol • Arbres (linéaires ou isolés) • Mares	Toits végétalisés (tous types) • Murs et façades végétalisés
COÛTS D'INVESTISSEMENT	Terrains sportifs • Agriculture urbaine sous serres permanentes • Toits végétalisés intensifs et semi-intensifs • Murs végétalisés	Noues • Cimetières • Agriculture urbaine hors sol • Arbres (linéaires ou isolés) • Zones humides larges • Toits végétalisés extensifs	Haies • Façades végétalisés • Agriculture urbaine plein sol • Forêts • Lagunes de dépollution • Mares
ENTRETIEN ET INTRANTS	Parcs (gestion classique) • Terrains sportifs • Cimetière (gestion classique) • Agriculture urbaine hors et plein sol • Murs végétalisés	Forêts • Parcs (gestion différenciée) • Noues • Haies • Cimetière (gestion différenciée) • Arbres (linéaires ou isolés) • Mares et zones humides • Toits végétalisés intensifs • Façades végétalisées • Lagunes de dépollution	Toits végétalisés semi-intensifs et extensifs
FRAGILITÉ FACE À LA FRÉQUENTATION ANTHROPIQUE	Agriculture urbaine plein sol • Mares et zones humides	Forêts • Agriculture urbaine hors sol • Lagunes de dépollution	Noues • Haies • Parcs • Terrains sportifs • Cimetières • Arbres (linéaires ou isolés) • Toits végétalisés intensifs voire semi-intensifs • Murs et façades végétalisés

Pépinière municipale installée dans le parc botanique de Teresina au Brésil. Importance de la disponibilité de végétaux locaux à anticiper dès la conception des projets.
© Aurélie Ghueldre, Teresina, Brésil, 2020.



1.3. Protéger et promouvoir la biodiversité à l'échelle des territoires

1.3.1. A l'échelle du territoire urbain : favoriser la cohérence et la continuité des écosystèmes

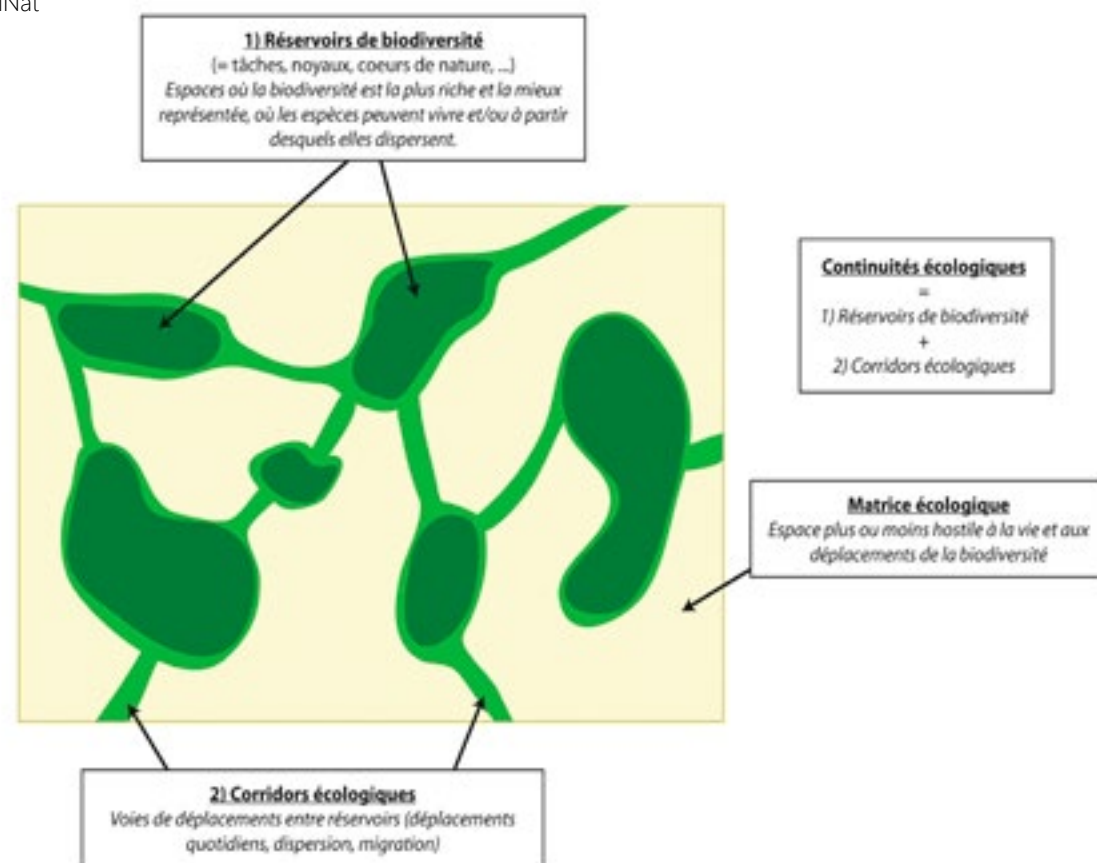
La connexion des milieux favorables à la biodiversité est fondamentale pour les espèces. En effet, **le brassage génétique, c'est-à-dire le mélange des pools de gènes lors de la reproduction, entretient la diversité des populations.** De même, les espèces animales nécessitent des espaces connectifs afin de pouvoir **se déplacer entre les milieux** dans lesquels ils réalisent les différentes étapes de leurs cycles de vie. L'isolement de la faune et de la flore dans des parcelles restreintes conduit à une uniformisation des gènes disponibles, et diminue de ce fait **la résilience des populations face aux perturbations.** Les concepts de Trames Vertes et Bleues (TVB) intègrent cette nécessité de connectivité, avec **la distinction entre réservoirs de biodiversité (formés par les habitats) et corridors écologiques (permettant la connectivité).** Les éléments hors trames peuvent jouer le rôle de zones d'extension sous la forme d'habitats secondaires, offrant des fonctions de refuge, de nutrition ou d'élevage juvénile.

FICHE MÉTHODE

■ Du territoire à la ville : connecter les écosystèmes

Schéma explicatif des corridors et des réservoirs de biodiversité formant les continuités écologiques

© UMS PatriNat

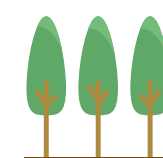


Du territoire à la ville : connecter les écosystèmes

Alors que la connexion des milieux et des habitats est nécessaire pour que les espèces réalisent leurs cycles de vie (alimentation, reproduction, habitation, etc.), le milieu urbain tend à enclotter les habitats. Permettre **la perméabilité de la ville aux déplacements** de la faune, **la colonisation des espaces de nature** intra-urbains et **le désenclavement des populations relictuelles** présentes dans les espaces naturels sont des objectifs primordiaux. L'enjeu repose sur le rétablissement ou le maintien de la connectivité entre les réservoirs de biodiversité urbains ainsi que les espaces écologiques péri-urbains et ruraux.

Penser en terme de connectivité : les trames urbaines

Les trames représentent un réseau fonctionnel constitué de noyaux d'habitats (ou patch) et de corridors écologiques, formant des continuités végétales (trames vertes) et hydriques (trames bleues). Tandis que la loi Grenelle du 12 juillet 2010 les définit par leur nature d'infrastructure verte, la Commission européenne adopte une vision plus fonctionnelle et les caractérise comme "un réseau constitué de zones naturelles et semi naturelles et d'autres éléments environnementaux faisant l'objet d'une planification stratégique, conçu et géré aux fins de la production d'une large gamme de services écosystémiques". Il est possible d'étendre la définition des trames à d'autres continuités écologiques en reprenant cette vision fonctionnelle.



Trames vertes

Assurer les continuités écologiques par des corridors pour permettre à la faune et à la flore de se nourrir, se loger et se reproduire (brassage génétique).



Trames bleues

Maintien des réseaux écologiques et écopaysagers, constitués par les cours d'eau et les zones humides adjacentes dépendantes.



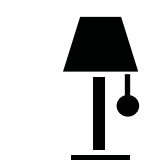
Trames brunes

Support des sols dans ses rôles de pourvoyeurs de biomasse, de filtrage et régulation des eaux.



Trames grises

Bonne qualité de l'air pour limiter les impacts négatifs sur la nature et l'humain (pollutions atmosphériques, cancers, allergies respiratoires).



Trames noires

Adaptation de l'éclairage pour en limiter l'impact sur la nature, sans entraves à la sécurité et au confort des activités urbaines.

Assurer la cohérence du réseau

Les espèces nécessitent des ressources réparties dans différents habitats pour réaliser leurs cycles de vie. Situés à proximité les uns des autres, des milieux peuvent être complémentaires et offrir des ressources différentes, substituables ou non, qui répondent aux divers besoins des espèces.

Comment organiser ces trames ?

La connectivité s'applique selon **trois grandes échelles**, chacune devant être en continuité avec les autres :

- l'agglomération urbaine, connectée avec les milieux ruraux et péri-urbains alentours ;
- le quartier, connecté aux trames des autres quartiers et/ou des zones péri-urbaines et rurales ;
- le projet, relié aux corridors écologiques présents localement ou qui en assure le rôle.

Sur quoi s'appuient ces trames ?

Ces trames ont vocation à **s'inscrire dans le paysage urbain**, en révélant les spécificités du territoire et en valorisant le patrimoine bâti et non bâti. Elles intègrent également une gestion des risques, à la fois locale et globale (glissement de terrain, inondations, etc.), les attentes sociales et la variété des relations possibles vis-à-vis de ces espaces.

Quels risques anticiper et éviter lors de la création d'infrastructures vertes ?

- **Morcellement des parcelles ou de leur statut** : biais à la mobilisation d'espaces clés et réduction de leur rôle dans les continuités écologiques.
- Utilisation de ces infrastructures comme **support à l'étalement urbain** ou, au contraire, **non prise en compte des usages anthropiques** dans leur conception.
- **Forte revalorisation du foncier alentour** : gentrification et éviction de groupes socio-économiques.
- **Restriction de ces trames à leur valeur exclusivement sociale** (succession de parcs publics) ou **écologique** (maillage de corridors inaccessibles).

1.3.2 A l'échelle de la ville et des quartiers : planifier et intégrer la biodiversité en milieu urbain

La création d'habitats est la pierre angulaire de l'aménagement urbain pour la biodiversité. La Banque mondiale définit les habitats par des unités géographiques terrestres, dulcicole (d'eau douce) ou marine, ou une voie aérienne, qui soutient des assemblages d'organismes vivants et leur interaction avec l'environnement non vivant⁵. Les espèces végétales et animales ont en effet besoin d'espaces non artificialisés pour avoir accès à des ressources hydriques et des nutriments afin de réaliser leurs cycles de vie. Si certaines infrastructures artificielles peuvent offrir des milieux propices au développement (agriculture urbaine hors-sol, hôtel à insectes, etc.), **les écosystèmes végétaux de pleine terre offrent de nombreux services écosystémiques et de nombreuses zones de refuges pour la faune.**

FICHE MÉTHODE

- Créer et structurer des habitats pour la biodiversité urbaine

*Cohabitation d'habitat peri-urbain et de rizières sur le plateau de Ha Ginag, classé Geopark depuis 2010 par l'UNESCO.
© Antoine Mougenot, Ha Giang Geopark, Vietnam, 2019.*



Créer et structurer des habitats pour la biodiversité urbaine

Transformer l'espace urbain en habitat pour la biodiversité

Quel espace est nécessaire à la biodiversité ?

On estime qu'**en dessous de 10 % de végétalisation dans une ville, la diversité spécifique est gravement menacée**. Des parcelles de 50 hectares ou plus seraient nécessaires afin de préserver les espèces les plus sensibles au développement urbain.

Si l'on inclut parmi ces espèces sensibles les habitants des villes eux-mêmes, il est intéressant de noter que l'OMS recommande la proximité, pour tout habitant, d'**un espace vert de surface minimale de 0,5 ha à moins de 5 minutes de marche** (soit 300 à 500m). La réhabilitation de certains espaces autrefois inaccessibles peut représenter une opportunité pour la biodiversité.

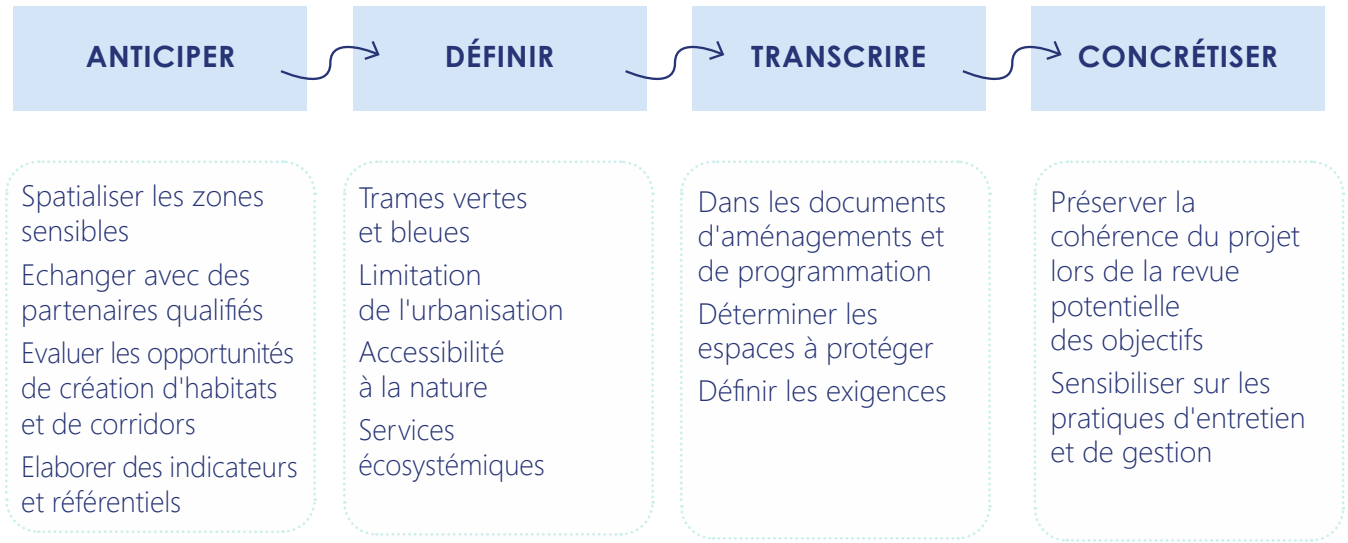
Sous quelle forme introduire la végétalisation en ville ?

Que ce soit dans des parcs ou sur des espaces linéaires végétalisés, il est important de structurer la biodiversité végétale spatialement, temporellement et fonctionnellement.

Structuration spatiale : verticale (strates herbacées, arbustives et arborescentes, du buisson à la liane) et horizontale (importance des lisières entre les différentes strates pour permettre la connectivité).

Adopter un plan d'action

A chaque étape du plan d'action, il convient d'**intégrer la biodiversité comme élément constituant et non comme contrainte** !



Structuration temporelle : en présence de saisonnalité, privilégier l'étalement de la floraison/fructification toute l'année par un choix varié d'essences et diversifier les classes d'âge d'arbres.

Structuration fonctionnelle : espaces d'accueil, de rencontre ou de refuge, choix de palette végétale pour optimiser l'intérêt pour la faune (mellifères, etc.), permettre l'émergence des fonctions écologiques du territoire et la diversité des réponses fonctionnelles (régulation des ravageurs, pollinisation, dispersion, etc.).

Comment optimiser les fonctions rendues par les habitats ?

Il est important de **complexifier la structure des espaces et des habitats**, afin de s'adapter au changement climatique et de pouvoir atteindre **une mosaïque complexe et optimale de plusieurs micro-écosystèmes**, répondant à une multitude de besoins biologiques. La qualité et la diversité des espaces végétalisés sont plus déterminantes que celles des habitats environnants dans la présence urbaine des espèces, notamment aviaires.

LE SAVIEZ-VOUS ?

En France, les municipalités allouent en moyenne **4 à 5 %** de leur budget aux espaces verts, et **6 à 8 %** aux services communs et à la gestion de l'eau (fonctionnement et investissement). **95 %** de ces dépenses sont assurées par les budgets municipaux.

Financer les habitats pour la biodiversité

- Profiter des coûts évités grâce aux infrastructures vertes et aux Sfn.
- Inscrire les projets dans le moyen à long terme afin d'optimiser leurs fonctions écologiques et leur rôle de régulateurs environnementaux.
- Diversifier les sources de financement dans un contexte de finances publiques dégradé, tout en répartissant ex ante les responsabilités de chaque partie prenante.
- Développer des montages et activités permettant de générer un revenu afin de réduire les frais de gestion (écotourisme, agriculture urbaine, incitations administratives, réglementations, etc.).

■ Voir [Fiche outil Proposer des Solutions Fondées sur la Nature dans les projets urbains](#)

Approfondir

- ▶ Ligue de protection des oiseaux (LPO), "Fiche 13 : Stratification végétale", Guide Technique Biodiversité & Paysage urbain, Programme U2B (Urbanisme, Bâti, Biodiversité), 2016.
- ▶ Baseflore, base de données sur les mauvaises herbes des cultures en milieu tropical.
- ▶ Norpac (filiale Bouygues Construction), "Fiche technique : les corridors du quartier", Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP), en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011.

Créer un écosystème végétal

Comment planifier la végétalisation ?

- Adapter la flore au climat, au sol et à l'exposition du territoire concerné;
- Éviter l'homogénéisation des espèces plantées (10 % maximum d'essences de la même espèce dans une ville afin d'éviter les risques d'épidémie);
- Faire accepter culturellement la présence de végétation spontanée, adaptée et gratuite, dont la complémentarité avec la végétation plantée permet de réduire le risque d'infection parasitaire (voir [Annexe Méthode n° 1](#)).

Comment organiser la végétalisation ?

- Usage raisonné des espèces horticoles, moins attractives pour la faune car sélectionnées pour leur esthétique, donc produisant moins de nectar et pollen;
- Réduire les risques de pollution génétique en limitant les prairies fleuries, attractives pour les abeilles domestiques mais peu pour les autres pollinisateurs, ainsi que les espèces importées.

Comment choisir la végétation pour créer et entretenir un patrimoine local ?

- Identifier les pépiniéristes disposant d'essences autochtones et utiliser les filières locales.
- Utiliser des espèces locales
 - i) connues et adaptées nutritivement à la faune locale,
 - ii) diminuant les risques de pollution génétique, iii) limitant l'introduction d'espèces invasives.
- Inclure des variétés anciennes, plus résistantes aux aléas climatiques.
- Inciter à la conservation de la faune et la flore urbaine et péri-urbaine.
- Préférer les arbustes ou plantes vivaces pour les massifs de petites tailles, et les plantes couvre-sol ou les herbacées pour les massifs étendus.

1 espèce végétale introduite sur 100 est invasive

Définitions

- Herbacée** : toute plante vivace, annuelle ou bisannuelle ne possédant pas de tige rigide.
- Mellifère** : plante produisant de bonnes quantités et qualités de nectar et de pollen, accessibles par les abeilles.

1.4. Répondre aux besoins humains par la biodiversité

La Stratégie Villes Durables de l'AFD définit **trois objectifs** (Focus VIL 2018-2021) : l'amélioration de la qualité de vie des citoyens, la promotion du développement durable des territoires et le renforcement des acteurs locaux en charge de la ville. Les projets urbains menés par l'AFD permettent ainsi de développer des infrastructures **aux bénéfices socio-économiques et socio-écologiques pour les populations locales**. L'intégration de la biodiversité répond à ces objectifs premiers et amplifie les bénéfices obtenus. Pour cela, l'identification des potentialités écologiques du territoire assure la cohérence entre les ambitions et les actions réalisables.

1.4.1 Les services écosystémiques rendus par la nature

La nature en ville procure de **nombreux services écosystémiques**, ayant traits notamment à la protection des sols, à l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau, à l'adaptation et l'atténuation au changement climatique.

Le Millenium Ecosystem Assessment⁶ les classe en quatre catégories :

- les **services d'approvisionnement**, à l'origine de la production de l'ensemble des ressources naturelles utiles à l'être humain ;
- les **services de régulation**, permettant la stabilisation du climat par les écosystèmes et assurant la qualité des ressources naturelles ;
- les **services culturels**, apports spirituels, éducatifs et religieux à l'identité et au bien-être humains ;
- les **services support** (ou fonctions), nécessaires à la production des autres services par leurs contributions aux cycles et aux flux biogéochimiques.

Schéma explicatif du concept de Solutions fondées sur la Nature, ou Nature-based Solutions
© IUCN



1.4.2 Les solutions fondées sur la nature

Les Solutions fondées sur la Nature (SfN) offrent **une alternative à l'ingénierie civile traditionnelle** en profitant de ces services. Elles sont définies par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) comme "les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité".

Par leur multifonctionnalité et leur adaptabilité aux évolutions de l'environnement dans lesquels elles s'inscrivent, elles présentent un net avantage sur les solutions dites "grises". Les SfN s'intègrent de plus dans les logiques de rentabilité économique : **si leurs coûts de mise en place sont comparables, voire supérieures, aux infrastructures classiques, leurs meilleures durées de vie et leurs coûts d'entretien minimes permettent souvent de générer des économies à long terme.**

LE SAVIEZ-VOUS ?

A New-York, la **réhabilitation des zones humides** destinée à permettre l'épuration des eaux a coûté **1,5 Mds\$**, contre près de **5 Mds** prévus pour l'**installation d'une usine d'épuration**.

Elles offrent également **des perspectives d'évitement de certains coûts**, liés par exemple aux dimensionnement de réseaux d'assainissement, du fait de leur action en amont (réduction du ruissellement, etc.). Les SfN sont souvent difficiles à mettre en place du fait de la faible demande, du manque de connaissances techniques sur leur mise en œuvre, et de la nécessité du délai pour voir apparaître les bénéfices variés qui font leur intérêt.

Dans ce contexte, il paraît essentiel que l'approche choisie soit en mesure de **traduire la capacité des SfN à maintenir ou recréer des fonctions écologiques et à fournir des services écosystémiques associés**. Les dispositifs de SfN qui impliquent des approches plus systémiques pouvant **mobiliser des emprises publiques** (espace public) **comme privées** (parcelles privées), requièrent parfois la **mise en place de réglementations ou de partenariats public-privé**.

FICHE OUTIL

- Proposer des solutions fondées sur la nature dans les projets urbains

Proposer des solutions fondées sur la nature dans les projets urbains

Les SfN représentent **des alternatives aux solutions technologiques ou économiques conventionnelles**, en se basant sur les sciences écologiques. Si, initialement elles désignaient les systèmes de drainage urbain végétalisés (ou "gestion alternative des eaux pluviales"), elles regroupent aujourd'hui "les actions visant à [...] relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité" (UICN).

Typologies de SfN

On peut distinguer plusieurs typologies de SfN, basés sur différents concepts :

- **Restauration écologique** : rétablissement d'un écosystème dégradé, endommagé ou détruit, afin de lui rendre la capacité à fournir un service écosystémique.
Exemple : restauration d'un cours d'eau pour lui rendre sa capacité de filtration de la pollution aquatique et d'habitat.
- **Gestion écologique** : utilisation de services écosystémiques rendus par le vivant (matériaux naturels, organismes, etc.) pour entretenir un écosystème.
Exemple : utilisation de l'éco-pastoralisme pour entretenir les parcs publics, gestion différenciée sans produits phytosanitaires
- **Infrastructures vertes** : réseau constitué de zones naturelles ou semi-naturelles conçu stratégiquement lors de l'aménagement urbain.
Exemple : trames vertes et bleues, connectant les espaces verts et humides.
- **Adaptation et atténuation fondée sur les écosystèmes** : utilisation des services écosystémiques dans le cadre d'une stratégie d'adaptation et d'atténuation au changement climatique, pour augmenter la résilience des écosystèmes et des personnes, à limiter les effets du changement climatique.
Exemple : élaboration d'un plan de résilience municipal, création d'îlots de fraîcheur et de ceintures vertes de stockage de CO₂

Stockage de carbone (CO ₂)		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Forêt	Ville	+++
Jardins privés et communautaires	Ville	+
Arbres d'alignement	Ville	++
Haies et friches	Ville	+
Parcs	Ville	++

Rétention des sols et lutte contre l'érosion		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Forêt	Parcelle	+++
Parcs	Parcelle	++
Jardins privés et communautaires	Parcelle	+

Rôle écologique et accueil de la biodiversité		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Parcs	Quartier	+++
Forêt urbaine	Quartier	+++
Haies et friches	Parcelle	+++
Jardins privés et communautaires	Parcelle	++
Arbres d'alignement	Rue	+
Noues et jardins de pluie	Rue	++

Amélioration de la qualité de l'air		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Arbres d'alignement	Rue	++
Parcs	Quartier	++
Forêt	Quartier/Ville	+++
Murs et façades végétalisés	Rue	++

Gestion des eaux pluviales (qualité et ruissellement)		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Noues et jardins de pluie	Parcelle/Rue	+++
Toitures végétalisées	Bâtiment	Neutre à ++
Arbres d'alignement	Rue	+
Parcs	Quartier	+++
Forêt	Quartier	+++
Jardins privés et communautaires	Parcelle	++
Zones humides	Parcelle	+++

Confort thermique et réduction des îlots de chaleur urbains		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Toitures végétalisées	Bâtiment	+ à ++ en fonction de l'épaisseur du substrat
Façades végétalisées	Bâtiment/Rue	++
Parcs urbains	Quartier	+++
Arbres d'alignement	Bâtiment	+
Arbres d'alignement	Rue	+
Noues et jardins de pluie	Rue	++
Toitures végétalisées	Parcelle	+

Valorisation du bâti		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Toits végétalisés	Parcelle	+
Murs et façades végétalisés	Parcelle	+
Parcs	Quartier	++

Santé physique et psychique		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Parcs	Quartier	+++
Forêt urbaine	Quartier	+++
Arbres d'alignement	Rue	+
Murs et façades végétalisés	Rue	+

Tourisme		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Forêt	Ville	++
Parcs urbains	Ville	+++

Réduction de l'intensité acoustique		
AMÉNAGEMENT	ECHELLE	IMPACT
Toitures végétalisées	Bâtiment	+
Murs et façades végétalisés	Rue	+
Haies et friches	Parcelle	+

Performance des SfN et coûts évités

Les SfN sont généralement conçues pour répondre à des fonctions essentielles en milieu urbain : **la réduction des îlots de chaleur, la gestion des eaux pluviales et la dépollution des sols et des eaux**. Elles permettent d'agir dans une logique préventive plutôt que curative, transversale plutôt que segmentée, notamment dans le cadre de la gestion de l'eau et de sa qualité (voir [Annexe Outils n° 1](#)). La démonstration de cette efficience (ratio efficacité/coût) s'appuie sur des méthodes (analyse coût-bénéfice ou coût-efficacité qui requièrent la définition précise des options disponibles pour remplir la fonction attendue), des objectifs visés et de la période d'étude temporelle.

Les analyses coûts-bénéfices plus détaillées seront données par typologie de projet dans les Fiches Techniques. L'analyse coût-efficacité est utile pour évaluer les éléments dont les avantages sont difficiles à quantifier en termes monétaires, tels que la santé, les systèmes d'eau douce, les phénomènes météorologiques extrêmes et les services fournis par la biodiversité et les écosystèmes.

Retombées socio-économiques

Les SfN contribuent aux Objectifs de développement Durables, définis par les Etats Membres des Nations Unies, en terme de diminution de la faim dans le monde, d'accès à l'eau propre, de durabilité des villes et des communautés, de lutte contre le changement climatique et de vie aquatique et terrestre (voir [Annexe Outils n° 2](#)). Mobilisant les techniques et savoir-faire d'ingénierie écologique adaptés à chaque territoire, **les emplois liés aux SfN sont généralement non délocalisables**. L'installation de SfN et l'aménagement participatif dans un éco quartier de Malmö ont ainsi permis de contribuer à la réduction du taux de chômage (voir [Annexe Outils n° 3](#)). L'approche par les retombées socioéconomiques permet de mesurer l'impact du développement de SfN sur l'économie du territoire. L'identification de la "demande" (innovation technologique, organisationnelle ou sociale) à laquelle répond le projet permet de déterminer les SfN qui seront les plus appropriées (voir [Annexe Outils n° 4](#)).

Services écosystémiques

Les services écosystémiques apportés par la nature sont nombreux et variés (voir [Annexe Outils n° 5](#)) et leur destruction s'avère très onéreuse. Il a été estimé par l'Economics of Land Degradation (ELD) Initiative, à l'échelle mondiale et sur la période de 1997 à 2011, que les coûts de la baisse de biodiversité en raison de la modification de l'occupation des sols d'une part, et de leurs dégradations d'autre part, ont causé la perte de services écosystémiques d'une valeur respective de 3 500 à 18 500 Mds€/an et de 5 500 à 10 500 Mds€/an⁷.

Mesurer la valeur des services

La valeur (d'usage direct, indirect, ou de non usage) des services écosystémiques peut-être mesurée selon des critères écologiques, socioculturels et monétaires. Les indicateurs correspondant représentent des éléments de discussion lors de la négociation avec les contreparties (voir [Annexe Outils n° 6](#))

- Les **critères écologiques** (naturalité, intégrité, fragilité) utilisent principalement des indicateurs énergétiques et naturalistes, représentant les flux du milieu et leur valeur.
- Les critères **socio-culturels** (valeur thérapeutique, d'agrément, de patrimoine) sont mesurés à partir d'enquêtes auprès des populations ou de l'analyse de l'histoire du territoire concerné, et de l'importance des dimensions spirituelle et religieuse par exemple.
- Les **critères économiques** regroupent les estimations de la valeur fixée par le marché de manière directe (prix, facteurs de production, etc.) et indirecte (coûts évités, coûts de remplacement ou de substitution, prix hédonistes). S'y ajoutent les méthodes d'enquête (estimation contingente ou de groupe) et la méthode de transposition des avantages.

L'évaluation monétaire doit rester un complément à l'estimation des valeurs écologiques, sociales et culturelles considérées dans le processus décisionnel et ne pas s'y substituer. La répartition des coûts et avantages nécessite une attention particulière : les acteurs qui bénéficient d'un service écosystémique ne sont pas forcément ceux qui en supportent le coût.

Approfondir

- ▶ BAIG Saima P. & al., *Coûts et avantages de l'adaptation fondée sur les écosystèmes : Le cas des Philippines*, UICN, Suisse, 2016.
- ▶ [Greentown](#), jeu de sensibilisation en ligne développé par ThinkNature qui démontre les avantages liés à l'utilisation des SfN dans un contexte urbain.
- ▶ [Climate-ADAPT](#), support à l'adaptation urbaine au changement climatique, partenariat entre la Commission européenne et l'Agence européenne de l'environnement.
- ▶ [I-Tree](#), outil de quantification des bénéfices liés à la foresterie urbaine et péri-urbaine.

1.4.3 Connaître et suivre le potentiel de biodiversité et de services écosystémiques

Chaque territoire possède son propre cadre socio-culturel, économique et écologique, qui conditionne et oriente l'aménagement urbain. L'utilisation d'outils, sous la forme d'indices et d'indicateurs, permet **d'identifier et de caractériser les potentialités du milieu pour la biodiversité**. De plus, les indicateurs permettent de **définir les objectifs en termes de biodiversité et de services rendus** par celle-ci pour la population, donc **d'identifier les solutions de génie écologique les plus adaptées**. Enfin, ils interviennent dans le cadre de l'étude d'impact en amont du projet et de son suivi, en aval.

La caractérisation de l'état de la biodiversité à l'échelle de la ville fixe des objectifs écologiques pertinents à l'échelle du projet. Cette première approche nécessite **la mise en œuvre d'outils d'évaluation environnementale**, qualifiant ainsi l'éco-potentialité de la ville. Cette notion caractérise le degré potentiel ou probable de biodiversité d'un territoire, le potentiel d'expression de cette biodiversité et la valeur du territoire au regard de l'écologie du paysage. L'utilisation d'indices, notamment de l'indice de Singapour, rend compte de la diversité biologique, ensemble vaste et en grande partie inconnu, à partir d'un nombre limité d'entités facilement observables.

Une fois le projet réalisé, du fait du caractère dynamique des processus de dégradation ou d'augmentation de la biodiversité, l'intensité des effets du projet sur les réservoirs de biodiversité est souvent difficile à anticiper. Si le projet peut avoir un impact négatif sur la biodiversité du territoire, il peut aussi créer des conditions favorables à l'installation d'espèces animales et végétales. Il est donc nécessaire de mettre en place des processus de suivi, basés sur des grilles d'indicateurs adaptés au projet et au contexte local, afin de pouvoir détecter les variations de la qualité environnementale du projet et de suivre les populations locales. Ce suivi permet par ailleurs de valoriser le projet au regard de la grille de comptabilisation Biodiversité, ainsi que de la comptabilisation Climat au titre des co-bénéfices Climat-Biodiversité.

FICHE OUTIL

- Les indicateurs de biodiversité des territoires et des projets urbains

*Espaces verts fragmentés et lac d'Anosy depuis la ville haute d'Antananarivo.
© AFD, Cyril le Tourneur d'Ison, Madagascar.*



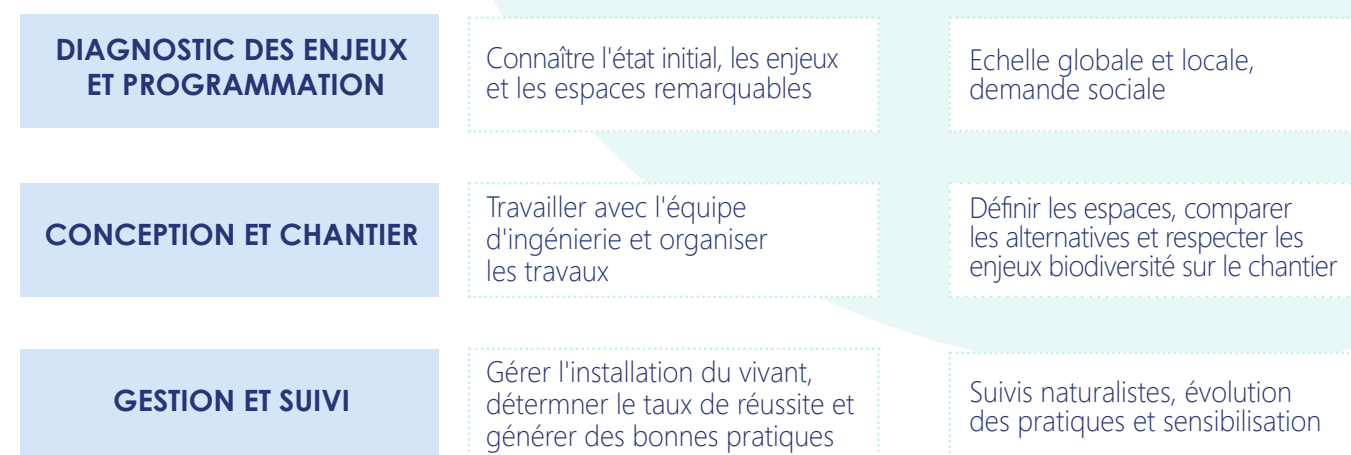
Les indicateurs de biodiversité des territoires et des projets urbains

Un indicateur de biodiversité est une donnée, généralement quantitative, qui peut être utilisée pour illustrer et faire connaître de façon simple des phénomènes complexes, relatifs à la biodiversité, y compris des tendances et des progrès dans le temps⁸. La biodiversité ne peut être réduite à une liste d'espèces, et les indicateurs dépendent des données disponibles ainsi que des moyens déployés. Pour compenser ces limites, il est possible d'utiliser un jeu cohérent d'indicateurs ou des indicateurs composites associant données qualitatives et quantitatives, tout en évitant la saturation informationnelle due des indicateurs trop nombreux.

En matière de biodiversité, un cadre de réflexion et d'analyse généralement utilisé est celui des Forces motrices-Pressions-Etat-Impacts-Réponses (DPSIR). Dans ce modèle, des Forces motrices (D) induisent des Pressions (P) sur l'environnement, dégradant ainsi son Etat (E) et ayant des Impacts (I) sur la société (notamment sur les services rendus par les écosystèmes), la conduisant à formuler et mettre en œuvre des Réponses (R) pouvant s'adresser à n'importe quelle autre partie du système. Les indicateurs peuvent être appliqués à chacune de ces étapes de mesure afin d'établir un diagnostic sur les pratiques de gestion de la biodiversité par les contreparties (voir [Annexe Outils n° 7](#)).

Enjeux et objectifs relatifs à l'utilisation d'indicateurs au cours des différentes étapes du projet

© D'après *La nature comme élément du projet d'aménagement urbain*, CEREMA, 2015.



Des indicateurs pour adapter le projet au territoire

En amont du projet : étudier l'état de la biodiversité et son potentiel sur le territoire

Les indicateurs peuvent tout d'abord être utilisés en amont du design et de la conception du projet, afin de fixer des objectifs adaptés au contexte territorial, relatifs à la biodiversité où aux services écosystémiques qu'elle rend. Le référentiel "ESGAP" (en cours de développement) inclut 22 indicateurs, et permet de cadrer les enjeux de connaissance de la biodiversité à l'échelle de pays. L'indice de Singapour (voir [Annexe Outils n° 8](#)) est ainsi un outil dimensionné pour l'échelle de la ville, qui fournit un état des lieux de la biodiversité urbaine incluant un profil urbain et 23 indicateurs mesurant la biodiversité native de la ville, les services écosystémiques et la gouvernance de la biodiversité. Cet indice, qui a vocation à être renouvelé à intervalles réguliers, peut aider les autorités locales à étalonner leurs efforts dans la conservation de la biodiversité

urbaine, à mettre en place des plans d'actions et des programmes de gestion de la biodiversité urbaine, à évaluer les résultats et à échanger avec les experts internationaux à partir d'un outil commun.

Comparer les alternatives au projet sur la base d'indicateurs pour la biodiversité

La capacité de la végétation urbaine à rendre des services écosystémiques peut être quantifiée avec un modèle simplifié qui inclut l'analyse de cinq principaux facteurs : la quantité de surfaces végétalisées publiques et privées, l'accessibilité des espaces verts, la capacité de régulation environnementale de la végétation, le maintien des équilibres écologiques et les aménagements fonctionnels et esthétiques.

Cette approche, développée par Plante&Cité, peut s'appliquer à l'échelle d'une parcelle déjà construite (logements ou bureaux), d'espaces paysagers (accessibles au publics), ou à l'échelle plus large du territoire, afin d'aider au diagnostic des différents projets d'aménagements. A chacune de ces échelles sont associés des indicateurs portant sur les cinq facteurs précédemment évoqués (voir [Annexe Outils n° 9](#)).

Des indicateurs de suivi du projet

La mise en place d'outils et d'indicateurs permettant un suivi de l'avancée (indicateurs de réalisation) et de la réussite effective du projet (indicateur d'impact), sont essentiels pour mesurer l'atteinte des objectifs visés. Idéalement, un outil de suivi efficace est simple et peu coûteux, reflète les différents objectifs du projet, est adaptable dans le temps, intègre un suivi des coûts des projets et comprend des mesures visant à solliciter les usagers de l'espace afin de récolter des données et renforcer l'acceptabilité du projet.

Les indicateurs de suivi de la diversité des espèces une fois le projet réalisé

Voir [Check list pour la planification d'un cycle de suivi de la biodiversité d'un projet en Annexe Outils n° 10](#).

Afin de déterminer l'influence réelle des aménagements végétaux du projet sur la biodiversité, les indicateurs s'attachent idéalement au suivi des espèces directement, plutôt qu'aux facteurs d'influence (connectivité, etc.). Ce type d'indicateurs doit alors rendre compte :

- de la richesse, c'est-à-dire du nombre d'entités différentes représentées,
- de l'égalité entre ces entités en termes de structuration des populations (nombre, présence de juvéniles, etc.),
- de la diversité, c'est-à-dire de la distance entre ces entités en termes évolutifs (distance phylogénétique) ou fonctionnels (rôle écologique).

Les indicateurs choisis peuvent alors étudier un paramètre unique ou être composite, renseigner sur la richesse spécifique (nombre d'espèces présentes par unité d'espace), l'abondance spécifique (nombre d'individus par unités d'espace), être pondérés (afin de donner plus de poids à une information, comme la rareté en termes de conservation ou l'importance fonctionnelle) ou non (voir [Annexe Outils n° 11](#)).

Définitions

Distance phylogénétique : proximité évolutive entre deux individus, taxons ou groupes.

Production primaire : vitesse à laquelle se synthétise au niveau de la biomasse une quantité donnée de matière organique à partir de matière minérale et d'un apport d'énergie.

Les indicateurs de la diversité fonctionnelle sont préférables, dans la mesure où ils reflètent la diversité des caractères morphologiques, physiologiques et écologiques au sein des communautés biologiques, ce qui explique mieux le fonctionnement des écosystèmes que les autres mesures classiques de la biodiversité (comme la diversité phylogénétique). Ces indicateurs peuvent être complétés par des outils basés sur l'analyse cartographique d'images satellitaires (couvert végétal, ICU, etc.).

Suivre les services rendus par la biodiversité

Post-projet, des indicateurs peuvent aussi être utilisés afin de mesurer et d'approximer les services écosystémiques rendus par la végétation en ville. Les échanges gazeux, à l'origine de la capacité des plantes à capter le CO₂ et à filtrer les polluants de l'air, peuvent ainsi être mesurés à partir du ratio densité de la végétation/biomasse ou de la production primaire (voir [Annexe Outils n° 12](#)).

Approfondir

- ▶ [Atlas de la Biodiversité Communale](#), outil promu en France et en Outre-Mer, pour sensibiliser et mobiliser les élus, les acteurs socio-économiques et les citoyens à la biodiversité.
- ▶ WERNER Florian et GALLO-ORSI Umberto, [Suivi de la biodiversité pour la gestion des ressources naturelles](#), Manuel d'initiation, 2018.
- ▶ [Calculateur Biodi\(V\)strict®](#), comparaison du potentiel écologique d'avant et après projet et identification des impacts sur la biodiversité.
- ▶ CLERGEAU Philippe, PROVENDIER Damien, Grille pour l'évaluation de la biodiversité dans les projets urbains, Plante&Cité/DHUP, 2017. Voir [Annexe Outils n° 13](#).

1.5. Evaluer et gérer les risques ou impacts négatifs d'un projet sur la biodiversité

Les impacts d'un projet peuvent se manifester dans des contextes variés pour la biodiversité (richesse des milieux en espèces protégées, aires migratoires importantes, etc.) et être d'intensités variables. Si le projet comporte des risques sur les habitats/ milieux critiques, le projet ne peut être instruit car exclu des activités de l'AFD (voir liste d'exclusion en [Appendice 1](#)). Dans le cas contraire, la qualification des risques s'effectue à partir de la classification E&S. La classification du projet A ou B+, va entraîner la réalisation d'une Etude d'Impact Environnementale et Sociale (EIES), qui évalue les impacts négatifs et les alternatives du projet, tout en proposant des mesures appropriées en termes d'évitement et, à défaut, de réduction et/ou de compensation. La classification B entraîne la réalisation d'une EIES restreinte, ou Notice d'impact, tandis que la classification C n'entraîne pas d'obligation de production d'EIES.

Pour chaque impact évalué, l'EIES va proposer des mesures compensatoires issues de la séquences Eviter-Réduire-Compenser (ERC). Inspirée du principe de précaution, cette approche hiérarchise les mesures d'atténuation et est mentionnée par la Norme Environnementale et Sociale n° 6 "Préservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles biologiques" de la Banque Mondiale, à laquelle se réfère l'AFD. L'évaluation des risques est suivie par la production d'un Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) qui détaille les mesures entreprises pour réduire ces risques, les manager et les suivre. Ces deux documents nécessitent la réalisation d'études bibliographiques et de terrain (inventaires faune-flore), dont la mise en œuvre peut être difficile dans des contextes où les expertises locales sont difficilement mobilisables. Par ailleurs, ces processus nécessitent le respect d'étapes clefs (inventaires sur site à chaque saison, etc.) afin de pouvoir mettre en exergue l'ensemble des impacts potentiels.

FICHE MÉTHODE

- La biodiversité dans l'évaluation et la gestion des impacts



Les impacts d'un projet sur la biodiversité peuvent être structurels, c'est à dire inhérents au design du projet. La création d'une infrastructure peut potentiellement affecter la connectivité des espaces (perturbations créées par l'éclairage public, bâtiments sur la trajectoire des espèces migratrices), peut imperméabiliser et polluer les sols, et peut faire apparaître dans le milieu des obstacles pour la faune (grandes surfaces vitrées, mobilier urbain qui piège la faune,...). De plus, le projet peut entraîner un usage non durable des ressources naturelles, impactant une espèce et se répercutant sur l'écosystème entier via le réseau trophique ou d'autres relations interspécifiques.

FICHE MÉTHODE

- Les risques pour la biodiversité urbaine

Les impacts d'un projet peuvent être fonctionnels, c'est-à-dire liés à la mise en place, l'exploitation et l'entretien du projet. Lors de la phase de chantier, les espèces présentes sur le site peuvent être piégées, leurs habitats peuvent être détruits, et le site peut être contaminé par des espèces exotiques, voire même invasives. Ces risques peuvent être anticipés et atténués par une réflexion en aval sur les pratiques du chantier et la prise en compte de la temporalité des cycles de vie de la biodiversité. Dans certains cas, le chantier peut même offrir l'opportunité de créer des espaces de biodiversité temporaire, et de sensibiliser les parties prenantes aux enjeux liés la biodiversité sur le site.

FICHE MÉTHODE

- Biodiversité et chantier

Si les impacts négatifs du projet sur la biodiversité ne peuvent être évités, et que leur minimisation provoque tout de même une perte nette de biodiversité, la séquence ERC requiert la mise en place de mesures de compensation, sur ou hors site. Ces mesures peuvent se traduire par l'amélioration écologique d'espaces dégradés afin de valoriser, protéger et conserver leur biodiversité. L'espace urbain possède souvent des zones au potentiel écologique dégradé du fait d'activités polluantes ainsi que des friches laissées à l'abandon. Ces espaces peuvent faire l'objet de revalorisation écologique ou de dépollution, pour les rendre attractifs pour la faune et la flore et peuvent ainsi être intégrés dans le projet en tant que mesure compensatoire.

FICHE MÉTHODE

- Restauration de milieu et compensation sur et hors site

La biodiversité dans l'évaluation et la gestion des impacts

L'Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) est un instrument pour identifier et quantifier les impacts (directs, indirects et cumulatifs) environnementaux et sociaux potentiels d'un projet, évaluer ses alternatives et proposer des mesures appropriées en termes d'atténuation, de management et de suivi. Le Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) détaille les mesures entreprises durant la phase opérationnelle pour éliminer ou réduire les effets négatifs environnementaux et les actions nécessaires pour entreprendre ces mesures.

Ces deux documents doivent également décrire le cadre légal d'intervention, dont la Réglementation nationale en termes d'environnement, les textes internationaux ratifiés, les Politiques et normes des bailleurs internationaux impliqués⁹. L'AFD se réfère aux Normes du Groupe Banque Mondiale et se dote sur le sujet de plusieurs outils pour encadrer la maîtrise des risques liés à la Biodiversité dans les projets : une Boîte à Outil "Biodiversité et services écosystémiques" développée par la division AES, une nouvelle Grille de notation développée par ADD, ou encore une réflexion sur des indicateurs nationaux portée par IRS.

La biodiversité dans l'EIES : les étapes clés

La réalisation de la collecte de donnée

Voir le management en [Annexe Méthode n° 2](#), la Checklist en [Annexe Méthode n° 3](#), un Q/A en [Annexe Méthode n° 4](#) et les ressources et bases de données en [Annexe Méthode n° 5](#).

- Périmètre d'étude du site (élargi avec aire d'influence du projet).
- Respect des exigences réglementaires en terme de méthodologie, de l'AFD et de la contrepartie.
- Revue de la littérature propre à la biodiversité de la région et du site.
- Rapport de terrain : description de la méthodologie, échelle temporelle, pertinence de la méthode d'échantillonnage.
- Rapport final : description des habitats et des services écosystémiques, quantification de l'abondance spécifique.
- Inclusion des parties prenantes (experts, associations, communautés, riverains).
- Suivi à long terme pour valider la pertinence des estimations et l'efficacité des plans de gestion (indicateurs existants, suivi complémentaire, etc.).
- Communication des résultats (conformité aux attentes, management conjoint des suites à donner, partage avec les parties prenantes).

L'analyse d'impact du projet sur la biodiversité

Voir Checklist en [Annexe Méthode n° 6](#).

- Analyse des alternatives au projet, à minima un scénario alternatif ou contrefactuel crédible, justifiant les raisons du choix du projet.
- Identification des impacts positifs et négatifs prévisibles (modification des habitats, mortalité de la faune, etc.).
- Caractérisation de chaque impact (direct, indirect ou cumulatifs, temporaire ou permanent, leur périmètre et intensité).
- Evaluation des conséquences et des risques liés au projet (vulnérabilité de la biodiversité, perte nette ou non de biodiversité, probabilité d'occurrence).

Définitions

Impacts directs : les conséquences immédiates d'un projet, dans l'espace et le temps, pouvant être structurels (emprise au sol, disparition d'espèces, atteintes au paysage) ou fonctionnels (liés à la mise en place, l'exploitation et l'entretien du projet : pollution de l'eau, déchets, flux de circulation modifiés...).

Impacts indirects : relation de cause à effet ayant à l'origine un effet direct, pouvant être en chaîne (propagation de l'impact à travers différents compartiments de l'environnement) ou induits.

Effets cumulatifs : le résultat du cumul et de l'interaction de plusieurs effets directs et indirects générés par le projet ou par plusieurs projets distincts.

Tous ces impacts peuvent être permanents ou temporaires !

La biodiversité dans le PGES

Les mesures d'atténuation des impacts :

la séquence **Eviter-Réduire-Compenser (ERC)**

Voir [Annexe Méthode n° 7](#) et Checklist en [Annexe Méthode n° 8](#).

ÉVITER L'IMPACT

- Par la sélection du site.
- Par le design de l'infrastructure.
- Par la prise en compte des logiques temporelles des espèces, avec évitement des périodes de vulnérabilité.

RÉDUIRE L'ÉTENDUE, L'INTENSITÉ ET LA DURÉE DES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ

- Voir Fiches Méthodes [Du diagnostic à la conception du projet et Biodiversité et chantier](#)

RESTAURER LES ÉCOSYSTÈMES AFIN DE VISER LA NON-ASSISTANCE À TERME

- Prise en compte de la topographie et l'hydrologie pour la restauration végétale.
- Utiliser les ressources génétiques présentes auparavant sur le site (banques de graine, etc.).
- Mettre en place des projets "Quick Wins", pour tester expérimentalement la réhabilitation du site.

COMPENSER LES IMPACTS RÉSIDUELS SUR SITE ET HORS SITE, AUSSI LONGTEMPS QUE NÉCESSAIRE

- Evitement de perte : mise en place de projets de conservation en cas de menace avérée pour la biodiversité, création de nouvelles aires protégées, sauvegarde ou support actif d'aires protégées en danger.
- Restauration : mise en place de projets de conservation qui visent à restaurer la biodiversité par l'amélioration ou la création active d'habitats

IDENTIFIER ET AGIR RAPIDEMENT SUR LES SITES SUR LESQUELS UNE PERTE TEMPORAIRE DE BIODIVERSITÉ N'EST PAS ENVISAGEABLE (Voir [Annexe Méthode n° 9](#))

- Voir Fiche Méthode [Restauration de milieu et compensation sur et hors site](#)

BON À SAVOIR

Le **principe Eviter-Réduire-Compenser** vise à éviter toute perte nette de biodiversité. Il repose sur **3 étapes consécutives**, par ordre de priorité :

- l'évitement des impacts en amont ;
- la réduction des impacts pendant ;
- la compensation des impacts résiduels (et préférentiellement un gain net).

Approfondir

- GULLISON Ted & al., [Good Practices for the Collection of Biodiversity Baseline Data](#), Multilateral Financing Institutions Biodiversity Working Group & Cross Sector Biodiversity Initiative, juillet 2015.
- HARDNER Jared & al., [Good Practices for Biodiversity Inclusive Impact Assessment and Management Planning](#), Multilateral Financing Institutions Biodiversity Working Group, juillet 2015.
- Bureau des affaires environnementales, climatiques et sociales, [Normes environnementales et sociales](#), "Chapitre 3 : Biodiversité et écosystèmes", Banque européenne d'investissement, Luxembourg, mai 2020, pp. 22-34.

Les risques pour la biodiversité urbaine

Certaines activités anthropiques, notamment en milieu urbain, présentent des risques bien connus pour la faune, la flore et les écosystèmes. Les stratégies d'évitement passent alors par l'identification en amont de ces risques et de leurs impacts afin d'intégrer des principes écologiques "préventifs" au design des projets. Il s'agit ici de caractériser ces facteurs de risques et les solutions techniques diminuant les impacts négatifs.

L'exemple des oiseaux migrateurs est ainsi probant : la plupart voyagent de nuit et se repèrent grâce aux étoiles. Attirés par les lumières, ils atterrissent de nuit dans un endroit qui ne leur est pas familier. A la levée du jour, ils ne distinguent pas les espaces vitrés et les percutent. Il existe un large panel de solutions permettant de réduire les sources de risques que sont, par exemples, la pollution lumineuse ou les surfaces vitrées.

Eclairage public

RISQUES POUR LA FAUNE ET LA FLORE

Dans un rayon de 700m environ, l'éclairage public constitue un attrait et un piège pour les oiseaux et les insectes (1 Md d'insectes morts par nuit en Allemagne).

Modification de la croissance des plantes et des rythmes biologiques organiques, ruptures de corridors écologiques.

ENJEUX

Economie d'énergie, sécurité des piétons, santé humaine (stress, repos, maladies liées à la mélatonine), sécurité routière (les conducteurs accélèrent sur les voiries sur-éclairées, générant plus d'accidentologie).

BONNES PRATIQUES (Voir [Annexe Méthode n° 10](#))

Création/préservation de zones à faible pollution lumineuse ("trames noires") :

- étude en amont des espèces affectées, définition des zones à éclairer et besoins d'éclairage ;
- adaptation des dispositifs, de la durée, de l'intensité et de l'orientation pour assurer le respect des exigences relatives à la sécurité, au confort humain et à la protection de la faune .

Définitions

Réseau trophique : ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la biomasse circulent.

Gestion intégrée : système global de gestion des ravageurs qui associe différentes formes de lutttes et de méthodes biologiques (introduction de prédateurs par exemple) ou chimiques, minimisant l'usage des pesticides de synthèse.

Incendies

RISQUES POUR LA FAUNE ET LA FLORE

A la frontière entre le milieu naturel et le milieu urbain, les incendies peuvent être source de mortalité végétale et de destruction d'habitats

ENJEUX

- Sécurité directe pour l'homme.
- Dégradation des milieux : assèchement des cours d'eau en saison sèche, appauvrissement des sols, accélération du processus de désertification, aggravation du ruissellement, augmentation de l'érosion des sols.

BONNES PRATIQUES

Politiques de gestion du risque à l'échelle de la ville, avec des points d'attentions particuliers sur les interfaces ville/forêt ou ville/espace péri-urbain, sur la circulation en zones boisées ou arbustives.

Pièges pour la faune

RISQUES POUR LA FAUNE ET LA FLORE

Pièges ou risques de collision avec des obstacles invisibles : fosses, trous et bassins à parois glissantes, clôtures hermétiques, barbelés ou câbles aériens.

ENJEUX

Sécurité sanitaire et protection des infrastructures.

BONNES PRATIQUES

Aménagements assurant des issues pour la faune (pentes et matériaux/végétation), haies/clôtures à claire voie ou mailles larges, enfouissement des câbles ou matérialisation par bandeaux colorés (Voir [Annexe Méthode n° 13](#)).

Surfaces vitrées

RISQUES POUR LA FAUNE

Collision avec les surfaces vitrées du fait de la transparence des vitrages et de leurs reflets (Voir [Annexe Méthode n° 11](#)).

ENJEUX

Eclairage naturel et économies d'énergies, intimité et confort des habitants, mise en valeur et usage des bâtiments.

BONNES PRATIQUES (Voir [Annexe Méthode n° 12](#))

Design visant à créer des jeux d'ombrage, effets translucides plutôt que transparents, matriçage, limiter la réflexion, matérialiser les angles...

Pollutions des sols

RISQUES POUR LA FAUNE ET LA FLORE

- Dégradation d'habitats, maladies, pollution atmosphérique et effets toxiques aigus sur les écosystèmes avec des déséquilibres brusques de ceux-ci (mortalité massives de végétaux).
- Diminution de la croissance des espèces végétales.

ENJEUX

- Santé humaine : consommation des produits végétaux contaminés des écosystèmes.
- Dégradation des milieux : risques d'érosion ou d'éboulements, possibilités d'inondation et de modification du cycle de l'eau et microclimats.

BONNES PRATIQUES

Suppression ou réduction des sources de pollution; identification des espaces pollués ; renaturation/ restauration; dépollution (*via* phytoremédiation si pertinent) ou autre technique de traitement ou d'isolement adaptée à la nature du sol pollué.

Produits phytosanitaires

RISQUES POUR LA FAUNE ET LA FLORE

Mortalité par non-sélectivité des effets des produits phytosanitaires, apparition de résistances parmi les espèces envahissantes et colonisation du milieu, modification des réseaux trophiques, concentration des agents chimiques dans les végétaux traités

ENJEUX

Conséquences directes pour l'humain et sa santé, maîtrise des coûts de gestion et d'entretien des espaces verts/publics.

BONNES PRATIQUES

Lutte et pratiques de gestion intégrées (introduction de prédateurs, utilisation de phéromones en période de reproduction, etc.).

Approfondir

- ▶ ADEME, [Diagnostic de l'éclairage public. Guide à la rédaction d'un cahier des charges d'aide à la décision](#), Collection Expertises, décembre 2012.
- ▶ Conseil général de l'Isère, [Neutraliser les pièges mortels pour la faune sauvage](#), Grenoble, mai 2010.
- ▶ Service de l'urbanisme et de la gestion de la croissance, [Stratégie de gestion de la faune](#), Ville d'Ottawa, avril 2013.



Biodiversité et chantier

Le chantier est un espace-temps critique d'intervention sur le milieu existant, dont la durée et l'étendue modifient le caractère temporaire ou permanent des impacts : il peut être source de perturbations et destructions ou à l'inverse devenir un lieu de refuge transitoire pour la biodiversité. Dans les deux cas, l'anticipation est nécessaire car il est toujours plus simple, moins cher et moins dommageable pour la biodiversité de conserver les écosystèmes existants que de tenter de les réparer ou compenser après altération. Ainsi, au-delà de la conception même de l'aménagement, la gestion du chantier peut avoir des impacts propres, liés au phasage des travaux, aux choix techniques constructifs plus ou moins invasifs, aux périodes de débroussaillage et terrassements, au stockage des matériaux et à la gestion des déchets de chantier... Les cadres réglementaires peuvent permettre de prévenir certains risques.

Planifier le chantier : les phases de planification écologique

PHASES DE PLANIFICATION ÉCOLOGIQUE DU CHANTIER		ÉTAPE DU PROJET
1	Caractérisation de la qualité écologique du site et de ses alentours (habitats protégés, etc.)	Diagnostic écologique éventuel
2	Analyse préalable de la dégradation potentielle et des risques (espèces invasives - Voir Annexe Méthode n° 14 - ruptures de continuités écologiques, etc.) liés au chantier	EIES
3	Identification des obligations contractuelles et réglementaires applicables à l'opération	EIES
4	Définition des objectifs environnementaux et des moyens matériels et humains à mettre en œuvre pour les atteindre	EIES
5	Définition des mesures d'évitement et de réduction à mettre en place : choix des périodes de travaux adaptées selon le rythme biologique des espèces présentes (saisonnalité si pertinence), déplacement des végétaux en fonction de leur développement annuel, coupe de fourré hors période de reproduction des oiseaux ou des autres espèces, vigilance lors de la destruction de structures (vieux arbres ou vieux bâtiments, etc.), création d'habitats temporaires à envisager si pertinence et étalement du chantier	PGES
6	Phasage des travaux par zone conformément à l'étape précédente	Pré-chantier
7	Mise en place d'un plan de communication interne pour favoriser l'appropriation de la thématique biodiversité par chaque intervenant : sensibilisation et formation du personnel sur la réglementation et les objectifs fixés (Voir Annexe Méthode n° 15)	Pré-chantier et chantier
8	Mise en place d'un plan de communication externe pour valoriser les mesures prises auprès des riverains (réunions de lancement, affichage, communication)	Chantier
9	Mise en place d'un suivi des opérations pour s'assurer de l'efficacité des mesures au regard de la préservation de la biodiversité (indicateurs et enregistrement)	Post-chantier
10	Constat de la réussite des mesures et correction des éventuelles dérives	Post-chantier

Protéger la biodiversité sur le chantier

Maintenir les habitats et la continuité écologique

Les habitats présents sur le site (bois morts, haies, bosquets, zones herbacées et couverts végétaux) doivent au maximum être conservés, voire déplacés (avec les précautions adaptées). Si la localisation d'une flore à enjeu est incompatible avec le chantier, tenter la transplantation de certains végétaux présents sur la zone affectée et anticiper cette opération par rapport à la saisonnalité.

Réduire les risques de piégeage de la faune

- Canaliser les flux de faune terrestre vers la sortie du chantier (portes orientées vers l'extérieur, guidage des espèces avec ouverture en entonnoir, etc.).
- Empêcher le refuge dans des habitats précaires et/ou le piégeage (bâchage, création d'échappatoires).
- Favoriser la sortie du chantier.

Minimiser l'impact du chantier

- Éviter la destruction des habitats ou la mortalité animale : déterminer en amont les zones de passage des engins et de dépôts de matériaux pour un balisage adéquat et prévoir des zones refuges en bordure du chantier.
- Éviter les dérangements temporaires (pollution lumineuse, sonore ou vibrations).
- Préserver les sols : remise en place des couches de sol décaissées ou décapées, éviter de dégrader les sols profonds.

Définition

Espèces rudérales : plantes qui poussent spontanément dans un milieu anthropisé.

Favoriser la biodiversité temporaire

Pourquoi ?

La mise en place d'une biodiversité végétale temporaire locale "maîtrisée" permet d'éviter d'être confronté à l'installation non choisie d'espèces qui poseront problème à terme (espèces protégées, espèces exotiques envahissantes, espèces rudérales) entraînant par la suite des surcoûts (dossiers de dérogations, lutte et gestion...). Lorsque la zone disparaît, le chantier aura apporté un support temporaire de vie à différentes espèces (abeilles, bourdons, papillons, orthoptères, oiseaux...), permettant le renforcement de leurs effectifs susceptibles de coloniser de nouveaux milieux.

Dans quel cas ?

Les préconisations concernent les chantiers de longue durée (plus de 6 mois entre déconstruction et reconstruction par exemple) et les sites destinés à être bâtis ou aménagés à terme.

Voir [Annexe Méthode n° 16](#).

Comment ?

Adapter au temps de latence et d'immobilité avant le chantier, aux espèces disponibles en fonction de la localisation géographique et à la nature des matériaux en place.

Exemple de biomes temporaires et de biomes adaptés : Végétalisation temporaire pré-verdissement (sur futurs espaces végétalisés de façon pérenne), zones de rocailles temporaires humides (friches peu végétalisées), tas de pierres, sables et microfalaise (biomes sablonneux sans strate végétale développée), boursiers (zones humides).

Approfondir

- ▶ Nord Nature Chico Mendès et LPO, EPF NPdC, [Guide Biodiversité & chantiers. Comment concilier Nature et chantiers urbains ?](#), édition EGF.BTP, Paris, avril 2019.
- ▶ Groupe de travail Biodiversité de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), [La Biodiversité sur les chantiers de Travaux Publics. Guide d'accompagnement et de sensibilisation](#), mai 2017.

Restauration de milieu et compensation sur et hors site

Les mesures de compensation s'inscrivent dans l'objectif d'absence de perte nette du processus Éviter-Réduire-Compenser, et ont pour but d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être suffisamment réduits. Si certains impacts sur des zones critiques ne peuvent être compensés, le principe d'équivalence écologique propose de compenser les habitats perdus par la remise en état d'habitats de même nature. La compensation doit aussi prendre en compte la proximité fonctionnelle des mesures vis-à-vis du site endommagé, d'où l'importance des continuités écologiques.

La restauration d'écosystèmes dégradés comme mécanisme de compensation

Qu'est-ce que la restauration écologique ?

La restauration écologique est "le processus d'assister la régénération des écosystèmes qui ont été dégradés, endommagés ou détruits¹⁰" et représente une SfN. L'objectif visé est de ramener l'écosystème vers la trajectoire qu'il aurait eu sans intervention anthropique, relativement aux processus écologiques qu'il rend (fonctions écologiques, connectivités, etc. - on parle alors de réhabilitation - mais aussi à sa composition en espèces et aux structures des populations végétales et animales. Il s'agit d'une tentative d'embrasser les tendances culturelles et environnementales, dans une perspective écologique, et socio-économique plutôt que purement technique ou d'aménagement. L'**ingénierie écologique** est le champ scientifique, technique et pratique qui s'attache notamment à la restauration écologique, à travers la mobilisation de matériaux naturels, d'organismes vivants et de leur environnement physicochimique pour résoudre les problèmes techniques liés aux activités humaines.

Gradation des mécanismes de compensation en fonction de l'impact du projet

- **Restauration** : adaptée à des écosystèmes peu dégradés (Voir les 9 attributs d'un écosystème restauré en [Annexe Méthode n° 17](#)).
- **Réaffectation** d'écosystèmes initiaux qui ne sont plus viables : changement de trajectoire de l'écosystème du fait de l'impossibilité technique de le faire retourner à sa trajectoire d'origine.
- **Renaturation** : nécessaire dans les situations où l'on est contraint de recréer des logiques naturelles face à des milieux entièrement anthropisés.

Un champ d'action à fort potentiel

La restauration systémique permet d'aider à atténuer les effets des risques du changement climatique et des catastrophes naturelles, et offre des perspectives de croissance économique. Aux Etats-Unis, la restauration des milieux offre plus de 126 000 emplois et génère annuellement environ 10 Mds\$¹¹.

Définitions

Fiducie : contrat qui permet à un propriétaire de transférer temporairement la propriété de son bien à un tiers, qui se chargera de le gérer selon les modalités convenues dans le contrat, pour une durée pouvant aller jusqu'à 99 ans.

Obligations réelles environnementales : dans le droit français, contrat au terme duquel le propriétaire d'un bien immobilier met en place une protection environnementale (maintien, conservation, gestion ou restauration d'éléments de la biodiversité ou de services écosystémiques) attachée à son bien, pour une durée pouvant aller jusqu'à 99 ans, et devant être respectées même si le bien change de propriétaire.

Dans le monde, les écosystèmes dégradés représentent 20 fois la surface de la France.

Les friches urbaines comme espaces privilégiés pour la restauration

Qu'est-ce qu'une friche urbaine ?

Une friche naturelle résulte de l'évolution d'espaces ouverts abandonnés, aboutissant à une hétérogénéité des milieux à fort potentiel écologique du fait de la faible intervention anthropique. A titre d'exemple, dans un territoire fortement urbanisé tel que les Hauts-de-Seine, la richesse végétale spécifique dans les friches urbaines représente 58 % de la richesse spécifique totale du département¹². Ces espaces peuvent entrer dans la catégorie des sites endommagés, et leur restauration/réaffectation/renaturation permet de répondre aux objectifs de lutte contre l'artificialisation des sols et aux besoins de recyclage du foncier en milieu urbain et périurbain. Généralement constitué de remblais, de dalles en béton, ou de sols naturels souillés, les friches accueillent des plantes adventices exogènes (la moitié des plantes répertoriées dans les friches sont originaires d'autres régions du globe) et adaptées à des substrats peu épais et riches en azote.

Pourquoi restaurer ces espaces ?

- Mettre en avant un patrimoine bâti existant (patrimoine industriel par exemple).
- Valoriser ces espaces non-rentables économiquement, puisqu'insusceptible de générer une rente immobilière.
- Accroître l'engouement social et culturel pour les friches comme espace de liberté et de sensibilisation.
- Favoriser les retombées économiques et fiscales locales en valorisant les abords des espaces restaurés.
- Profiter des services écosystémiques qu'elles offrent : plus grande richesse au m² et diversité végétale retrouvée en leur sein, ainsi qu'au sein des forêts (Voir [Annexe Méthode n° 18](#)).

Points d'attention lors de la restauration de ces espaces

- Maîtrise du foncier : l'opérateur de compensation doit être détenteur de la maîtrise du terrain afin de faciliter la mise en œuvre d'actions et de gestion du terrain à long terme. Des outils comme la fiducie environnementale ou l'obligation réelle environnementale peuvent être employés selon les contextes réglementaires locaux.
- Pollution et reconstitution des sols : les techniques employées doivent avoir notamment pour but d'améliorer la qualité agronomique des sols en place ainsi que des logiques de maîtrise des risques sanitaires (arbres fruitiers et maraîchage à prescrire sur des sols pollués). Voir [Annexe Méthode n° 19](#).
- Identifier les capacités et les compétences locales : la restauration nécessite l'intervention de personnel hautement qualifié du fait de la complexité de la gestion à l'échelle écosystémique.
- Inclusion des parties prenantes : les friches urbaines sont généralement associées par les habitants à des quartiers négligés ou qui se paupérissent. Il est nécessaire de remettre au cœur du débat les enjeux écologiques tout en s'assurant que la gestion de ces friches puisse s'accorder avec les exigences sociales de ces quartiers.
- Intégration du concept de conservation temporaire de la biodiversité à travers des friches urbaines évolutives.
- Mise en place d'un dispositif de suivi, si possible participatif, des processus de restauration.

Approfondir

- ▶ Natureparif, [Friches urbaines et Biodiversité](#), réalisé par ARAQUE-GOY Laure & al., Les Rencontres de Natureparif, Saint-Denis, 2012.
 - ▶ Centre de ressources du génie écologique, [Création de prairies biodiversifiées sur des sites urbains déconstruits et temporairement disponibles](#), août 2019.
 - ▶ GAUTHIER Cécile, [Contribution de la compensation écologique à un modèle écologique de renaturation des friches urbaines et péri-urbaines](#), Humanité et biodiversité, Paris, septembre 2018.
 - ▶ CDC Biodiversité et Ville de Sevrans, [La friche Kodak : un espace naturel écologique en devenir](#), Nature 2050, Paris.
 - ▶ RALL Emily L., HAASE Dagmar, "Creative intervention in a dynamic city: A sustainability assessment of an interim use strategy for brownfields in Leipzig, Germany", *Landscape and Urban Planning*, vol. 100, Issue 3, 2011, pp. 189-201. URL : <https://cutt.ly/ymMnqQL>
- Voir [Annexe Méthode n° 20](#).

1.6. Concevoir par, pour et avec la biodiversité

La conception du projet est une étape clef permettant d'approfondir plus encore le lien entre les infrastructures aménagées et la biodiversité. La réalisation d'un diagnostic écologique permet de faire état des potentialités du site en terme de développement de la biodiversité et d'orienter le design du projet en sa faveur. Ce document d'approfondissement profite des informations issues de l'EIES, et de l'inventaire faune/flore réalisé précédemment, et peut intégrer d'autres sources relatives aux paramètres physico-chimiques du milieu. La conception est par ailleurs l'étape durant laquelle il est nécessaire d'interroger la pertinence du programme, du choix du site et de la forme urbaine la mieux adaptée. Les modalités de construction, de rénovation, de déconstruction et de désimperméabilisation sont ainsi à considérer : les espaces urbains alternant "pleins et vides" sont en effet très favorables à la biodiversité s'ils sont conçus pour favoriser la connectivité. Enfin, l'impact du projet sur les ressources naturelles peut être limité via la mobilisation des filières et des savoir-faire locaux et par le choix des matériaux de construction plus sobres (cycle de vie complet).

FICHE MÉTHODE

■ Du diagnostic à la conception du projet

La mise en place de pratiques de gestion dites "alternatives ou écologiques" au sein des espaces de nature en ville offre de nombreux avantages pour la biodiversité, mais également pour les habitants et services gestionnaires. Cette gestion écologique repose sur la gestion différenciée des espaces naturels afin de pouvoir maximiser la diversité des habitats pour la biodiversité, ainsi que sur une approche plus préventive que curative. La fauche moins régulière de certains espaces permet de réaliser des économies, et le bannissement de l'usage de produits phytosanitaires est bénéfique pour la santé humaine. Cette gestion écologique nécessite néanmoins une planification approfondie sous la forme d'un diagnostic de gestion, parfois intégré au diagnostic écologique, afin d'adapter la gestion à l'usage. Une communication adaptée est requise, afin d'éviter une sensation d'abandon de ces espaces publics, qui paraissent plus "sauvages". Cette gestion doit de plus prendre en compte les enjeux sanitaires et sécuritaires pour les habitants.

FICHE MÉTHODE

■ Gérer les espaces urbains en faveur de la biodiversité

L'inclusion des parties prenantes locales, dès la programmation, participe à la réussite du projet et peut aboutir à une meilleure efficacité du processus d'intégration de la biodiversité en ville. L'identification des usages et attentes des riverains, des usagers, et des groupes sociaux en lien avec le projet ainsi que leur association à la gouvernance du projet permet de limiter les conflits d'usages ou les désagréments liés à la présence de faune et de flore en ville. Les enjeux liés à la biodiversité sont parfois en relation conflictuelle avec les enjeux socio-économiques du territoire (imperméabilisation liée à la création ou la réhabilitation de voiries, logements précaires occupant des zones humides ou de berges, ...). La sensibilisation des populations locales aux enjeux de biodiversité assure la coexistence des espaces et facilite l'acceptation de la nature en ville. Par ailleurs, les parties prenantes peuvent enfin être directement liées à la réalisation du projet, dans le cadre de processus de construction ou de gestion participatifs des espaces de nature en ville. Enfin, certaines parties prenantes locales (communautés autochtones, maraîchers, associations environnementales ...) détiennent une expertise d'usage importante voire exclusive relative à la biodiversité.

FICHE MÉTHODE

■ Parties prenantes : consultation, inclusion et sensibilisation

Du diagnostic à la conception du projet

Qu'est-ce que le diagnostic écologique ?

Il s'agit d'un état des lieux qualitatif et quantitatif de la biodiversité sur un espace défini, croisé avec l'analyse des autres paramètres pertinents : continuités écologiques, pollutions et état des sols, données hydriques et climatiques, diagnostic énergétique, contexte sociologique et culturel. Il permet de formuler des préconisations destinées à la maîtrise d'ouvrage afin d'améliorer le potentiel biodiversité du projet et de mettre en évidence les aménagements à privilégier. Il s'appuie sur les ressources présentes dans l'EIES (inventaire faunistique et floristique, cartographie, etc.) et prend en compte les résultats du PGES pour nourrir l'étude de faisabilité. Voir un exemple du contenu d'un diagnostic écologique en [Annexe Méthode n° 21](#) et un exemple du devis de diagnostic écologique en [Annexe Méthode n° 22](#).

■ Voir [Fiche méthode La biodiversité dans l'évaluation et la gestion des impacts](#).

Grandes étapes de réalisation d'un diagnostic écologique

© D'après Natureparif, *Bâtir en favorisant la biodiversité. Un guide collectif à l'usage des professionnels publics et privés de la filière du bâtiment*, rédigé par BARRA Marc & al., 2012.

DONNÉES ISSUES DE L'ÉTUDE D'IMPACT	Collecter les données existantes sur le territoire		
	Base de données territoriales, études d'impacts existantes	Contexte régional et local (espèces protégées, environnement immédiat)	Rapports, études et inventaires existants auprès des associations naturalistes
SYNTHÈSE DES DONNÉES DE L'ÉTUDE D'IMPACT ET DESK-STUDY	Inventorier la faune, la flore et les habitats		
	Inventaires taxonomiques	Cartographie des habitats	
DESK ET FIELD-STUDIES COMPLÉMENTAIRES	Identifier les continuités écologiques		
	Cartographie des continuités existantes (SIG)	Proposition de création ou de restauration des continuités écologiques	
	Étudier les sols		
	Mesure de la pollution	Mesure des contraintes de tassement	Evaluation de la fertilité
	Analyser les conditions environnementales		
	Cartographie du réseau hydrique	Pluviométrie, ensoleillement, force et direction des vents	Diagnostic énergétique
INCLUS DANS LES PROCESSUS DE CONCERTATION	Conduire une enquête sociologique		
	Sondage, enquête d'opinion et entretiens	Patrimoine culturel ou archéologique	

Stratégie de projet : construire, rénover ou déconstruire ?

Éviter les nouvelles constructions : rénover et désaménager

La rénovation permet d'éviter une nouvelle imperméabilisation des sols, elle peut être l'occasion d'un retrait des éléments artificiels potentiellement obsolètes (poutres et dalles, infrastructures bétonnées, chenaux et endiguements) et d'intégrer des éléments favorables à la biodiversité (toits ou façades végétalisées, haies champêtres,...). Lors de la destruction d'une infrastructure (habitations insalubres, construction dans un site à risque, réseaux obsolètes, etc.), il peut être prévu de désaménager, c'est-à-dire de déconstruire sans rebâtir au même endroit, afin de rouvrir des corridors écologiques et des lieux de passages pour la faune.

LES GRANDS PRINCIPES DE LA CONCEPTION ÉCOLOGIQUE

- Adapter la forme, la disposition et le principe constructif du bâti à l'environnement naturel (topologie, sols, végétation, ensoleillement, pluviométrie, ...) ;
- Minimiser l'emprise au sol : construire sur pieux et pilotis pour réduire la dégradation et l'imperméabilisation des sols et offrir un espace de refuge pour la faune ;
- Maximiser l'espace libre disponible : limiter l'extension des réseaux souterrains ou aériens, regrouper les tunnels de servitude pour le passage de câbles ;
- Aménager les routes, voies piétonnes et allées de revêtements poreux ou semi-poreux (dallages et pavages à joints ouverts, dalles végétales), ainsi que les surfaces perméables (copeaux de bois, graviers) ou des revêtements semi-perméables sablés ou stabilisés ;
- Végétaliser le bâti : choisir des espèces de plantes locales et bien adaptées aux conditions du milieu comme à leur nouveau support ;
- Entretenir le cycle de l'eau : écoulement dans les sols, via des dispositifs de récupération et de réutilisation ou infiltration pour alimenter les nappes phréatiques ;
- Perpétuer les continuités écologiques : connexion des espaces verts entre eux, alignement du bâti en fonction des couloirs existants, limiter les barrières et grillages ;
- Intégrer stratégiquement des espaces dans le bâti pour accueillir des populations d'oiseaux (nichoirs, murs poreux et espaces creux, non traités et accessibles aux plantes) selon les espèces observées lors du diagnostic ;
- Prévoir des jardins à usages variés : agriculture urbaine, jardins partagés, compostage des déchets verts et alimentaires ;
- Utiliser des ressources et savoir-faires locaux : diversifier les ressources en fonction du contexte, privilégier les matériaux bruts, éco-conçus et biodégradables, non transformés et non traités (fibres végétales, pierre, agromatériaux) ; demander dès l'appel d'offres un comparatif des matériaux par une analyse du cycle de vie.

Définition

Agromatériaux : matériaux composés à partir d'agroressources, c'est-à-dire issus de l'agriculture et de l'élevage (lin, chanvre, paille, laine...).

Gérer les espaces urbains en faveur de la biodiversité

La gestion écologique regroupe un ensemble de pratiques permettant de favoriser la biodiversité. Elle nécessite une expertise particulière, synthétisée dans un diagnostic écologique, afin d'adopter les pratiques adaptées à l'espace considéré et adressant les enjeux d'acceptabilité sociale, de couts, et de mise en place. Il est souvent nécessaire d'accompagner la gestion écologique par une campagne de sensibilisation et de communication vis-à-vis de l'aspect plus "sauvage" de la végétation, qui est plus ou moins bien accepté selon la culture locale.

Réalisation d'un diagnostic de gestion

ÉTAPES DU DIAGNOSTIC DE GESTION	POINTS CLÉS
Inventaire quantitatif et descriptif	Usage : parc, voirie, abords de bâtiment, terrain de sport, etc.
Cartographie des espaces	Listing des fonctionnalités et des services rendus
Description qualitative	Inventaire floristique et faunistique Analyse des pratiques de gestion actuelles Utilisation de l'expertise des agents de terrain
Etude écologique	Qualités paysagères Valeurs historiques, culturelles et environnementales Usages actuels Taux de fréquentation Accessibilité et réglementation
Formulation des objectifs de gestion	Favorisation de la biodiversité Réduction de la pollution

Entretien des espaces végétalisés

Quelles pratiques pour favoriser la biodiversité ?

Objectifs : appliquer un mode de gestion différent aux différentes zones d'un espace public afin de diversifier les habitats potentiels. Cela permet de créer des zones-refuges potentielles ainsi que de favoriser les continuités écologiques et les réservoirs potentiels de prédateurs et parasites des plantes invasives ou ravageurs.

Différentes techniques peuvent être mises en place : de la moins favorable à la plus favorable pour la biodiversité : Tonte haute régulière, Fauche tardive, Eco-pastoralisme, développement libre et non gestion (Voir [Annexe Méthode n° 23](#)).

Quels avantages de la gestion écologique ?

Les principaux avantages liés à la mise en place de la gestion écologique sont de nature économique. En effet, la réduction des tontes, et l'absence d'utilisation de produits phytosanitaires permettent des économies. L'outil Eco-Logical, développé par Véolia et l'association Noé, permet de recenser les économies réalisées par l'adoption de pratiques de gestion différenciée (Voir [Annexe Méthode n° 24](#)).

Quelle co-gestion public/privé ?

Tirer des synergies positives lors de la gestion des espaces publics et privés afin d'agir contre les perturbations socio-économiques (coupes budgétaires) et naturelles (sécheresse, incendies)

Quelles approches contre les adventices et les espèces invasives ?

Pour les espèces végétales :

Préventive : utilisation de compost plutôt que d'engrais, couvrir le sol (paillage, plantes couvre-sol et utilisation de plantes allélopathiques), former le personnel à l'identification des plantes invasives.

Curative : lutte biologique (prédateurs naturels, plantes répulsives ou attractives, alternance de culture), biocontrôle, désherbage thermique ou mécanique, arrachage manuel avec exportation des résidus d'arrachage, etc.

Pour les espèces animales :

Pas d'utilisation de produits empoisonnés. Favoriser la prédation de ces espèces (oiseaux insectivores, chauves-souris), utiliser la confusion sexuelle (piège à phéromones ou saturation du milieu de phéromones).

LE SAVIEZ-VOUS ?

En France, en 2011, un tiers des personnes n'est pas dérangé par la végétation urbaine spontanée, tandis que un tiers l'interprète comme un abandon ou une négligence de la part du gestionnaire¹³.

Définitions

Végétation spontanée : végétation qui s'implante et croît sans intervention humaine sur un site. Elle concerne tant les rebords des routes que les friches et tous espaces délaissés.

Adventice : plante qui pousse dans un endroit sans y avoir été intentionnellement installée. Certaines adventices peuvent être invasives, c'est-à-dire qu'elles ont fort pouvoir de colonisation par croissance et/ou reproduction rapide.

Espèces allélopathiques : espèces produisant une ou plusieurs substances biochimiques qui influencent la germination, la croissance, la survie et la reproduction d'autres organismes.

Zoonose : maladies ou infections transmissibles des animaux à l'humain.

Communiquer et gérer les risques relatifs aux nouvelles pratiques

Communiquer et gérer les risques relatifs aux nouvelles pratiques

- Communication sur les intérêts sanitaires et écologiques du passage au "zéro phyto".
- Créer des ambassadeurs de la biodiversité au sein des services techniques de gestion qui propageront le message de l'intérêt de la biodiversité.
- Sensibilisation des jardiniers amateurs, souvent les premiers utilisateurs des produits phytosanitaires.
- Communication sur les effets de rémanence des produits phytosanitaires dans le sol et dans l'eau, mais également des effets sur la santé.

Gérer la sécurité des usagers et les risques liés à la faune

Relatifs aux espèces végétales : surveillance des risques sanitaires (allergènes ou toxines, ...) et des risques accidentels (arbres morts, risques sur les habitations). Relatifs aux espèces animales : surveillance des risques sanitaires pouvant provoquer des zoonoses, gestion des dégradations dues au déjections de l'avifaune, inconfort auditif, gestion de la pullulation anarchique par la complexification des écosystèmes et par le maintien de l'équilibre des milieux, et dans certains cas par stérilisation des mâles.

Approfondir

- ▶ [FLANDIN Jonathan et PARISOT Christophe, Guide de gestion écologique des espaces collectifs publics et privés](#), Natureparif, Ile-de-France, 2016.
- ▶ [Outil EcoLogiCal](#), calculateur de gestion écologique, développé par l'association Noé et Veolia.

Parties prenantes : consultation, inclusion et sensibilisation

Pourquoi mobiliser les parties prenantes ?

Les parties prenantes sont diverses et possèdent une expertise qui peut être mobilisée, notamment lors des processus d'identification des enjeux du territoire et des impacts du projet. Si le projet intègre une place pour la biodiversité (espace public), elles peuvent être associées à la gouvernance du projet selon différentes méthodes (information, concertation, co-conception voir coréalisation) et aux pratiques de gestion ou de suivi. Avant d'entreprendre des changements de pratique (comme la mise en place de gestion différenciée) et compte-tenu des **particularités culturelles de chaque pays dans le rapport à la nature et au paysage**, une communication adaptée est indispensable (voir [Annexe Méthode n° 29](#)).

Aussi, l'article 8 de la Convention pour la Diversité Biologique prône **le respect, la préservation et le maintien des connaissances, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales** qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique.

Biodiversité et parties prenantes lors de la programmation du projet

Identifier et récolter l'information détenue par certains groupes sociaux

Les populations autochtones possèdent des connaissances relatives à la biodiversité souvent plus complètes et parfois plus précises que les sources scientifiques classiques : en particulier sur les relations écologiques, économiques, symboliques et culturelles de la biodiversité au territoire. La connaissance de ces enjeux est liée à la linguistique ; des programmes de conservation des langues indigènes permettent de conserver et valoriser ces savoirs.

Prise en compte des parties prenantes : identifier les attentes et les usages

L'identification des sociotopes, c'est-à-dire l'identification des usages des espaces et des raisons de ces usages, favorise une planification urbaine qui prend en compte les besoins essentiels des habitants. Elle permet par exemple de distinguer les attentes et les usages de citoyens et des riverains et d'adapter les espaces naturels dans les espaces publics. Cette programmation et la conception des espaces doivent également « laisser de la place » à des usages plus libres ou non anticipés pour ne pas figer toutes les activités proposées afin d'assurer une certaine flexibilité et évolutivité des usages.

Comment prévenir un conflit ?

Les conflits liés aux espaces publics (attribution, devenir, gestion, appropriation exclusive par un groupe ou un genre...) peuvent être gérés par des pratiques d'information (sensibilisation, pédagogie, éducation), ainsi que par la création ou le renforcement des structures de gouvernance de la biodiversité.

Biodiversité et parties prenantes lors de la conception du projet

Les usagers et riverains, les collectifs de citoyens ou les associations de protection de la nature peuvent être associés à des degrés divers. Le maître d'ouvrage peut choisir de les en informer, de les consulter (sondage sur un projet déjà défini) ou, idéalement, de procéder à une concertation autour des enjeux, c'est-à-dire à un dialogue pour faire évoluer le projet.

La concertation suscite l'implication et l'intérêt des habitants sur les sujets de biodiversité et leur permet de mieux saisir l'intérêt des aménagements. *A minima*, les réunions d'informations ou de concertation permettent de concilier les enjeux de biodiversité avec enjeux d'usages et de sécurité, et ils offrent aux habitants la possibilité de mieux comprendre les aménagements proposés, et notamment ceux qui ne sont pas accessibles au public pour des raisons environnementales.

Voir outils de concertation en [Annexe Méthode n° 25](#) et conseils pour la tenue de réunion de concertation en [Annexe Méthode n° 26](#).

Approfondir

- ▶ Cerema, *Implication citoyenne et Nature en ville - Premiers enseignements issus de sept études de cas en France*, Collection Connaissances, 2016.
- ▶ Cerema, "[Milieux humides, conflits d'usages et urbanisme : Prévenir et gérer les conflits d'usages liés aux milieux humides dans un contexte urbanisé](#)", Nature en ville, fiche n° 4, Collection Connaissances, octobre 2019.

Biodiversité et parties prenantes lors de la réalisation, la gestion et le suivi du projet

Faire participer les citoyens au projet : chantier et gestion participative

La construction ou l'entretien participatifs permettent de développer un attachement collectif autour du projet, de s'approprier l'espace tout en créant du lien social et de diminuer les coûts de gestion. La gestion participative des espaces verts peut se baser sur une implication citoyenne spontanée ou orchestrée avec la collectivité. La communication à travers des relais associatifs permet d'associer un plus grand nombre de citoyens et d'éviter l'abandon des participants dû à la lassitude.

Sensibiliser aux nouvelles pratiques de gestion respectueuses de l'environnement

La sensibilisation est une démarche top-down, souvent initiée par le gestionnaire, qui va permettre de maximiser l'acceptation écologique du projet et d'engager des changements comportementaux. Elle peut être liée à la mise en place d'une gestion différenciée ou aux risques liés à la faune urbaine, et s'appuie sur la richesse et la diversité des espèces afin de toucher le public. Elle permet de faire évoluer les pratiques des acteurs privés (jardiniers individuels ou entreprises par exemple) et donne aux citoyens les moyens d'acquérir des connaissances sur leur

patrimoine local. Il est alors important de définir la cible de la sensibilisation : les enfants et les agents d'entretien sont souvent réceptifs aux messages et agissent comme des relais de savoirs.

Voir outils de sensibilisation en [Annexe Méthode n° 27](#).

Associer les parties prenantes au suivi de la biodiversité

Les sciences participatives sont des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs citoyens participent de manière volontaire et bénévole. Les citoyens qui y prennent part récoltent des données sur la biodiversité de manière structurée par un protocole scientifique. Cette méthode peut être appliquée pour le suivi de la biodiversité à l'échelle d'un parc (suite à la mise en place de nouveaux modes de gestion par exemple), à l'échelle de la ville ou de la région, et favorise la reconnexion du public avec la nature (suivi fréquent d'espèces ordinaires dans des habitats communs). Le protocole à mettre en place doit être simple, standardisé, et la procédure doit être durable et faire l'objet de communication et d'échanges fréquents entre le monde scientifique et la sphère citoyenne. Ces méthodes mettent en jeu des remontées d'informations par entretien direct ou par internet, et sont peu développées dans les pays en voie de développement.

Voir les bénéfices et risques de tels programmes en [Annexe Méthode n° 28](#).



**Mettre en œuvre
la biodiversité dans
les projets**

2.1. Présentation des fiches techniques

Les fiches techniques abordent chacune **une typologie de projet spécifique**. Elles présentent :

- les données issues de l'analyse coût-bénéfice et/ou l'évaluation monétaire de leur installation et de leur maintenance ;
- les services écosystémiques que les aménagements ou les infrastructures rendent ;
- les mécanismes locaux à développer ou à utiliser pour promouvoir ces pratiques ;
- les retombées socio-économiques des projets ;
- de précédentes expériences de l'AFD ou des projets remarquables ;
- les points d'attention lors de l'inclusion des parties prenantes ;
- la présentation de partenaires qualifiés ;
- des conseils pour la conception, la construction et l'entretien ;
- des indicateurs potentiels utilisables lors du suivi de la biodiversité au sein du projet.



2.2. Aménager des surfaces urbaines végétalisées

Les projets d'introduction ou de gestion écologique d'espaces publics ou privés couverts de végétation se déclinent dans différents contextes géographiques et climatiques. Selon leurs fonctions, les pratiques de gestion diffèrent afin de pouvoir **satisfaire le niveau d'exigence approprié aux usages de ces espaces par les habitants, aux services écosystémiques qu'ils rendent et au niveau d'accueil visé pour la biodiversité**.

FICHES TECHNIQUES

■ Parcs publics

Les parcs urbains désignent les espaces d'agrément végétalisés (engazonnés, arborés, éventuellement plantés de fleurs, d'arbres, de buissons d'ornement et de pièces d'eau) souvent équipés de cheminements et de mobilier. D'une manière plus large, seront inclus les espaces d'une certaine taille, accessibles le plus souvent à pied et à vélo, sans danger pour les usagers.

■ Forêts urbaines et péri-urbaines

La notion de forêt urbaine est née à la fin du XXème siècle, désignant une forêt ou des boisements poussant dans une aire urbaine. On parlera plutôt de forêt péri-urbaine lorsqu'elle cerne la ville ou sa banlieue. Elle se différencie des parcs urbains par l'accent mis sur la "naturalité" du lieu. Certaines sont des vestiges préservés de forêts naturelles, tandis que d'autres sont issues de plantations artificielles ou de boisement déjà présents avant l'extension du territoire urbain.

■ Espaces verts d'usage

Le milieu urbain peut accueillir des espaces verts sur des surfaces restreintes et délimitées, plus ou moins accessibles pour la population. On retrouve dans cette catégorie très hétérogène les surfaces végétalisées utilisées dans la gestion des eaux pluviales, les accotements végétalisés, mais aussi les haies et le mobilier urbain végétal (arbres exceptés).

■ Espaces verts fragmentés

Les espaces verts peuvent être liés à un usage particulier. Ainsi, les terrains sportifs, les golfs et les cimetières sont des surfaces végétalisées dont la gestion et l'entretien doivent être adaptés à l'usage qu'ils accueillent. Les espaces verts privés liés à l'habitat, ou accompagnant des usages tertiaires, participent également au réseau d'espaces verts fragmentés.

■ Agriculture urbaine et péri-urbaine

L'agriculture urbaine renvoie aux pratiques agricoles, en plein sol ou hors-sol, qui prennent place dans les espaces urbains ou péri-urbains. Elle regroupe les pratiques de maraîchage, de petits élevages, fréquents dans les pays en développement (PED), les arbres fruitiers ou parfois même la production céréalière.

*Parc public de référence pour les habitants et d'éducation environnementale.
© AFD, Parc Botanique de Medellin, Colombie, 2010.*



Pares publics

Les espaces ouverts sont les milieux les plus fréquents dans les parcs. Ils permettent au public d'investir l'espace pour des **usages multiples** dans un cadre de nature. La **variété des fréquences de tonte ou de fauche, des hauteurs de coupe et des périodes d'intervention**, permettent d'induire une gestion différenciée, faisant ainsi évoluer dans l'espace et le temps les zones à vocations récréative ou écologique.

Les coûts & bénéfices

Augmentation des recettes fiscales	Création d'emploi à bas coût d'investissement	Impact sur la santé	Baisse des coûts d'entretien
À New-York 7 M\$ de "surplus" de recettes fiscales en 2006 dus à l'augmentation des loyers (Voir Annexe Technique n° 1).	En France, 100 000 € d'investissements soutiennent en moyenne 1,4 emploi dans une entreprise du paysage, contre 0,4 emploi dans le reste de l'économie (Voir Annexe Technique n° 2).	Aux Pays-Bas, en retenant un coût moyen de 430 € par patient asthmatique, l'économie en frais médicaux imputable à une hausse de 10 % des espaces verts serait de 56 M€ par an ¹⁴ .	À Fécamp, la gestion différenciée des espaces verts a permis une économie de 5000 € par an sur le budget consacrés à l'achat de produits phytosanitaires ¹⁵ .

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
RÉGULATION THERMIQUE	<i>Rafrachissement de l'atmosphère</i>	Parc plus frais de 1 à 3 °C par rapport aux ilots urbains (Voir Annexe Technique n° 3). En zone sub-tropicale avec climat tempéré (Mexico, Mexique), les températures minimales sont de 3 à 4 °C plus fraîche dans le parc en comparaison à la zone urbaine
GESTION DE L'EAU	<i>Réduction des débit de fuite</i> Voir Annexe Technique n° 4	Diminution de 15 à 20 % du débit de fuite par les parcs à Beijing (Chine), représentant 1,5 M€/an environ
ASSAINISSEMENT DE L'AIR	<i>Absorption des polluants gazeux par les stomates</i> Voir Annexe Technique n° 5	Réduction de la concentration en particules fines au niveau du sol de 35 %, en SO2 de 27 % et de NO2 de 21 %
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Espace de développement pour les espèces</i> Voir Annexes Techniques n° 6, n° 7 et n° 8	Nombre d'espèces proportionnel à la taille du parc, grande diversité végétale et importance particulière des parcs urbains pour les papillons en zone tropicale
SANTÉ	<i>Réduit les risques d'obésité</i>	Pratique d'activité physique favorisée à tous les âges (Voir Annexe Technique n° 9)
	<i>Augmente l'espérance de vie des séniors</i>	Espérance de vie accrue de 8 ans pour les séniors vivant à proximité de parcs (Voir Annexe Technique n° 10)
	<i>Réduction de la prévalence de certaines maladies</i> Voir Annexe Technique n° 11	Réduction de 21 % des maladies coronaires, 31 % des troubles de l'anxiété et de 20 % du diabète (pour 10 % à 90 % d'espaces verts)
STOCKAGE DU CARBONE	<i>Stockage dans strates herbacées et arbustives</i> Voir Annexes Techniques n° 12 et n° 13	Séquestration entre 9,10 et 9,79 kg CO ₂ eq/an (valeur moyenne entre 1985 et 2004) pour l'ensemble des parcs de Florence. En milieu aride (Phoenix, USA), les parcs urbains séquestrent environ 3630 tonnes CO ₂ /an, pour une valeur estimée 283 000 \$, soit un stockage total estimé à plus de 4,5 M\$
ESTHÉTISME	<i>Attirait des visiteurs pour la présence de nature</i>	Attentes variées selon suivant les contextes culturels (sauvage, contemplatif, structuré, social, sportifs, etc.)

Retombées économiques locales

Augmentation du prix foncier alentour et de l'attractivité du quartier (Voir Annexes Techniques [n° 14a](#) et [n° 14b](#)).
Ecotourisme et attrait pour les parcs urbains (Voir [Annexe Technique n° 15](#)).
Employabilité du secteur (91k emploi en France), notamment pour les jeunes (12,5 % de la filière).
Potentiel de valorisation de certains déchets organiques (Voir [Annexe Technique n° 16](#)).

Usage des ressources naturelles

Terre locale et semis adaptés d'origines locales tracés (non exogènes).

Inclusion des parties prenantes locales

Communication sur l'aspect non-uniforme du parc (notamment sur les prairies permanentes).
Maintien de zones tondues en bordures pour offrir des espaces ras.
Implication des riverains et des associations locales (de personnes âgées, sportives, etc.), des professionnels médicaux pour les équipements extérieurs favorables à la santé, et des écoles pour promouvoir l'usage des parcs et jardins comme lieux d'apprentissage et de sensibilisation.

Indicateurs de suivi

Comptabilisation du nombre et de l'abondance des habitats ainsi que des espèces animales et végétales (Voir Annexes Techniques [n° 17a](#) et [n° 17b](#))
Indicateurs non écologiques : évolution de la surface des parcs par satellite, suivi des dépenses et coût d'entretien du parc, ainsi que du nombre de visiteurs.

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Mise en place de politiques zéro-phyto dans la ville, conservation des parcs gérés de manière traditionnelle, utilisation d'anciennes friches.

Conception et contexte

Éléments techniques de conception et zonage (Voir [Annexe Technique n° 18](#)).
Privilégier les équipes mixtes de conception: paysagistes, écologues, ingénieurs génie écologique...

Partenaires qualifiés

- Centre Regional d'Innovation et de Transfert de Technologie (CRITT) horticole.
- Union Nationale des Entreprises du Paysage.
- Agences de paysage.

Références de projet

[Tampines Eco-Green Park](#), Singapour.
[Parc de l'île Saint-Germain](#), Hauts-de-Seine, France.

Approfondir

- ▶ Guide technique Biodiversité et Paysage Urbain, "[Fiche 14 : Pelouses et prairies](#)", Urbanisme, Bâti & Biodiversité (U2B).
- ▶ REX de la mise en place d'un parc au design et à la gestion écologique en pays tropical
IBRAHIM Roziya & al., "[Tropical urban parks in Kuala Lumpur, Malaysia : Challenging the attitudes of park management teams towards a more environmentally sustainable approach](#)", *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 49, mars 2020.



Forêts urbaines et péri-urbaines

Les boisements urbains peuvent être plantés, relictuels ou former une véritable forêt : ils ont alors **une fonctionnalité écologique variable**. Nombre d'espèces assurent leurs cycles de vie entiers dans ces milieux (reproduction, alimentation, abri, etc.) Leur intégration dans le paysage urbain nécessite d'**assurer leur multifonctionnalité selon les usages** principaux pour les populations locales.

Les coûts & bénéfices

Ratio coût-bénéfice Voir Annexe Technique n° 19	Volonté-à-payer Voir Annexe Technique n° 20	Plantation de forêt urbaine	Coûts et bénéfices moyens des forêts urbaines mondiales Voir Annexe Technique n° 21
A Chicago, ratio de 2,93 (durée de vie de 30 ans, 95 000 arbres plantés) : - 21 M\$ d'investissement et d'entretien - 59 M\$ de bénéfices	En Floride, les personnes seraient prêtes à payer 1,59 USD pour profiter de l'ombrage et 3,95 USD pour le bon état des forêts urbaines.	A Paris, un projet de plantation de 4 forêts urbaines a été annoncé par la maire Anne Hidalgo, pour un prix compris entre 412 M€ et 1,016 Ma € ¹⁶ .	Coût moyen / arbre : 37,40 \$ Bénéfice moyen /arbre : 44,34 \$

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
RÉGULATION THERMIQUE	<i>Rafraîchissement des micro-climats</i> Voir Annexe Technique n° 22	Réduction de 3° C par rapport aux zones hors forêt et de 1° C sous la canopée
GESTION DE L'EAU	<i>Rétention et filtration des eaux pluviales</i> Voir Annexe Technique n° 23	Capacité de rétention du ruissellement jusqu'à 44 % des eaux pluviales pour certaines espèces (Eucalyptus, en Australie, pour des précipitations de 14 mm/h), et stockage de l'eau dans le feuillage jusqu'à 1,16 mm de précipitations (Lilas d'été, originaire de Chine)
ASSAINISSEMENT DE L'AIR	<i>Fixation de la pollution par les stomates</i> Voir Annexe Technique n° 24	12,5 kg/ha/an de pollution filtrée, estimée à 67 \$/ha pour une couverture foliaire de 16 %
	<i>Stockage et séquestration du carbone</i>	Entre 22 et 59 kg séquestrés/an en moyenne par arbre de diamètre > 45cm (variable suivant les biomes, voir outil Ex-Act de la FAO)
ISOLATION ACOUSTIQUE	<i>Réduction du niveau sonore</i>	2 dB pour des massifs d'arbustes de 5 m de largeur et 6 dB pour une plantation de 50 m de largeur ¹⁷
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Diversité et richesse spécifique</i> Voir Annexe Technique n° 25	De 120 à 215 espèces végétales (45-50 % natives) présentes dans les forêts urbaines de Canton (Chine)
	<i>Habitats et connectivité</i> Voir Annexes Techniques n° 26 et n° 27	Présence de mammifères dans les forêts urbaines irlandaises. Richesse spécifique multipliée par 1,6 grâce à la présence de bois mort
SANTÉ	<i>Effet de réduction de stress</i>	Rétablissement plus rapide (et moins de complications) pour le patient hospitalisé dans une chambre avec vue sur une zone arborée ¹⁸
INTERACTIONS SOCIALES	<i>Espaces récréatifs et création de lien social</i>	Pour 9 visites/an/hab, pour une valeur hédonique de 1 \$ par visite d'une forêt urbaine bien gérée, la valeur récréative des forêts urbaines avoisinerait les 2 Mrd\$ aux USA ¹⁹

Retombées économiques locales

Développement d'une filière bois, écotourisme, activités ludiques (accrobranche, paintball).

Usage des ressources naturelles

Utiliser des espèces locales (rares si possible) et favoriser la lutte biologique intégrée.
Voir [Annexe Technique n° 29](#).
Eviter les traitements sur les arbres morts (curetage, badigeon, ciment, mastic, fongicides).

Inclusion des parties prenantes locales

Communiquer et rendre acceptable la présence de bois mort :

- créer du mobilier urbain (tables, bancs) ;
- réaliser des sculptures sur souche, chandelle et fût couché ;
- utiliser des arbres morts majestueux comme des totems.

Bien intégrer la gestion multifonctionnelle requise par les usages des populations locales.
Minimiser les "disservices" et désagréments pour les populations (arbres vénéneux, pollen allergisant, présence d'espèce ravageuses, insécurité, risques de chutes d'arbres ou de branches).
Voir [Annexe Technique n° 28](#).

Indicateurs de suivi

Couverture de la canopée, richesse et diversité spécifique végétale, aviaire et d'insectes, santé végétale, taux d'allergènes présents, augmentation de la valeur foncière, vitesse de ruissellement, qualité de l'eau de ruissellement
Voir [Annexe Technique n° 30](#).

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Développement de filières de foresterie responsables, mise en place de paiements pour droits à l'utilisation de la forêt et d'amendes en cas de non-respect

Conception et contexte

Eléments techniques de conception et zonage (Voir [Annexe Technique n° 31](#)).
Choix des essences en fonction de la zone géographique (Voir [Annexe Technique n° 32](#)).
Privilégier les équipes mixtes de conception : Ingénieurs forestiers, écologues, paysagistes...

Partenaires qualifiés

- Office National des Forêts (ONF), Office Français de la Biodiversité (OFB), Agence Régionale de la Biodiversité en Ile de France.
- Cities4forest (ONG).
- Agences de paysages.

Références de projet

[Quartier d'Otemachi](#), Tokyo (Japon).
[Achimota Forest](#), Accra (Ghana).

Approfondir

- ▶ Trees and Design Action Group, *Arbres en milieu urbain : Guide de mise en œuvre*, 2014.
- ▶ CARTER Jane E., *The potential of urban forestry in developing countries : a concept paper*, FAO.
- ▶ RANDRUP Thomas B. & al., *Urban and peri-urban forestry and greening in West and Central Asia : experiences, constraints and prospects*, FAO, 2006.
- ▶ Outils : I-Tree et I-Tree eco, [Ex-Act pour le bilan CO₂](#) (FAO)



Espaces verts d'usages

Les cimetières possèdent une **structuration écosystémique proche de celle des parcs publics**, bien que soumis à une pression anthropique (visite et nécessité d'entretien) nettement moindre. La richesse spécifique est favorisée dans ces espaces et renforcée par la diversité des habitats potentiels grâce à une architecture très hétérogène possédant des anfractuosités. Les *pelouses sportives* n'ont que peu d'intérêt pour la faune et la flore. Cependant, **la gestion écologique appliquée à ces espaces et leurs abords peut permettre de protéger les sols et la biodiversité** que l'on y trouve. Les abords de ces terrains (haies, bandes enherbées...), peuvent être **des espaces relais** pour la biodiversité. Les *golfs* peuvent être des espaces privilégiés pour la biodiversité. Le peu de dérangement dans ces espaces et la diversité des habitats qui y sont représentés, sont autant d'atouts pour la faune et la flore. Les *jardins privés* représentent un fort potentiel de préservation de la biodiversité, du fait de leur importance dans l'espace urbain, particulièrement pour des villes étendues et peu denses. Ces espaces sont très marqués par les facteurs humains, comme le statut socio-économique des propriétaires et leur conception d'un espace végétalisé.

Les coûts & bénéfices

Coût d'installation et d'entretien d'un terrain sportif	Coût d'entretien d'un cimetière	Evaluation monétaire des services écosystémiques rendus par les golfs (Nord de la Chine, climat tempéré)
De 120 à 180 k€ d'installation et 4 k€ pour un terrain naturel contre 400 à 500 k€ d'installation et des frais d'entretien négligeables pour un terrain synthétique	0,4 €/m² pour un désherbage manuel contre 0,1 €/m² pour un désherbage avec des produits phytosanitaires	Provision : 1 100 €/ha/an Régulation : 600 €/ha/an Consommation d'eau : 970 €/ha/an Coût de création d'un golf à 18 trous : de 3 à 6 M€ (Voir Annexe Technique n° 33).

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
RÉGULATION THERMIQUE	Réduction de la température et diminution des îlots de chaleur Voir Annexe Technique n° 34	La présence de végétation ligneuse en strate arborescente dans les jardins privés permet une réduction de la température de l'air comprise entre 1 et 2 °C par rapport à un jardin avec de la végétation rase (gazon)
GESTION DE L'EAU	Stockage et diminution du ruissellement Voir Annexe Technique n° 33	Les golfs fournissent un service de stockage des eaux pluviales équivalent à 600 €/ha/an
ASSAINISSEMENT DE L'AIR	Fixation des polluants dans l'air	Les jardins privés ont un rôle important dans la qualité de l'air ressentie (Voir Annexe Technique n° 35)
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Richesse spécifique Voir Annexes Techniques n° 37 et n° 38	Les cimetières contiennent une richesse en habitats et en espèces importante (chauve-souris, oiseaux, plantes natives et lichens) La taille des jardins privés est hautement corrélée à la richesse spécifique, principalement lorsque que le jardin ne contient pas que du gazon
	Habitats et connectivité Voir Annexe Technique n° 36	Attrait des cimetières par l'avifaune (3 fois plus de cavités créées par les oiseaux que dans les parcs)
PROTECTION DES SOLS	Réduction des risques d'érosion	Réduction en moyenne de l'érosion des sols d'entre 2,9 et 3,7 t/ha/an
SÉQUESTRATION DE CARBONE	Stockage du carbone dans l'appareil végétatif	Golf : séquestration d'environ 320 kg CO ₂ eq/ha de Tées, Green ou Rough et environ 2 700 kg CO ₂ eq/ha d'arbres (Voir Annexe Technique n° 33)
ESTHÉTISME	Zones de calme et reconnexion à la nature Voir Annexe Technique n° 39	Corrélation pour 68% des habitants entre la beauté d'un cimetière et la présence de végétation. Rôle éducatif, réduction du stress et maintien du patrimoine culturel.

Retombées économiques locales

Les jardins privés permettent, grâce au jardinage participatif, d'offrir un milieu d'apprentissage en horticulture, d'éduquer à l'adoption de pratiques alimentaires saines, et de contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire

Inclusion des parties prenantes locales

- Jardins privés :*
Voir [Annexe Technique n° 40](#)
- Communication pour réduire l'effet d'homogénéisation entre jardins.
 - Encourager la végétation spontanée, les haies non taillées, le compost, les supports de reproduction pour l'avifaune, le bois mort, les murs secs et les zones humides
 - Favoriser les séparations poreuses pour la biodiversité entre les parcelles (haies plutôt que grillage).
- Cimetières :*
- Communication nécessaire sur la présence de végétation spontanée dans les cimetières.
 - Prise en compte des attentes culturelles et spirituelles de la population.

Partenaires qualifiés

- *Cimetières :* Agence Régionale de la Biodiversité d'Ile de France, cimetière écologique de Niort, villes de Courbevoie et de Rennes.
- *Terrains de sport :* Label Pelouses Sportives Ecologique, soutenu par les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement.

Approfondir

- ▶ FLANDIN Jonathan, [Guide de conception et de gestion écologique des cimetières](#), Natureparif, 2015.
- ▶ Gestion écologique des terrains sportifs PETROVIC Ana M., ["Managing sports fields to reduce environmental impacts"](#), *Acta Horticulturae*, 2014, pp. 405-412.

Indicateurs de suivi

Jardins privés : bourdons, avifaune.
Cimetières : avifaune, chiroptères, pollution du sol.
Golfs et terrains sportifs : insectes dans les éléments bordants les terrains, variétés végétales sur les terrains.
Indicateurs non-écologiques : coûts d'entretien et consommation en eau et en produits phytosanitaires

Mécanismes incitatifs locaux à développer

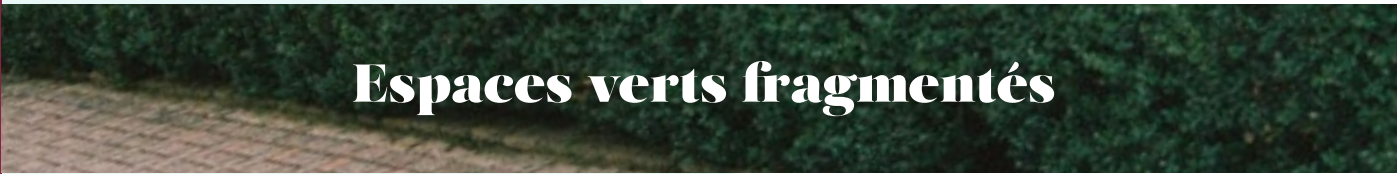
Jardins privés : Soutenir des politiques environnementales communales dans la gestion des jardins publics afin de transmettre les bonnes pratiques aux propriétaires privés par un effet top-down.
Cimetières : Etendre les bonnes pratiques (interdiction des produits phytosanitaires, maintenance des joints pour prévenir l'apparition d'adventices, etc.) aux particuliers et aux entreprises à travers le règlement du cimetière.

Conception et contexte

Eléments techniques de conception et zonage.
Voir Annexes Techniques [n° 41a](#) et [n° 41b](#).

Références de projet

[Stades Maurice-Baquet et Jerzy-Popieluszko](#), Guyancourt (France)
[Cimetière naturel de Souché](#), Niort (France)



Espaces verts fragmentés

Les espaces verts fragmentés, tels que les jardins de pluie, les noues et les haies, ont **un rôle d'aires de biorétention et de connecteurs écologiques**. Le *jardin de pluie* consiste en une légère dépression végétalisée dans laquelle sont acheminées les eaux de ruissellement des toitures et des aires pavées, et permettent de **gérer les risques d'inondation liés au ruissellement des eaux pluviales**. Une *noue*, ou *bande filtrante*, prend la forme d'une pente douce qui achemine les eaux vers les zones de biorétention, tout en **ralentissant leur écoulement et en filtrant les eaux pluviales**. Les *haies* assurent **un rôle de corridor écologique et permettent l'installation d'espèces auxiliaires** qui pourront avoir des fonctions variées : pollinisateurs (hyménoptères, papillons), prédateurs directs (mésanges, chrysopes), parasitoïdes (ichneumons), ou bien décomposeurs.

Les coûts & bénéfices

Coûts d'investissement et de gestion évités sur des projets de gestion du ruissellement	Comparaison des coûts d'installation et d'entretien de méthodes de gestion du ruissellement (classique/écologique)
Jusqu'à 30% d'économie pour un projet intégrant la gestion écologique des eaux de pluie, avec des fossés végétalisés et des noues (Voir Annexe Technique n° 42)	Installation d'une canalisation : 20 à 60 €/ml Entretien d'une canalisation sur 30 ans : 14 €/ml/an ²⁰ Installation d'une noue : 12 €/m ³ , 35 €/m ³ pour un fossé Végétalisation d'une noue : 1 à 2 €/ml et entretien à 3 €/ml + 1,30 €/m ² /an de tonte (0,20 €/m ² /an si fauchage tardif) ²¹

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Richesse végétale spécifique Voir Annexe Technique n° 45	Les noues abritent une variété d'espèces jusqu'à 2 fois supérieure à celle des espaces verts jardinés et 3 fois celle des gazons. Leur diversité spécifique est jusqu'à 1,3 fois plus importante à celle des espaces verts et 1,6 fois à celle des gazons. Les baies des espèces non-natives présentes dans les haies sont adaptées à la quasi-totalité des espèces d'oiseaux
	Recueil, infiltration de l'eau et drainage Voir Annexe Technique n° 43	Jardin de pluie : infiltration de 30 % de plus des eaux pluviales par rapport à une pelouse traditionnelle Réduction du ruissellement jusqu'à 94 % par les noues en comparaison avec de l'asphalte et 75 % en comparaison avec une voirie drainée ²²
GESTION DE L'EAU	Assainissement de l'eau Voir Annexe Technique n° 44	Abattement des matières en suspension (MES) compris entre 55 et 91 % dans des noues, un abattement du plomb entre 17 et 76 %, et du zinc entre 63 et 93 %, du carbone organique dissous de 53 à 74 %, voire jusqu'à 100 % pour des noues munies d'écorces Les jardins de pluie permettent une réduction de la pollution en nitrate et en phosphore dans les eaux pluviales pouvant atteindre 60 % si le substrat est constitué partiellement de sol organique, au lieu d'ardoise ou de sable
SÉQUESTRATION DE CARBONE	Stockage du carbone dans l'appareil végétatif Voir Annexe Technique n° 46	Les noues enherbées permettent un stockage de 0,30 kg CO ₂ eq./m ² /an ⁿ ; la présence de ligneux et d'arbrisseaux permet de doubler cette valeur

Inclusion des parties prenantes locales

Communication sur la capacité des haies à permettre l'enclousonnement des parcelles privative
Identification des espèces adaptées afin de privatiser certains espaces (espèces à épines, etc.), ainsi que des disservices potentiels (allergènes, caractère invasif des espèces, ombrages non souhaités)

Indicateurs de suivi

Noues et haies : espèces d'invertébrés (hyménoptères, diptères, coléoptères et arachnides)
Haies spécifiquement : mammifères et oiseaux

Partenaires qualifiés

Agence Régionale de la Biodiversité Ile de France
Agences de paysage

Références de projet

[Communauté urbaine du Grand Nancy](#)

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Introduire les concepts de noues et des éléments de biorétention des eaux pluviales dans les Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)
Haies : création d'une filière bois locale si développement de haies multi-strates et en espace public

Approfondir

- ▶ Norpac (filiale Bouygues Construction), "[Fiche technique : Gestion de l'eau à la parcelle : les noues et fossés](#)", Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP), en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011.
- ▶ Design des noues de rétention des eaux pluviales
Gold Coast Planning Schema Policies, "[13.4 Bioretention swales](#)", Section n°13 Water Sensitive Urban Design (WSUD) Guidelines, Policy n° 11, *Our Living City*, Australie, 2005.
- ▶ Choix des espèces pour les noues
HUNT William F. & al., "Plant Selection for Bioretention Systems and Stormwater Treatment Practices", *Water science and Technology*, 2015.
- ▶ Services écosystémiques fournies par chaque espèce pouvant intégrer une haie en climat tempéré
BLANUSA Tijana & al., "[Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe](#)", *Springer Briefs in Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 44, 2019.



Agriculture urbaine et péri-urbaine

Arboriculture, maraîchage, élevage, horticulture... L'agriculture urbaine et péri-urbaine (AUP) occupe une place prépondérante dans de nombreuses économies en développement, notamment en Afrique. Face à une urbanisation croissante, son intégration dans les dynamiques urbaines présente des opportunités en termes de sécurité alimentaire (qualitative et quantitative), de reconversion du foncier et de préservation de la nature des sols. Tout en s'inscrivant dans la création de corridors écologiques ou la reconquête de friches, l'agriculture urbaine assure un effet tampon entre les espaces habités et les espaces naturels. Des formes de pratiques agricoles vertueuses (agroécologie ou permaculture) peuvent fournir des bénéfices écosystémiques et jouer un rôle social, politique et culturel. L'agriculture régénérative, qui s'appuie sur la réhabilitation des capacités fonctionnelles du sol, est un système agricole prometteur du point de vue de la protection de la biodiversité et des rendements pour nourrir les populations.

Les coûts & bénéfices

Types d'AUP	Coûts	Estimation des rendements
Voir Annexe Technique n° 47		
AQUAPONIE SIMPLE	Installation, fonctionnement et maintenance : investissement de 1 300 €/m ² ²³	Bâle, Suisse : 16 t de légumes et 4 t de poisson par an pour 1000 m ² ²⁴
AGRO-ÉCOLOGIE	Semences locales et biologiques d'oignons au Mali : 5,34 €/100 gr Semences produites par les firmes internationales : 9,15 €/100 gr	Augmentation moyenne des rendements de 80 % dans 57 pays en développement ²⁵
CULTURE EN BACS EN TOITURE	Investissements de départ entre 86 k et 410 k\$ pour un toit maraîcher de 2 000 m ² Besoin de main d'œuvre : 1,5 h/m ² ²⁶	Cultures sur toits en bacs (Paris, France) : 4,4 - 6,1 kg par m ²
CRÉATION DE ZONES AGRICOLES	Coût de dépollution d'une friche urbaine prix d'acquisition, 15 % par rapport aux dépenses d'aménagement, 8 % du prix de revient ²⁷ Faibles coûts de transports, faible coût de main d'œuvre si dimension participative	Retour sur investissement sur 5 ans pour une friche reconvertie en ferme urbaine à Versailles (France) ²⁸ Potentielle source de ressources fiscales (location de jardins)

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
APPROVISIONNEMENT	<i>Production de végétaux ou élevage d'animaux</i>	Production of food, medicinal plants, raw materials ► Brazzaville, Congo: urban horticulture accounts for 65% of the total vegetable supply ²⁹
GESTION DU SOL	<i>Effet tampon</i>	Maintien et entretien de zones tampons entre les espaces anthropisés et naturels (zones humides et inondables)
	<i>Stailisation des sols et contrôle de l'érosion</i>	Préservation du potentiel agronomique et perméabilisation des sols, stabilisation des sols par l'utilisation de compost
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Diversité et continuité</i>	Contribution de la biodiversité agricole au maintien et à la circulation fonctionnelle des espèces en ville (trames brunes)
GESTION DE L'EAU	<i>Stockage et restitution de l'eau</i>	Régénération des fonctions de rétention des sols ► Antananarivo, Madagascar : stockage de 850 km ³ d'eaux (soit 3 jours de pluie intense) par une vallée de 287 ha ³⁰
INTÉRÊT SOCIAL ET BIEN-ÊTRE	<i>Valeurs culturelle, spitiruelle et éducative</i>	Caractère sacré de la Terre dans certaines cultures, enrichissement du paysage urbain, dimension pédagogique, réappropriation des pratiques traditionnelles
	<i>Santé</i>	Accès à une alimentation de qualité et saine, sécurité des pratiques sans pesticides ni produits agro-toxiques

Usage des ressources naturelles

Techniques culturales de type agriculture biodynamique, permaculture ou agroécologie : Voir [Annexe Technique n° 48](#).

- Régénération des propriétés biologiques du sol (perméabilité, structure, bactéries, fertilité, cycles géochimique et hydrique). En cas de pollution avérée ou forte densité, utilisation de supports de culture (terrasse, toits).
- Valorisation agronomique des eaux usées (épandage des eaux brutes si composition favorable ou irrigation par les eaux traitées), des intrants de manières extensive (VS intensive) et des déchets verts (compost, guano, crotting, fumier, paillage).
- Préservation du patrimoine végétal et culturel et maintien de la diversité génétique cultivée (variétés anciennes, auxiliaires de culture) via la mise à disposition de semences locales.
- Interactions élevage-horticulture et alimentation du bétail par les résidus de cultures maraichères.

Gestion et entretien : suppression ou usage raisonné des intrants et produits phytosanitaires ; techniques sans labour ou semi-direct ; rotations culturales en jachère et/ou alternance avec de l'élevage ; sélection naturelle des espèces adaptées et lutte contre les bioagresseurs (ravageurs, adventices, maladies) ; développement d'une végétation sauvage en périphérie des parcelles.

Retombées économiques locales

- Développement de l'agrotourisme
- Autonomisation semencières et filières locales de fertilisants
- Revalorisation des savoirs et savoir-faire
- Emancipation financière des femmes agricultrices et transformatrices par la diversification de leurs activités.

Inclusion des parties prenantes locales

Consultation des groupes d'organisations paysannes et acteurs issus de l'agriculture familiale (femmes) ; acteurs formels ou informels des déchets ; collectivités locales (fiscalité, planification, transport...).

Indicateurs de suivi

Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires (degré d'absorption des contaminants par l'organisme humain). Voir élaboration d'un Plan de Maîtrise Sanitaire en [Annexe Technique n° 50](#).

Etat de santé de la parcelle : inventaires naturalistes, analyse de la part des micro-milieus créés ou conservés par les activités agricoles (bois mort, buttes, mares, fossés).

Etat des eaux : analyse physico-chimique des eaux en aval des parcelles ou dans les nappes phréatiques.

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Politiques volontaristes : aides à l'installation, accès au foncier des femmes et petits producteurs, lincitation fiscale, équipements urbains marchands, connexion de la demande à l'offre agricole locale (restauration, grande distribution, etc.).

Changement d'échelle et développement des circuits (transformation, conservation, stockage, distribution, vente directe).

Programmes de formations des agriculteurs à la gestion de leurs exploitations en autonomie et pratiques raisonnées.

Conception et contexte

- Diagnostic agricole et intégration des enjeux identifiés dans les documents d'urbanisme (Voir [Annexe Technique n°49](#))
- Reconversion de friches urbaines faiblement polluées en zones agricoles (Voir [Annexe Technique n°51](#))

Partenaires qualifiés

Urbalia, Saaltus, Natureparif, Cerema, Gret, Cirad, INRA, AgriSud International, Grdr, Essor



2.3. Espaces linéaires ou ponctuels

Dans le cadre d'aménagements urbains, les espaces linéaires végétaux peuvent connecter les espaces ponctuels entre eux et offrent ainsi une marge de mobilité aux espèces animales. Les linéaires d'arbres constituent souvent une grande partie de la végétation des centres-villes et pourvoient de nombreux services écosystémiques. Les systèmes de transport linéaires peuvent alternativement représenter une menace pour la biodiversité du fait de la fragmentation des habitats et de l'isolement des populations, ou une opportunité lorsqu'ils sont conçus comme une composante du paysage urbain et favorisent la perméabilité des cheminements, tant piétons que pour la faune.

FICHES TECHNIQUES

■ Arbres en ville

Les arbres urbains peuvent être spontanés ou introduits par l'Homme, et participent au patrimoine des villes du fait de leur inscription dans un cycle de temps long. Ils sont plus ou moins utiles à la biodiversité et rendent de nombreux services écosystémiques, mais peuvent aussi représenter des désagréments ou des risques pour la population s'ils ne prennent pas en compte les attentes des riverains.

■ Voiries et infrastructures de transport

La voirie désigne l'ensemble des voies de circulation du réseau routier (routes, chemins, rues, etc.) et regroupe la chaussée, destinée à la circulation, ses accotements et les éventuels terre-plein centraux, ainsi que les espaces pour les piétons (trottoirs imperméables ou libres). De plus, les infrastructures ferroviaires (chemins de fer, passages à niveau) représentent des espaces linéaires qui présentent autant de risques que d'opportunités pour la biodiversité.

*Plantation d'alignement et végétation liénaire en accompagnement des espaces publics en hypercentre.
© Antoine Mougenot, Tokyo, Japon, 2018.*

FICHE TECHNIQUE

Arbres en ville

Les arbres, groupés ou alignés, contribuent à **améliorer la connectivité écologique en ville et à relier les différents noyaux de biodiversité** entre eux (espaces naturels, parcs et jardins). Si les arbres isolés peuvent être utilisés par certaines espèces mobiles, les arbres d'alignements répondent en partie aux besoins de connectivité écologique. Le bois mort, quant à lui, est particulièrement intéressant comme habitat pour les insectes saproxylophages et sert souvent de refuge à l'avifaune.

Les coûts & bénéfices

Prix hédonique moyen d'un arbre	Evaluation économique des services écosystémiques	Coûts de plantation
À Portland, un arbre avec une canopée de 80 m² ajoute 3% (8 870 \$) au prix de vente d'une maison, équivalent à l'ajout de 12 m² ³¹	Indiana, USA : 9,7 M\$ pour les économies d'énergie, 24,1 M\$ pour la gestion du ruissellement des eaux de pluie, 2,8 M\$ pour la capacité de filtration des particules polluantes et 1,1 M\$ pour la capacité de séquestration du carbone. Bénéfices sociaux et esthétiques évalués à 41 M\$ sur la valeur des propriétés adjacentes ³²	<u>En voirie</u> : 4 500 € à 7000 € en moyenne (création de la fosse; plantation; bordure et finition) dont 300 à 400 € pour un arbre d'une dizaine d'années <u>En parc</u> : sol plus favorable, ne nécessitant qu'une décompaction pour un coût total de 1 200 € ³³

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
RÉGULATION THERMIQUE	Réduction des îlots de chaleur urbain Voir Annexe Technique n° 52	Réduction jusqu'à 3 °C de la température de l'air dans les rues plantées d'arbres matures et d'environ 2 °C dans les rues adjacentes à Tel-Aviv
	Effet tampon sur les micro-climats	En ville tropicale, diminution de 2 °C de l'amplitude de la température de l'air et de 20 °C de l'amplitude mesurée sur routes pavées (Voir Annexe Technique n° 53)
GESTION DE L'EAU	Stockage et infiltration des eaux de pluie	En 2009, à Orlando, les 68 000 arbres étudiés ont intercepté plus de 900 M de litres d'eau de pluie, pour une valeur estimée à 539,151 \$ (Voir Annexe Technique n° 54)
ASSAINISSEMENT DE L'AIR	Filtration de l'air par fixation des polluants sur les feuilles Voir Annexe Technique n° 55	A Guangzhou (Chine), en 2000, pour 1 637 ha plantés : 2,52 mg/mois de SO2 sont filtrés de l'air par dépôt sec (182 €), 4,00 mg de NO ₂ (290 €) et 2,40 mg de particules en suspension (2 356 €)
ISOLATION ACOUSTIQUE	Captation des ondes sonores par le tronc et le feuillage	Réduction de 4 à 12 dB des ondes sonores selon l'espèce (Voir Annexe Technique n° 56)
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Habitats et connectivités Voir Annexe Technique n° 57	Les arbres urbains servent d'habitats pour les espèces aviaires (0,25 individus par arbre natif, et 0,08 par arbre non-natif)
SANTÉ	Ombrage et protection des UVs Voir Annexe Technique n° 58	Réduction de 15 % à 30 % des rayons UV incidents sous la canopée au niveau de la voirie et des ensembles résidentiels
PROTECTION DES INFRASTRUCTURES	Moindre dégradation par les rayons du soleil Voir Annexe Technique n° 59	Au bout de 12 ans, le Pavement Condition Index (Indice d'état de la chaussée) est de 0,5 pour un pavé non ombragé et 0,7 pour un pavé ombragé par un micocoulier
STOCKAGE DU CARBONE	Séquestration et stockage	A New-York, stockage de 1,225,200 tonnes de carbone, avec une séquestration annuelle nette de 20,800 tonnes par an pour 5 M d'arbres (Voir Annexe Technique n° 60)
ESTHÉTISME	Identité paysagère	Création d'une identité paysagère pour les habitants et définition d'une relation aux temps et aux saisons en zone tempérée

Retombées économiques locales

Augmentation de la valeur des propriétés et des revenus du tourisme

Usage des ressources naturelles

Usage du sol : préserver le sol si qualitatif ou compenser sa pauvreté par décompactage et apport de terre végétale locale

Fragilité des populations : imposer 10 % d'espèces identiques maximum pour éviter les épidémies. Choisir des essences locales plutôt que des espèces introduites ou des cultivars empreints aux ravageurs. Utiliser des techniques alternatives pour la destruction des ravageurs (type lutte biologique intégrée). Choisir des variétés anciennes pour les vergers, si possible en alignement de voirie pour sauvegarder la diversité des fruits et profiter de leur résistance aux maladies

Espèces envahissantes : surveiller les espèces envahissantes sur sol à nu

Inclusion des parties prenantes locales

Communication sur l'intérêt du bois mort

Prise en compte des attentes sur la place de l'arbre urbain (sécurité, usage collectif, etc)

Identifier les fournisseurs locaux (pépiniéristes, etc.)

Définitions

Saproxylophage : organisme consommant du bois mort en décomposition

Approfondir

- Trees and Design Action Group, *Arbres en milieu urbain : Guide de mise en œuvre*, 2014.
- Guide technique Biodiversité et Paysage Urbain, "[Fiche 16 : L'arbre en ville](#)", Urbanisme, Bâti & Biodiversité (U2B).
- Mairie d'Orléans, [Charte orléanaise de l'Arbre Urbain](#), Agenda 21 d'Orléans, 2011.

Indicateurs de suivi

Richesse et diversité spécifique végétale, d'oiseaux et d'insectes

Qualité d'infiltration et drainage, températures

Augmentation de la valeur foncière

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Parrainages de plantation par les habitants, Déduction fiscale des dons associatifs (programmes de plantation et d'entretien des arbres type WWF)

Conception et contexte

Plantation d'un arbre (Voir [Annexe Technique n° 61](#))

Eléments techniques de conception, de plantation et d'entretien (Voir [Annexe Technique n° 62](#))

Choix des essences en fonction de la zone géographique, des contraintes d'envahissement (taille des fosses, présence de réseaux enterrés, exposition au vent, etc.)

Voir Annexes Techniques [n° 63a](#) et [n° 63b](#))

Partenaires qualifiés

- Ville d'Orléans, CRITT Horticole, UPGÉ
- Partenaires internationaux : Trees for Cities, Trees.org
- Agences de paysage

Références de projet

[Parks and Tree Act](#), Singapore

[Soweto Greening Project](#), Johannesburg (Afrique du Sud)

[Urban tree forest of Mendoza](#), Argentine

71



Voiries et infrastructures de transport

L'aménagement de voiries et d'infrastructures linéaires de transport terrestre (autoroute, voie ferrée, route, ouvrages d'art, etc.) provoquent **une fragmentation du paysage, des écosystèmes et des habitats**, empêchant parfois la faune et la flore de réaliser leur cycle de vie. La circulation du vivant doit donc s'appréhender de manière globale, afin de **proposer le meilleur équilibre entre nécessaire desserte des villes et connectivité des milieux**. En complément de la réflexion sur les tracés, l'association de barrières écologiques dites « dissuasives » peuvent **limiter les facteurs de perturbation des espèces animales**, comme les nuisances sonores et lumineuses ou les risques de collision. Plus encore, lorsqu'ils sont conçus en prenant en compte les spécificités des milieux et des espèces qui les composent, ces aménagements et les dépendances vertes peuvent **constituer des corridors (pénétrantes) et/ou assurer un rôle tampon (interface), entre l'écosystème urbain et les zones naturelles**. Le croisement des stratégies de mobilité urbaine et de planification des trames vertes et bleues présente des leviers intéressants pour le développement et la répartition spatiale de la biodiversité urbaine.

Les coûts & bénéfices

Types d'infrastructures	Coûts d'aménagement et d'entretien
VOIES À GRANDE CIRCULATION	Passages à faune (Voir Annexe Technique n° 64): ► Crapauduc : 500 € (conduit bétonné 50 cm) sur tout type de voirie (mammifères et amphibiens) ► Faunatunnel : 30 à 50 k€ (structure béton 10cm de large) Entretien des dépendances vertes et gestion extensive (rues, routes, avenues) : 1,40 €/m ² ³⁴ Plantes à faible entretien et peu demandeuses en eau selon les climats
VOIRIES URBAINES (PARKING, TROTTOIRS...)	Revêtements perméables (zones à faible circulation ou aires de stationnements) Dalles alvéolées ou engazonnées : ► 20 à 22 €/m ² pour « les grilles de gazon » en béton ; ► 20 à 23 €/m ² pour des pavés béton-gazon ³⁵ Faibles coûts d'entretien

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
GESTION DE L'AIR	Amélioration de la qualité de l'air	Absorption des polluants et particules présents dans l'air par les végétaux, notamment l'azote et le CO ₂
RÉGULATION ACOUSTIQUE	Atténuation du bruit	Les revêtements végétaux (végétation, substrat) permettent de réduire les nuisances sonores générées par les infrastructures de transport. L'engazonnement des voies permet la réduction des bruits environnementaux de 6 décibels (ou dB(a)) pour la circulation des tramways ³⁶
RÉGULATION THERMIQUE	Atténuation des îlots de chaleur urbain	Une réduction des surfaces minérales réfléchissantes couplée à la végétalisation des voiries accroît le confort thermique dans l'environnement immédiat
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Diversité et habitats	40 % de la flore francilienne dénombrée sur les bandes de servitude du réseau de transport de gaz naturel en Ile-de-France et Eure-et-Loir entre 2007 et 2009 ³⁷
GESTION DE L'EAU	Rétention des eaux de pluie	Rétablissement de la capacité de rétention des eaux de pluie des sols grâce à des revêtements perméables et meilleure fonctionnalité des voies routières
INTÉRÊT SOCIAL ET BIEN-ÊTRE	Valorisation paysagère	Création d'un continuum paysager, amélioration de l'esthétique et du cadre de vie des habitants



Usage des ressources naturelles

- Gestion et entretien :
- Diminution des rythmes et hauteurs de tonte selon le degré de passage.
 - Promotion d'un développement libre ; fermeture saisonnière de certains axes selon les processus migratoires des espèces cibles.
 - Intégration des enjeux relatifs aux voiries forestières (Voir [Annexe Technique n° 67](#)).

Inclusion des parties prenantes locales

Concertation à l'échelle territoriale adaptée à l'infrastructure (collectivités concernées, état).
Consultation des acteurs associatifs locaux (naturalistes, pêcheurs, chasseurs...).

Concertation des riverains et utilisateurs particuliers (handicapés, parents avec poussettes...).

Indicateurs de suivi

Suivi long terme par un écologue sur le terrain : surveillance de l'intrusion d'espèces et de leur mise en danger, mortalité et collision.

Surveillance de l'adéquation des stratégies de gestions au contexte "espèces - habitats – infrastructures".

Partenaires qualifiés

- [Programme ITTECOP](#), Infra Eco Network Europe.
- Agences de paysage, Bureaux d'études techniques (BET) Voiries Réseaux Divers (VRD) et génie écologique.

Définitions

Dépendances vertes : espaces végétalisés bordant les infrastructures de transport, tels que les accotements, talus, terre-pleins centraux, ronds-points, chemins latéraux d'accès, aires de repos, etc.

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Sensibilisation de la population à la biodiversité et la santé de l'environnement : changement des mentalités sur l'entretien des voiries en ville et les notions de propreté (« mauvaises herbes », fauches tardives...).

Entreprises gestionnaires et autorités locales : formation des agents, transferts de gestion aux habitants pour certains espaces type pieds de murs, pieds d'arbres.

Conception et contexte

Éléments de zonage et tracés (Voir [Annexe Technique n° 65](#)) : importance des documents de planification et diagnostic des continuités écologiques à préserver.

Voiries : choix de matériaux perméables facilitant l'infiltration des eaux selon les usages et le trafic (système alvéolaire végétalisé, pavés avec ou sans joints, gazon, etc), remise en terre ou enherbement des trottoirs, conservation d'un couvert végétal. (Voir [Annexe Technique n° 66](#)).

Grandes infrastructures de transport : méthodes de protection des nuisances acoustiques, sonores et lumineuses (avertisseur sonore, orientation des lampes vers le sol, etc), dispositifs de dissuasion (ultrasons, répulsifs olfactifs, réflecteurs et miroirs) associés à la création de passages à faune ou à flore (écoducs) adaptées aux espèces locales, optimiser la continuité de la végétation originelle au-dessus ou sous la voirie (bois mort, pierres, fossés).

Privilégier les équipes mixtes de conception : ingénieurs VRD-Transport, paysagistes, écologues, urbanistes...

Références de projet

Réhabilitation d'une ancienne ligne ferroviaire urbaine, "[High Line](#)" - New York, (Etats-Unis).
[Passage à faune sur l'autoroute Narayanghat](#), Mugling (Népal).



2.4. Biodiversité et eau en ville

Les milieux aquatiques sont **des réceptacles mais aussi des supports de biodiversité**, dans la mesure où ils assurent des fonctions écologiques très importantes dans les cycles de vies des différentes espèces animales et végétales y compris terrestres. Ils offrent de plus de nombreux bénéfices pour la ville et ses habitants, sous la forme de services écosystémiques tels que **la gestion du ruissellement ou dans l'amélioration de la qualité de l'eau**. Ces interdépendances avec l'eau sont d'autant plus fortes dans les villes fluviales et côtières ou en présence de zones humides.

FICHES TECHNIQUES

■ Cours d'eau urbain

Les cours d'eau et leurs berges offrent des habitats pour la biodiversité et forment des corridors écologiques qui sont structurants pour l'ensemble du paysage écologique urbain. Les services écosystémiques qu'ils rendent (amélioration de la qualité de l'air, de l'eau, etc.) sont directement liés à leur bon fonctionnement hydromorphologique qui repose avant tout sur le respect du cycle de l'eau. En complémentarité des approches à échelles des bassins versants (ou grand paysage), un large panel de techniques d'ingénierie écologiques (approche locale du paysage) sont mobilisables pour la restauration des cours d'eau ainsi que de leurs berges, la résilience face aux inondations et l'accessibilité aux habitants pour des usages plus ou moins intenses.

■ Zones humides urbaines

Les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Elles couvrent environ 6 % des terres émergées et figurent parmi les écosystèmes les plus riches et les plus diversifiés de notre planète, en accueillant une très grande variété d'espèces animales et végétales. Ces espaces ont traditionnellement été perçus comme des contraintes dans l'aménagement des villes que l'on voulait "hors d'eau" et sont encore menacées par l'urbanisation ; leur contribution dans le cadre de l'atténuation et l'adaptation au changement climatique est pourtant indispensable.

■ Biodiversité et villes côtières : gestion des risques et résilience écologique

Selon la FAO, environ trois quarts de la population mondiale vit dans les zones situées à moins de 60 kilomètres des côtes. Les espaces côtiers, marins et estuariens abritent une biodiversité aquatique foisonnante, dont sont dépendantes de nombreuses géographies sur les plans nutritionnel, touristique, économique, culturel et spirituel. Ces écosystèmes dynamiques évoluent perpétuellement avec le trait de côte, lui-même soumis à des phénomènes de hausse du niveau de la mer, d'érosion ou inversement d'engraissement côtier au niveau des estuaires chargés d'alluvions. Les récifs représentent des habitats particulièrement intéressants pour la biodiversité, mais ils subissent souvent des dégradations du fait des rejets de polluants ou de déchets dans la mer. Une gestion durable et encadrée des écosystèmes littoraux, combinée à une compréhension du fonctionnement spécifique de l'environnement urbain (portuaire, balnéaire, pêche...), peut améliorer la résilience des villes face au changement climatique et les conditions de vie des habitants.

*Parc linéaire le long de la rivière Barigüi, alternant berges accessibles et berges renaturées pour limiter l'érosion et favoriser la biodiversité.
© AFD, Ville de Curitiba, Brésil, 2018.*



Cours d'eau urbains

Fleuve, rivière ou ruisseau... Les cours d'eau urbains et leurs utilisations sont **des enjeux sanitaires et économiques décisifs dans les pays en développement**. Ils constituent également **les trames bleues qui assurent la circulation et l'interaction d'une faune et d'une flore variées**, à l'amont et à l'aval des villes. En se basant sur le fonctionnement naturel de ces écosystèmes, **la restauration hydro-morphologique des cours d'eau et de leurs berges** peut rétablir de nombreux mécanismes écologiques, notamment en matière d'autoépuration de l'eau, de maîtrise de l'érosion ou de gestion des extrêmes hydrologiques (crues, inondations...).

Les coûts & bénéfices (Voir [Annexe Technique n° 68](#))

Les coûts et bénéfices d'un projet de restauration varient selon l'état initial et les caractéristiques physiques du cours d'eau, les usages qui lui sont attribués, la technique de restauration utilisée et les différents éléments de planification urbaine à prendre en compte.

Différence de coûts de restauration de berges (Voir Annexe Technique n° 69)	Entretien	Coûts évités par les options de maintien et création d'habitats (Voir Annexe Technique n° 70)	Volonté-à-payer/contribuer (Voir Annexe Technique n° 71)
Technique classique (palplanches acier) : 1 000 €/m linéaire Technique végétale : 250 €/m linéaire	Curage : 3 à 10 €/m ³	Construction de sous-berges : 230 à 3 150 €/unité Création d'herbiers aquatiques : 6 €/m ² Reconstitution de formation d'hélophytes : 18 000 à 60 150 €/ha	25,5 % des habitants de Dhaka (Bangladesh) disposés à contribuer financièrement et 32,75 % physiquement à la restauration de la rivière Buriganga (équivalence de 445,93 M de Tk au total, soit 4,4 Md'€)

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
GESTION DU SOL	<i>Lutte contre l'érosion des berges</i>	Stabilisation efficace des berges par fascines et résistance à une crue de 300 W/m ² , 15 à 20 ans après installation (Voir Annexe Technique n° 72)
RÉGULATION THERMIQUE	<i>Effet albedo et évaporation</i>	Restauration du ruisseau des Aigalades (projet, Marseille, France) : -3° à -6° C par rapport à la température actuelle (54 ha de surface urbaine rafraîchie)
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Diversité d'habitats et continuité</i>	600 poissons (9 espèces différentes) sur un cours d'eau sans obstacle contre moins de 30 poissons (4 espèces différentes) avec obstacles ³⁸
INTÉRÊT SOCIAL, CULTUREL ET CULTUEL	<i>Valeurs récréative, touristique et spirituelle</i>	Augmentation de 250 % de la fréquentation du parc de Ladywell Fields à Londres après restauration de la rivière (UICN) Contribution de l'eau à la santé mentale et au bien-être ³⁹
GESTION DE L'EAU ⁴⁰	<i>Épuration de l'eau</i>	Fonction d'épuration estimée à 251 € ha/an
	<i>Rétention de l'eau et régulation des risques d'inondation</i>	Coût évité de 404 €/ha/an par le service de régulation des crues émanant des plaines d'expansion

Usage des ressources naturelles

Végétalisation de la ripisylve :

- Intégration des différentes states de végétation (herbacée, arbustive et arborée) pour garantir la cohésion et la protection de surface.
- Alternance d'ombre et lumière pour un développement équilibré de la végétation hélophyte (plantes semi-aquatiques et évitant les invasions) et lutte contre l'eutrophisation.
- Favoriser les arbres à racines profondes pour une absorption efficace des polluants (dénitrification).

Gestion de la ripisylve (La non-intervention est une option de gestion à part entière !) :

- Effets stabilisateurs du bois morts selon la position du lit mineur et sa présence est un support pour la faune benthique (fixée sur les substrats ou mobile au fond de l'eau).
- Valorisation des sédiments retirés du fond du lit en renforcement de berges.
- Alimentation de la faune piscicole par les retombées émanant de la canopée (feuilles, insectes, déjections).
- Entretien par trouée et recépage pour alléger l'appareil aérien au profit de l'appareil racinaire et pérenniser les souches : coupe des espèces non-indigènes ou érosives, maintien des arbres d'intérêt biologique et accent sur les espèces ou strates minoritaires.
- Privilégier un entretien de la végétation hors de la période de nidification de l'avifaune et migration des poissons.

Retombées économiques locales

Exploitation des espèces ligneuses de la ripisylve et du limon de crue.

Impacts positifs sur les productions agricoles et activités basées sur l'utilisation de l'eau.

Dynamisation des cours d'eau via le développement des activités de loisir.

Indicateurs de suivi

Evaluation de la qualité biologique du cours d'eau selon la flore aquatique (macrophytes, phyto-plancton...), la faune benthique invertébrée (espèce qui vit sur les substrats dans le fond des eaux) et piscicole.

Conception et contexte

Planification urbaine et modélisation hydraulique (Schéma directeur de gestion de l'eau, Plan de prévention des risques d'inondations)
Voir [Annexe Technique n° 73](#).

Eléments techniques de renaturation d'un cours d'eau et aménagement des berges
Voir [Annexe Technique n° 74](#).

Privilégier les équipes mixtes de conception : écologues, paysagistes, ingénieurs, hydrauliciens et hydrologues...

Références de projet

Cheonggyecheon, Seoul, (Corée du Sud)
Ravensbourn, Londres (Royaume-Uni)

Définitions

Ripisylve : végétation ligneuse (boisement, forêt riveraine, etc.) située à proximité directe d'un cours d'eau et dont la composition en espèces en dépend.

Inclusion des parties prenantes locales

Implication des acteurs locaux dans la démarche : compréhension des enjeux de l'aménagement, concertation autour du partage des usages et participation à la sensibilisation.

Partenaires qualifiés

Agences de l'eau (métropole) et offices de l'eau (outre-mer hors Mayotte), Office National de l'Eau et des Milieux d'Aquatiques (ONEMA), OFB, collectivités locales et syndicats de l'eau, Voies Navigables de France (VNF).

Approfondir

- ROLAND-MEYNARD Marlène & al., *Guides et protocoles de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau*, OFB, 2019.



Mares, bassins et zones humides

Les milieux humides sont **des portions naturelles ou artificielles de territoire** qui sont, ou ont été, en eau, inondées ou gorgées d'eau de façon permanente ou temporaire, identifiables par leur végétation hygrophile et/ou leurs sols hydromorphes. Les zones humides sont **des réservoirs extrêmement précieux pour la biodiversité**, car ils accueillent bien souvent des espèces aux niches écologiques très réduites, c'est-à-dire aux besoins environnementaux (ressources, habitats, humidité) très spécifiques.

On distingue :

- Les *mares permanentes*, en eau toute l'année du fait d'une évaporation modérée, de leur profondeur et de leur surface.
- Les *mares temporaires*, de plus petites dimensions, qui s'assèchent durant la période chaude, et peuvent se limiter à des flaques persistantes pendant plusieurs semaines. Elles accueillent des populations plus spécialisées nécessitant de réaliser leur cycle de vie durant la courte période en eau.

Les coûts & bénéfices

Economie de coûts de gestion pour 4000 m² pour un centre gérontologique (Lormont, France) Voir Annexe Technique n° 75	Entretien de la partie aquatique Voir Annexe Technique n° 76	Coût de restauration d'une zone humide (France)
Gestion classique : 2 800 €	Curage : 3 €/m³ en France	19 000 €/ha¹ (études préalables incluses) ⁴¹
Gestion différenciée : 2 155 €		

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni Voir Annexe Technique n° 77	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques (en USD/ha/an) Sur la base de 200 études de cas Voir Annexe Technique n° 78
RÉGULATION THERMIQUE	<i>Influence sur le climat local</i>	135
	<i>Rétention et lutte contre les inondations</i>	465
	<i>Filtration et épuration</i>	290
	<i>Approvisionnement en eau</i>	45
GESTION ET RESSOURCE EN EAU	<i>Important réservoir de biodiversité</i>	210
	<i>Provision d'habitats pour la reproduction</i>	200
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Loisir, tourisme et valeur esthétique</i>	1 350

Approfondir

- Cerema, *Milieux humides et aménagement urbain : dix expériences innovantes*, Collection Connaissances, 2015.
- Direction de la nature de Bordeaux Métropole & Equipe Agence Ter, [Guide zones humides. Comment intégrer les zones humides dans un projet urbain](#), Projet 55 000 hectares pour la Nature, mars 2015.
- Utilisation du modèle privé ImpacTer dans l'évaluation des retombées socio-économiques des zones humides CDC Biodiversité, ["Evaluation socioéconomique des Solutions fondées sur la Nature"](#), Mission économie de la biodiversité, BIODIV'2050, n° 17, Paris, France, juin 2019.

Retombées économiques locales

Utilisation en engrais des déchets de taille (bois raméal fragmenté) et des déchets de fauche pour le compost

Usage des ressources naturelles

Gestion des espèces invasives :

- Végétales : prévention et arrachage précoce des pousses ou arrachage mécanique, dragage, faucardage avec ramassage, pose de filets pour éviter la contamination en aval.
- Animales : favoriser la prédation des moustiques par la création de haies et bosquets pour attirer les amphibiens et libellules.

Ensemencement naturel ou utilisation de plantes locales, non horticoles, adaptées aux conditions de sol, d'ensoleillement et de besoin en eau (récupérées potentiellement dans les autres mares). Zéro Phytos. Eloigner le site des zones de contaminations potentielles en termes de polluants ou de produits phytosanitaires.

Inclusion des parties prenantes locales

Concilier les usages de la zone humides (fréquentation et protection des habitats), aménager l'accessibilité de l'espace, communiquer sur la présence de milieux humides, associer la population riveraine à la préservation (formation d'équipes en charge de l'entretien, mise en place d'animation de sensibilisation en partenariat avec des associations, sorties éducatives, etc.).

Garantir la sécurité du public par une végétation arbustive, plus économique et esthétique qu'une barrière de sécurité.

Partenaires qualifiés

EauFrance, Pôles Relais Zones Humides, Ifremer

Indicateurs de suivi

Qualité de l'air, de l'eau et des sols.

Nombre d'espèces/unités de surface, nombre d'espèces endémiques.

Production primaire brute et nette.

Voir [Annexe Technique n° 80](#).

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Utilisation des zones humides dans séquence ERC

Voir [Annexe Technique n° 79](#).

Conception et contexte

Eléments techniques de conception et zonage

Voir [Annexe Technique n° 81](#).

Privilégier une équipe mixte de conception : hydrauliciens, paysagistes et écologues...

Références de projet

Yongning River Park, 2004, Taizhou (Chine)
Room for the River - H+N+S, 2006 (Pays-Bas)
Bishan Park - Atelier Dreiseitl, 2012 (Singapour)

Définitions

Bois raméal fragmenté (BRF) : mélange non composté de résidus de broyage de rameaux de bois, issu majoritairement d'arbres feuillus.

Végétation hygrophile : végétation qui nécessite un taux d'humidité relativement important pour son bon développement.

Sol hydromorphe : montre des marques physiques d'une saturation régulière en eau.



Biodiversité et villes côtières : gestion des risques et résilience écologique

L'extension urbaine, l'installation d'habitats précaires et l'anthropisation des sites côtiers accroissent la vulnérabilité de ces écosystèmes, à l'image des récifs coralliens, des mangroves ou des plages. Un diagnostic territorial est nécessaire afin de qualifier les risques pesant sur les milieux, le degré d'exposition et l'état du littoral pour orienter les stratégies à mettre en œuvre.

Selon l'exposition et la réversibilité des phénomènes identifiés, les choix pourront porter sur la réduction des pressions anthropiques, l'amélioration et la consolidation de l'état du littoral, ou encore le repli préventif par relocalisation. Dans ces démarches, la mobilisation de la biodiversité peut s'avérer fructueuse par exemple dans la fixation des massifs dunaires grâce à la végétation ou la stabilisation du trait de côte par la récupération de mangroves. L'appui aux politiques publiques, notamment en matière de gestion des ressources halieutiques, et la prise en compte des continuités aquatiques à l'échelle transfrontalière sont un levier d'intervention qui peuvent venir structurer et pérenniser la planification territoriale et les projets d'aménagement des villes côtières.

Les coûts & bénéfices⁴²

Différence des coûts de restauration des mangroves	Bénéfices et coûts évités Voir Annexe Technique n° 82
Restauration de mangroves : de 200 \$/ha (arrêt de l'abattage du bois, régénération naturelle) à plus de 200 K\$/ha (reconfiguration hydrologique du débit d'eau et dépôts de sédiments, plantations manuelles de plants élevés en pépinière) 2 à 6 fois < au coût d'installation de digues immergées	Economie de 9,8 Mds\$/an dans le monde grâce à la restauration des mangroves

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
GESTION DU SOL	Effet tampon Voir Annexe Technique n° 86	Réduction des flux de polluants anthropiques par les zones sèches ou humides de transition entre le milieu aquatique et urbain
	Stabilisation du sol et lutte contre l'érosion	Contrôle des phénomènes d'érosion marine par la végétalisation des cordons dunaires
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Diversité des espèces et des habitats Voir Annexe Technique n° 83	Rétablissement des nurseries et zones de pontes utiles aux cycles de vie des espèces, reconstitution d'une diversité espèces végétales favorables aux oiseaux et chiroptères
CLIMAT	Séquestration de carbone	Stockage du carbone estimé entre 1 à 6 g CO ₂ eq./ha/an (à une profondeur de un mètre dans le sol) ⁴³
GESTION DE L'EAU	Inondation et débits de crues Voir Annexe Technique n° 83	Réduction de 13 à 66 % de la hauteur des vagues par des mangroves de 100 m de large, 50 à 100 % par des mangroves de 500 m de large ⁴⁴
	Epuración de l'eau	Rétention des sédiments et absorption des nutriments par les zones humides côtières type mangroves. 2 à 22 ha de forêt de mangrove sont nécessaires pour filtrer organiquement les déchets générés par un hectare de bassins d'élevage de crevettes ⁴⁵
INTÉRÊT SOCIAL ET CULTUREL	Valeurs récréative, touristique et spirituelle	Intérêt emblématique de certaines espèces marines selon les géographies et cultures, continuité paysagère et mise en valeur du patrimoine naturel par des sentiers de promenade pédagogiques

Retombées économiques locales

Développement d'un système intégré de foresterie-pêche-aquaculture : maintien de l'équilibre des écosystèmes côtiers, recherche d'alternatives aux pratiques locales génératrices de revenus mais trop intensives.

Inclusion des parties prenantes locales

Partenariat public-privé pour la prise en compte des intérêts divers (écologiques, sociaux et environnementaux) et groupes consultatifs : ONG, comités professionnels des métiers de la mer, entreprises, organisations religieuses, citoyens...

Création d'entités locales et communautaires de gestion pour impliquer la population dans la préservation des espaces côtiers.

Indicateurs de suivi

Suivi de la montée du niveau de la mer : mesure par l'élévation des tourbes (mangroves et marais).

Suivi de l'installation post-larvaire des poissons dans l'habitat côtier pour mesurer sa fonctionnalité.

Analyse de la composition et diversité de la flore et la faune aquatiques.

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Gestion intégrée au niveau local et régional de l'eau (bassins versants, cours d'eau, eaux de pluie et ruissellement).

Réduction à la source des pressions polluantes : utilisation raisonnée des intrants (fertilisants et produits phytosanitaires) dans les activités agricoles, filières de gestion des déchets solides et traitement des eaux usées.

Indemnités et plan de relogement progressif des habitants des zones à risques lorsque leur restauration en zone tampon est l'option la plus raisonnable.

Accompagnement et sensibilisation des citoyens à la fragilité des écosystèmes littoraux et aquatiques.

Conception et contexte

Atténuation de la magnitude et hauteur des vagues par la restauration des mangroves.
Voir [Annexe Technique n° 84](#).

Restructuration de la diversité marine et restauration des fonds marins et petits fonds côtiers : herbiers marins, réintroduction d'algues et reconstitution d'abris propice à la colonisation d'espèces, pépinières locales.

Lutte contre l'érosion des côtes : choix d'une végétalisation spécifique en espèces endémiques et indigènes (renforcement des systèmes racinaires).

Gestion souple des massifs dunaires : brise-vents (ganivelles, filets en fibre végétale) ou couvertures de débris végétaux pour réguler la capacité érosive du vent et réduire sa vitesse ; plantations avec un réseau racinaire long et dense, résistantes à l'ensablement. Voir [Annexe Technique n° 85](#).

Aménagements paysagers : création de voies de déplacements doux, restriction des accès motorisés voir exclusivité piétonne, favoriser la sobriété des aménagements (réversibilité type pilotis) et la perméabilité des sols.

Partenaires qualifiés

Acteurs publics : Office du littoral, Agences et Offices de l'eau, ONEMA, OFB, collectivités locales et syndicats du domaine de l'eau, Expedition MED, Ifremer.

BET : Creoccean, Suez, Egis Eau, Aquascop, Ecocean...

Références de projet

[Restauration du littoral de l'Hermitage les Bains](#) (2018-2022) – Saint-Paul, La Réunion

Approfondir

- UICN & WWF Allemagne, [Racines enchevêtrées et marées changeantes. Gouvernance des mangroves pour la conservation et l'utilisation durable](#), 2020.
- FAO, ["Gestion des plantations sur dunes"](#), document de travail sur les Forêts et Foresterie en zones arides, 2011.



2.5. Biodiversité et bâti

Lorsque l'on adresse le sujet de la présence de biodiversité en ville, il convient de revenir à **la matrice construite qui caractérise le milieu urbain : le bâti**. A la croisée des enjeux de densification et d'extension urbaine, le lien entre bâti et biodiversité pose de multiples interrogations, dont les réponses à apporter varient selon les spécificités géographiques, climatiques et sociales du lieu d'implantation du projet.

- Doit-on favoriser **un modèle urbain plus compact**, pour minimiser l'étalement urbain et l'utilisation des ressources naturelles ?
- Jusqu'à **quel seuil de densité urbaine** les conditions de vie des populations demeurent acceptables, tout en permettant l'accueil de la biodiversité ?
- Comment **concilier nature et architecture** en termes de systèmes constructifs, de matériaux, de fonctionnalité, de confort d'usage et de formes urbaines ?

Le rapport entre le système constructif artificiel, et l'environnement dans lequel il s'établit, est à appréhender comme un écosystème à part entière et invite à **repenser les configurations spatiales et architecturales de la ville** à différentes échelles.

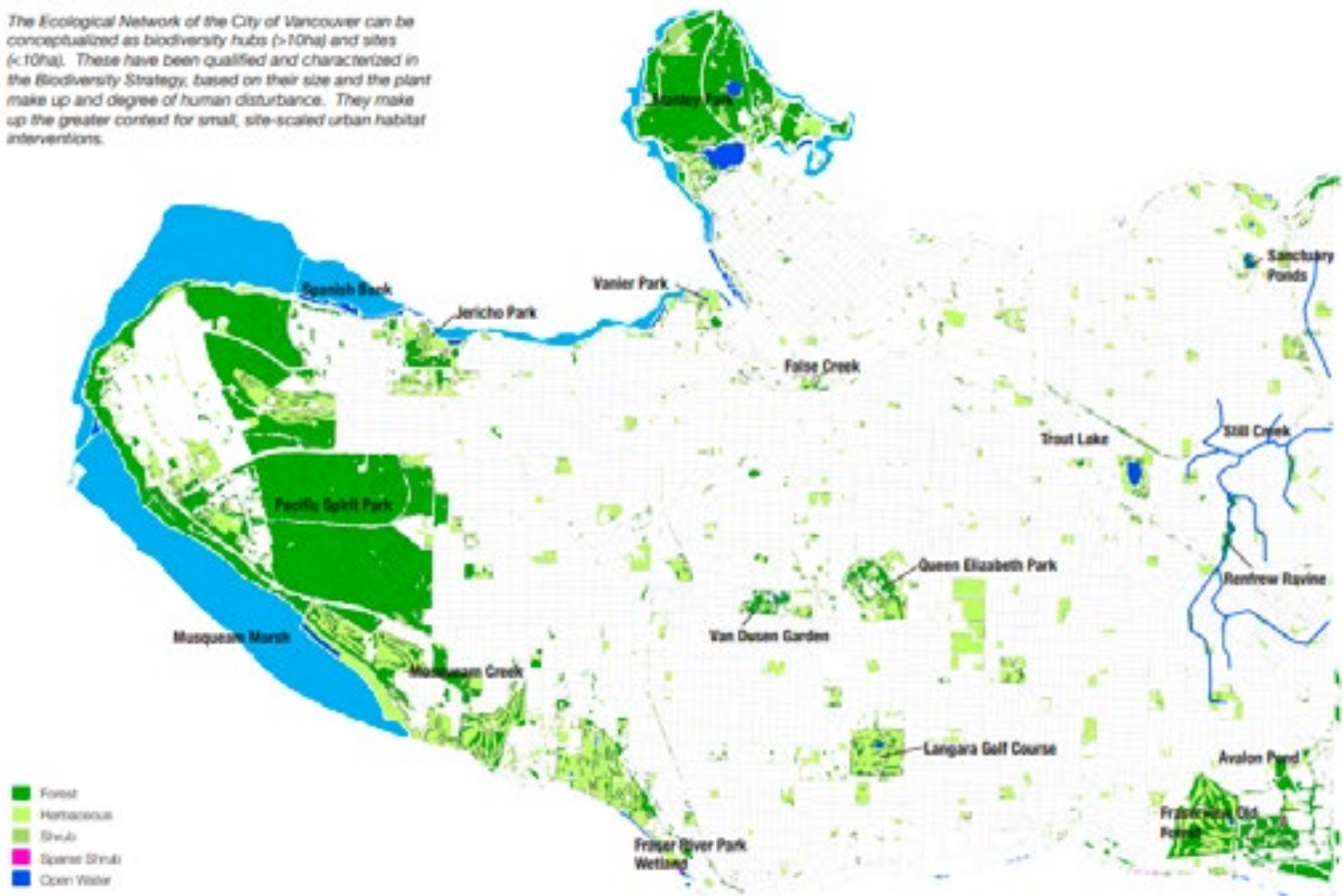
*Les tours " Bosco verticale" de l'architecte Stefano Boeri à Milan. L'intégration de l'équivalent d'1ha de forêt urbaine a généré des surdimensionnements de la structure et des besoins importants en matériaux.
© Boeri Studio, Milan, Italie.*

A l'échelle du territoire

L'élaboration d'une stratégie durable à grande échelle doit permettre de mieux **appréhender les enjeux d'aménagement territorial entre les espaces naturels et bâtis**. Les documents de planification - qui spatialisent les aires naturelles et protégées et les autres catégories d'espaces verts, forestiers, humides, agricoles, etc. - ainsi que les documents d'urbanisme réglementaires, à l'échelle des villes ou des agglomérations, constituent les supports privilégiés pour définir les principes d'équilibre et gradients entre vocations "naturelles" et anthropiques. A titre d'exemple, dans le cadre de sa stratégie territoriale "Biodiversité", la ville de Vancouver a élaboré une cartographie des continuités écologiques. Conceptualisée par des hubs (>10ha) et des sites de biodiversité (<10ha), cette matrice cadre le dimensionnement des projets de construction ou de rénovation du bâti et de l'habitat, au regard des modes de vie de la population et des enjeux biodiversité sur le territoire.

Cartographie des continuités écologiques de Vancouver (Canada)

© Ville de Vancouver, [Connecting to Nature in Vancouver's Urban Landscape](#), Greenest City Scholar, 2014.



A l'échelle du quartier ou de l'îlot

Ce niveau intermédiaire semble être le plus pertinent pour **intégrer pleinement le vivant à la réflexion autour des formes urbaines à privilégier**. Comme défini par la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), les **formes urbaines** correspondent à "*des types d'organisation de l'espace, des configurations spatiales du bâti et des agencements spécifiques des espaces publics*", tels que les parcs et espaces verts. Les différentes **typologies urbaines** (sol bâti ou non bâti, disposition des éléments...) impliquent des degrés variables d'occupation du sol et de fragmentations plus ou moins favorables à la biodiversité.

Typologie de formes urbaines

© FLEGEAU Morgane, *Formes urbaines et biodiversité, un état des connaissances*, Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), 2020. URL : <https://cutt.ly/Sm4BawC>



En *zone urbaine dense*, les configurations urbaines jouent un rôle capital pour permettre, en dépit d'une performance écologique plus faible (flux intense de population, etc), de maintenir des corridors écologiques entre des espaces végétalisés et la structure architecturale des bâtiments (structure-relais types toitures ou murs végétalisés, hauteur des immeubles favorable à certaines espèces...). A l'inverse, en *zone urbaine peu dense*, l'hétérogénéité de l'occupation du sol et les espaces verts privés, principalement en zones résidentielles ou pavillonnaires, favorisent plus facilement la diversité d'espèces et leur fournit un espace intermédiaire de circulation entre la ville et les espaces naturels⁴⁶.

A l'échelle du bâtiment

Le bâti peut être aussi support de biodiversité et intégrer dans sa conception des modes constructifs frugaux et innovants, pour limiter les impacts directs et indirects sur l'environnement et le climat.

L'*architecture vernaculaire (ou traditionnelle)* désigne un type de construction adapté à des pratiques culturelles et un environnement donné, misant sur l'utilisation des ressources à disposition. De son côté, l'*architecture biomimétique* s'attèle à chercher des solutions durables dans la nature, en s'inspirant des processus biologiques qui la gouvernent.

L'*architecture bioclimatique* porte en plus un objectif précis d'**amélioration des conditions de vie des populations par le confort thermique**, en s'appuyant sur les traits du territoire concerné et des techniques issues des autres modes architecturaux. En effet, toujours plus perfectionnés (automates de gestion de chaleur, éclairages, etc), **la construction et l'habitat représentent 40 % de la consommation énergétique des pays de l'OCDE⁴⁷**.

ILS L'ONT FAIT

Afin d'encadrer les constructions nouvelles ou la réhabilitation de l'ancien dans le quartier asiatique Chinatown, la ville de Vancouver au Canada a établi **des préconisations en matière de construction passive⁴⁸** ainsi que des lignes directrices des projets d'aménagement urbain⁴⁹.

Les préconisations en termes d'usages, de hauteur (15,3m maximum), de formes, de densité, taille d'îlot ou d'orientations visent à **sauvegarder l'identité historique et paysagère du bâti et à promouvoir des processus de ventilation naturelle ou d'exposition solaire, adaptés au climat et au confort d'usage**.

2.5. Biodiversité et bâti

FICHES TECHNIQUES

■ Architecture bioclimatique

Quelle est la contribution de la biodiversité à l'optimisation de l'efficacité énergétique du bâti ? Comment favoriser le développement de filières locales de matériaux ? Qu'il s'agisse de construction neuve ou de rénovation de bâtiments anciens, des techniques bioclimatiques et des savoir-faire particuliers s'inspirent du vivant pour améliorer la résilience des villes et offrir des bénéfices sous formes de services écosystémiques. En parallèle, les infrastructures d'origine humaine peuvent intégrer des structures plein sol aux abords du bâtiment ou hors sol, qui serviront de milieu de croissance pour les populations végétales et de refuge pour les populations animales.

■ Toits et toitures végétalisées

Les toits et toitures végétalisées sont des aménagements en toits terrasses recouverts de végétation, composée de couches d'isolants et de substrat de hauteurs variables. Il existe différentes techniques afin d'adapter les infrastructures à chaque contexte climatique, aux configurations de la toiture, etc.; l'intégration d'un toit végétalisé dans un bâtiment est d'autant mieux réalisée qu'elle est planifiée en amont. Les toits végétalisés rendent un grand nombre de services écosystémiques pour les habitants et permettent souvent de valoriser économiquement le bâti.

■ Façades végétalisées

Les végétaux peuvent, dans certaines conditions climatiques, être disposés sur des espaces verticaux, le plus souvent accolés à des murs : on parle alors de façades végétalisées lorsque des plantes grimpantes recouvrent la surface, tandis que le concept de mur végétal désigne des écosystèmes verticaux, souvent soutenus par une structure artificielle. Ces techniques permettent toutes deux d'améliorer l'isolation thermique des habitations, mais impliquent des coûts d'installation et des modalités d'entretien différents.



Architecture bioclimatique

S’il y a autant de typologies d’architecture bioclimatique qu’il existe de climats, toutes consistent à utiliser le potentiel local (ressources naturelles, caractéristiques climatologiques, main-d’œuvre, savoirs) pour proposer des habitations confortables, peu consommatrices d’énergie et résilientes face aux contraintes climatiques. Au-delà des opportunités de création d’habitats pour accueillir la faune et la flore, le bâti s’inscrit alors dans une démarche de construction passive, en s’appuyant sur des SfN pour favoriser l’inertie thermique, gérer l’eau ou encore la qualité de l’air. La notion de "biodiversité grise" y est centrale et élargit l’analyse du projet aux impacts du cycle de vie du bâti,(incluant la production, la fabrication, le transport, l’utilisation, l’entretien puis le recyclage des matériaux utilisés) et à l’environnement (en termes de destruction d’espèces et d’habitats, fragmentation spatiale, uniformisation génétique et paysagère ou inversement d’impacts positifs).

Les coûts & bénéfices

Coûts des procédés de construction bioclimatique	Coûts des aménagements extérieurs	Estimation des coûts évités sur le cycle de vie du bâtiment
Surcoût de 5 à 15 % par rapport à une construction classique ⁵⁰ Coût de 150 €/m² avec surcoût estimé à 15 % pour la construction d’un centre de santé au Burkina Faso	<i>Végétalisation du bâti</i> : 80 à 300 €/HT par m², variable selon les techniques <i>Gîtes et nichoirs</i> : 50 à 200 € l’unité	Energie grise (énergie nécessaire pour produire un matériau, de la conception au recyclage, en passant par l’usage) : à budget équivalent, la volonté d’un maître d’ouvrage, d’un concepteur et des entreprises, permet de réduire de 30 % la quantité d’énergie grise d’une construction. Rentabilité sur le cycle de vie : réduction des coûts de construction de 8 à 9 % pour un accroissement de valeur de 7,5 % ⁵¹ .

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni Voir Annexe Technique n° 87	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
GESTION DE L’AIR	<i>Amélioration de la qualité de l’air</i>	Ventilation naturelle ou conception favorisant le renouvellement pour limiter le recours à la climatisation ou CVC (Chauffage, ventilation, climatisation)
RÉGULATION DU CLIMAT	<i>Isolation thermique/Inertie thermique</i>	Réduction des besoins énergétiques pour réguler la température des bâtiments
	<i>Atténuation des îlots de chaleur</i>	La végétalisation des abords du bâtiment peut arrêter de 60 à 90 % du rayonnement solaire, limitant ainsi le réfléchissement du bâtiment et les radiations
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Création d’habitats et continuité écologique</i>	La végétalisation des abords , toitures , façades et cœur d’îlots assurent les continuités écologiques et la protection de certaines espèces
GESTION DE L’EAU	<i>Gestion des eaux de pluie</i>	Régulation à la source des pics de précipitations, infiltration sur site et/ou réutilisation des eaux pluviales (arrosage, sanitaires...)
INTÉRÊT SOCIAL ET BIEN-ÊTRE DES POPULATIONS	<i>Valeurs récréative et culturelle</i>	Amélioration du confort, bien-être des populations et de la qualité paysagère du lieu

Usage des ressources

- Matériaux locaux biosourcés : adaptés au climat, coût moindre et main d’œuvre adaptée pour la construction et l’entretien.
- Constructions en pierre locale pour les climats à forte variation de température journalière, bois pour les climats montagnards et terre crue/sable pour limiter les risques de surchauffe.
 - Isolation végétale des bâtiments (laine, lin, chanvre, typhas).
 - Réutilisation locale des déchets du bâtiment.

Retombées socio-économiques locales

- Création de valeur ajoutée locale :
- Directe par l’emploi, la mobilisation de savoir-faire traditionnels et la formation pour les renforcer/diffuser.
 - Indirecte via le développement de filières d’approvisionnement en matériaux (le chanvre en France par exemple).

Partenaires qualifiés

Laboratoire d’Ecologie Urbaine (climat tropical), ONG GERES, Ceebios, Cerway
BET: Agence de conseil Nomadéis, BioBuild Concept, Building for Climate, TERAO
Agences d’architecture bioclimatique
Labels et certifications : [Annexe Technique n° 92](#)

- **Approfondir**
- ▶ Table de Mahoney : outil d’aide à l’analyse des données climatiques et élaboration de recommandations. Voir [Annexe Technique n° 90](#).
 - ▶ Voir Facilité PEEB (Programme Efficacité Energetique des bâtiments) et assistance technique mobilisable en [Annexe Technique n° 91](#).
 - ▶ JOFFROY Thierry & al., [Architecture bioclimatique et efficacité énergétique des bâtiments au Sénégal](#), 2017.
 - ▶ HUET Severine & MERRELHO Thomas, Guidebook “Sustainable design : Hot & Humid Climate”, août 2018.

Conception et contexte

- Orientation et forme du bâtiment :
- Régulation solaire : incidence des rayons solaires et simulation de l’ensoleillement, positionnement des surfaces vitrées, positionnement et type végétation aux abords (caduque ou persistante), dispositifs d’ombrages du bâti (cour intérieure en climat désertique, etc), stockage de l’énergie et redistribution par déphasage. Voir [Annexe Technique n° 88](#).
 - Ventilation : orientation au regard de la topographie, des vents dominants, forme et compacité du bâti et dispositifs aérauliques passifs. Voir [Annexe Technique n° 89](#).
 - Gestion de l’eau : humidification de l’air en climat sec (fontaines, jarres humides, végétation), forme de la toiture, dispositifs de stockage ou d’écoulement, systèmes d’infiltration et/ou de réutilisation à la parcelle.
 - Accueil de la biodiversité : porosité des façades et enveloppe non-lisse (développement de plantes grimpantes, habitats pour la faune).

Inclusion des parties prenantes locales

Usages du bâtiment : sensibiliser les occupants à des usages en accord avec la réflexion globale du projet (choix des appareils électriques ou de cuisson pour l’habitat par exemple).
Entretien : compréhension des enjeux d’entretien des équipements et adoption des automatismes de ventilation, d’utilisation des protections solaires.

Références de projet

[Eastgate Building](#) – Harare, Zimbabwe
[Ecopavillon de Diamniado](#), Dakar



Toits et toitures végétalisés

Les toits végétalisés sont intéressants du fait de la disponibilité de surfaces planes dans les villes et de leur faible compétition d'usage. Il en existe **3 types** :

- ▶ des **toits intensifs**, à forte charge et forte épaisseur (>30 cm), à entretien important (irrigation, manutention), végétation horticole haute, parfois accessibles au public ;
- ▶ des **toits extensifs**, à faible charge et entretien (2/3 par an), gamme végétale réduite sur support minéral (3-12 cm), avec un tapis végétal permanent et quasi autonome.

Les coûts & bénéfices Voir [Annexe Technique n° 93](#)

Types de toit	Durée de vie (années)	Remplacement (\$/m²)	Installation (\$/m²) et maintenance (\$/m².an)	Chauffage évité (\$/m².an)	Climatisation évitée (\$/m².an)	Coûts évités d'une hausse de la demande en énergie (\$/m².an)
VÉGÉTALISÉ EXTENSIF	40-50	70-100	57	2.9	0.3	0.18
VÉGÉTALISÉ INTENSIF	40-50	100-300	N/A	15	0.3	0.68

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques	Evaluation monétaire Voir Annexe Technique n° 98
RÉGULATION THERMIQUE	<i>Rafraîchissement des îlots de chaleur</i>	Jusqu'à -4 °C dans les rues adjacentes à Madrid (Voir Annexe Technique n° 94)	
	<i>Isolation thermique des infrastructures</i> Voir Annexe Technique n° 95	En été, au Texas, -30 °C contre un toit classique, -5 à 6 °C contre un « cool roof ». /-167 % flux entrants en été. Lors de températures faibles (0 °C), green roofs plus chauds de 2 à 5 °C	
	<i>Détention et rétention</i> Voir Annexe Technique n° 96	Diminution jusqu'à 600 % du débit de fuite pour un toit végétalisé contre un toit standard	\$ 1,44/m² à \$ 45,82/m²*
GESTION DE L'EAU	<i>Filtration</i>	Epuration 75 % Fe et CU dans 15 % des cas, Cd : épuration 90 % ⁵²	
ASSAINISSEMENT DE L'AIR	<i>Captation et réduction des sources</i>	Température abaissées d'où réduction de production d'ozone et d'autres polluants	\$ 521/ha/an à \$ 839/ha/an*
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	<i>Pollinisation et accueil des populations</i>	Populations d'oiseaux, de chiroptères, d'araignées et scarabées	
CONFORT ACOUSTIQUE	<i>Absorption du son et diffusion par le feuillage</i>	Atténuation jusqu'à 10 dB pour un toit de 7 cm (Voir Annexe Technique n° 97)	1,6 % à 4,3 %*
ESTHÉTISME ET BIEN-ÊTRE	<i>Réduction du stress</i>	Augmentation de la productivité et diminution des absences au travail	11 %* (usage récréatif)
STOCKAGE DU CARBONE	<i>Pompage dans le sol et l'appareil végétatil</i>	162 g. CO2 eq .m ⁻² dans appareil épigé et 100 g. C.m ⁻² dans substrat, 5,7 kg/m².an	\$ 34/ha urbain/an*
ALIMENTATION	<i>Résilience des agrosystèmes locaux</i>	Production locale en circuit court	\$ 10/m²/mois de récolte* en moyenne

*Bénéfices non marchands pour l'ensemble des habitants du quartier, traduits à partir d'évaluations indirectes en pourcentage de la valeur de la propriété ou en valeur.

Usage des ressources naturelles

Utiliser espèces locales et intégrer de la terre locale (enrichie de déchets verts) dans le substrat. Conserver et utiliser la banque de graines du sol déjà prélevée, adapter les espèces à la ressource en eau.

Eviter l'apport de matériaux non renouvelables (tourbe) et privilégier les circuits courts.

Gérer le risque incendie par des coupe-feux et l'utilisation de matériaux non combustibles

Conception et contexte

Eléments techniques de conception et zonage Voir [Annexe Technique n° 99](#).

Choix des essences en fonction de la zone géographique. Voir [Annexe Technique n° 100](#).

Partenaires qualifiés

CRITT horticole, UMR 7356-CNRS Université de la Rochelle, CSTB, ADIVET.
BET génie végétal, agences de paysage spécialisées.

Références de projet

The Muse - Bere:architect (Londres)
INFONAVIT National Workers' Housing Fund Institute roof (Mexico).

Indicateurs de suivi

- Suivi de la diversité (présence, identification et abondance) végétale, micro et macrofaune, avifaune.
- Qualité du substrat et des eaux de ruissellement. Suivi de la consommation en chauffage et climatisation, fréquentation, production. Voir [Annexe Technique n° 101](#).

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Rétrocession de surface dans le calcul du droit à construire.

Augmentation du plafond des prêts bonifiés, crédit d'impôt, aides financières des collectivités territoriales.

Réduction de la taxe d'assainissement (au prorata des volumes retenus).

Approfondir

- ▶ Observatoire de la Biodiversité Urbaine de la Seine Saint-Denis & al., [Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité](#), 2011.
- ▶ DUNNETT Nigel, KINGSBURY Noel, *Toits et murs végétaux*, Editions du Rouergue, avril 2005.
- ▶ Norpac (filiale Bouygues Construction), ["Fiche technique : Optimisation de la biodiversité sur les toitures végétalisées"](#), Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP), en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011.
- ▶ Sur les espèces adaptées aux milieux semi-arides BOUSSELOT Jennifer, SCHNEIDER Amy, FUSCO Mark, ["Observations on the survival of 112 plant taxa on a green roof in a semi-arid climate"](#), Denver Botanic Gardens Green Roof Research, 2014.

FICHE TECHNIQUE

Murs et façades végétalisés

La façade végétalisée correspond aux plantes grimpantes (ou descendantes), accrochées par elles-mêmes au mur (ou via une légère structure de soutien). Le mur végétal (ou mur vivant) est un module élevé parallèlement au mur du bâtiment, revêtu d'un support pour la végétation (fibre fixant le substrat), d'un système d'irrigation ainsi que de végétaux eux-même.

Les coûts & bénéfices Voir Annexes Techniques [n° 102a](#) et [n° 102b](#)

Volonté-à-payer (\$/façade)	Installation (€/m²)	Maintenance (€/m² verticaux.an)	Coûts de climatisation évités (€/m².an)	Augmentation de la valeur du loyer sur l'ensemble de l'infrastructure (€/m²) Voir Annexe Technique n° 103
Southampton (UK) : 21-56	Mur : 334 Façade : 87	Mur : 13 Façade 0	12 (32 à 100 % des coûts)	12,5

Les potentiels services écosystémiques

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
RÉGULATION THERMIQUE	Isolation et diminution des îlots de chaleur urbains	Réduction jusqu'à 4°C en jours de fortes chaleurs pour les murs végétaux Efficacité accrue sous climats secs Diminution de la charge de refroidissement : 68 % Brésil et 66 % pour Hong-Kong pour les murs végétaux (Voir Annexe Technique n° 104) Réduction du vent jusqu'à 0,46 m/s donc diminution convection pour les façades végétales et les murs végétaux (Voir Annexe Technique n° 105)
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Diminution des collisions d'oiseaux Accueil et refuge d'espèces Voir Annexe Technique n° 107	Accueil d'insectes pour murs et façades végétalisés, accueil de l'avifaune et vertébrés terrestre pour murs végétalisés
CONFORT ACOUSTIQUE	Isolation sonore Voir Annexe Technique n° 108	Réduction sonore jusqu'à 15 dB et coefficient d'absorption du son de 0.4 (mur végétal sur panneaux de 6 cm d'épaisseur) planté avec du Curry (Helichrysum thianschanicum)
GESTION DE L'EAU	Gestion des eaux pluviales ⁵³	
STOCKAGE DU CARBONE	Stockage dans l'appareil végétatif	Capture d'entre 0,44 et 3,18 kg CO2eq/m² (Voir Annexe Technique n° 109)
ASSAINISSEMENT DE L'AIR	Absorption des particules polluantes dans la cuticule et les stomates de la feuille	Diminution de 1.10 ¹¹ molécules cm ⁻² /secondes pour un mur 100 % végétalisé (Voir Annexe Technique n° 106)



Usage des ressources naturelles

Substrat local adapté : privilégier l'utilisation de sphaignes (mousses) qui ne se tassent pas facilement, résistent grâce à leurs fibres, n'ont pas besoin d'être désherbées. Eviter les systèmes à base de feutre.

Retombées économiques locales

Moins de vandalisme, meilleur environnement de travail.

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Mise en place de mécanismes de réduction fiscale.

Inclusion des parties prenantes locales

Inclure les parties prenantes dans les discussions et l'identification des risques autour des capacités de gestion et d'entretien, de la présence de microfaune au sein des murs végétalisés (arachnides, insectes).

Questionner les usages des murs et façades extérieures et la valeur patrimoniale pour les bâtiments existants.

Conception et contexte

Eléments techniques de conception et zonage
Voir [Annexe Technique n° 110](#).

Comparaison entre façades et murs végétalisés
Voir [Annexe Technique n° 111](#).

Indicateurs de suivi

Suivi de la micro et macro faune; état du végétal (pérennité).

Indicateurs non écologiques : mesure des consommations (climatisation et chauffage), des coûts d'entretien (y compris eau et nutriments).

Partenaires qualifiés

Centre Regionale d'Innovation et de Transfert de Technologie (CRITT) Horticole.

Références de projet

[Santalaia](#), Bogota (Colombie)

[Oasia Hotel](#), Singapour

Approfondir

- Norpac (filiale Bouygues Construction), "[Fiche technique : Murs et pieds de murs à biodiversité positive](#)" Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP), en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011.
- Ligue de protection des oiseaux (LPO), Guide Technique Biodiversité & Paysage urbain, Programme U2B (Urbanisme, Bâti, Biodiversité), 2016. URL : <https://cutt.ly/7Qv8iNb>



2.6. Biodiversité, gestion des déchets solides et pollution

Selon un rapport de la Banque mondiale paru en 2018, la production mondiale de déchets augmentera de **70 % d'ici 2050**⁵⁴. Face à l'accroissement démographique et l'urbanisation, la prise en compte de la biodiversité dans la gestion des déchets solides est un axe crucial de l'aménagement des territoires urbains.

Bien que toute politique de gestion des déchets doive organiser en priorité la réduction à la source puis la réutilisation, la valorisation, et enfin le recyclage des déchets, une gestion intégrée et optimisée des déchets dit "ultimes" déjà produits, entre autre par la biodiversité, peut contribuer à **atténuer leurs impacts sur les écosystèmes et la santé des populations locales, voire à s'insérer dans une dynamique vertueuse pour le vivant.**

FICHES TECHNIQUES

■ Biodiversité et CET : conception et gestion du site

1. Intégration de la biodiversité dans la conception du CET

2. Mobilisation des SfN dans la gestion du CET

Pour ces déchets solides qui ne peuvent pas être valorisés en amont, les Centres d'enfouissement techniques (CET) sont aujourd'hui l'une des solutions exploitées. La gestion de ces sites peut à la fois bénéficier de SfN, tout en offrant des opportunités de conservation, de protection et de valorisation de la biodiversité en zone urbaine et péri-urbaine.

■ Biodiversité après le CET : réhabilitation du site

A l'issue de son exploitation, la réhabilitation des CET peut offrir de nombreux avantages en termes de restauration de la faune et de la flore. Transformés en parc ou en réserve naturelle, les anciens sites d'enfouissement peuvent de nouveau favoriser le développement d'espèces végétales et animales, tout en mettant à la disposition des habitants un espace attractif, bien que les usages après fermeture soient limités. En effet, la pollution atmosphérique ou la solidité des sols influent grandement sur les possibilités d'usages.

*Parc botanique dédié aux palmiers, aménagé sur une ancienne décharge municipale.
©The Open Wall, Palmetum Garden, Santa Cruz de Tenerife, Espagne, 2017 // Flickr.*



Biodiversité et CET : Conception et gestion du site

1 Intégration de la biodiversité dans la conception du CET

Les espaces non-exploités d'un site d'enfouissement (annexes techniques, espaces naturels ou casiers recouverts) présentent un potentiel de maintien ou de création d'habitats pour la faune et la flore. Bassins, haies arbustives, noues ou prairies sont autant d'aménagements de végétalisation qui ouvrent la voie d'une gestion équilibrée des communautés écologiques locales.

Les bénéfices potentiels de la prise en compte de la biodiversité

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Rôle de corridor écologique	Etablissement d'espèces à toutes les étapes de leur cycle de vie (migration, reproduction ou nidification)
	Diversité et richesse des espèces	Accueil d'espèces remarquables ou endémiques. ► Le CET d'Eteignières (Ardenne, France) accueille 70 espèces d'oiseaux recensées sur les points d'eaux sauvegardés, dont une vingtaine menacées ou en voies de disparitions ⁵⁵ .
	Habitats naturels et semi-naturels	Les zones humides (mares, bassins) permettent la reproduction des amphibiens/batraciens et leur sédentarité sur site. Développement d'une avifaune, présence d'odonates et reptiles.
	Pollinisation	Valeur du processus de pollinisation biotique estimée à 153 Mds€ par an et 9,5 % de la valeur de la production agricole mondiale ⁵⁶ . ► Royaume-Uni, 2008 : accueil d'une diversité d'insectes pollinisateurs (abeilles, coléoptères, bourdons, papillons, syrphidés) comparable à celle d'une réserve naturelle proche ⁵⁷ .
INTÉRÊT SOCIAL	Potentiel culturel et éducatif	Création de "sentiers biodiversité", parcours ludiques et pédagogiques
	Valorisation paysagère	Intégration paysagère du CET et meilleure acceptation de l'infrastructure auprès des locaux

Usage des ressources naturelles

Stockage de la terre déblayée et réutilisation pour la végétalisation du site.

Maintien d'une alternance entre des zones en friche et en exploitation pour optimiser la colonisation des alvéoles recouvertes, par les espèces sauvages.

Indicateurs de suivi

Réponse des populations d'oiseaux et papillons aux changements de milieux et aux facteurs écologiques propices à leur développement.

Inclusion des parties prenantes locales

Favoriser une co-gestion du site avec l'expertise d'une organisation environnementale locale (comptabilisation, reconnaissances des espèces) pour anticiper la phase de réhabilitation du site après fermeture (réserve naturelle, etc.).

Partenaires qualifiés

Construction/Aménagement : Sita Suez, Veolia, Vinci, Eiffage Génie Civil, Delta Déchets, Eurovia, Coved/Paprec, Tiru SA (filiale d'EDF), Ortec Industries.

Traitement des lixiviats : Orelis Environnement, Ortec, Sita Bioénergies, Veolia Eau, Vinci Environnement, Vauché.

Organismes publics : ADEME.

2 Mobilisation des SfN dans la gestion du CET

Du fait de leurs capacités de fixation des polluants, certaines espèces végétales peuvent servir d'outil de filtration du "jus de décharge", aussi appelé lixiviat. Grâce aux bactéries présentes dans les systèmes racinaires des plantes, la phyto-épuration permet ainsi d'épurer et contrôler efficacement ces effluents liquides avant leur rejet. Le recours aux SfN pour le traitement biologique dépend cependant de nombreux facteurs tels que la composition des rejets liquides, les conditions climatiques et géologiques (voir [Annexe Technique n° 112](#)) notamment.

L'importance d'un traitement adapté : l'impact du lixiviat sur la biodiversité

RISQUES SANITAIRES HUMAINS	Via l'infiltration dans les sols et les eaux de surface et souterraines, le captage (nappes, cours d'eau) pour l'alimentation en eau potable puis, la contamination par ingestion directe ou par irrigation des aliments produits ⁵⁸ .
RISQUES POUR LA FAUNE ET LA FLORE	Conséquences concrètes du lixiviat sur le développement des espèces végétales et animales : ► En Chine, 2006 : endommagement des racines de cultures d'orge par la concentration en lixiviat des sols, dans les zones proches d'un site d'enfouissement ⁵⁹ . ► Circulation des composants des déchets plastiques (phtalates, bisphénols...) dans le lixiviat : impact sur la faune et la flore marines, hausse de la mortalité des copépodes et poissons, développement embryolaire anormal ⁶⁰ .

Traitement biologique du lixiviat : le ratio coût-efficacité

Coûts d'installation et de maintenance des méthodes de traitement Voir Annexe Technique n° 115	Efficacité et avantages du traitement biologique. Voir Annexe Technique n° 116	Limites et pistes d'associations de procédés biologiques
Traitement biologique avec phytoépuration tertiaire : capacité de lixiviat traité jusque 59 000 m³/an, CAPEX de 4 €/m³ pour 10 ans, OPEX 7,5 €/m³. Classique par osmose inversé : capacité de traitement jusque 5 000 m³/an, CAPEX de 6 €/m³ pour 10 ans et OPEX 13 €/m³.	Rendement épuratoire de 95 %, abattement efficace des paramètres azotés et matières organiques, importante capacité en volume Double fonction du dispositif : habitat potentiel d'espèces. Faible apport d'énergie requis : 5 à 20 kVA en moyenne pour un système de filtration par lits de roseaux ⁶¹ .	Forte emprise au sol nécessitant une disponibilité foncière à proximité immédiate du CET. Nécessité de coupler avec d'autres procédés biologiques (charbon actif) pour le respect des normes de rejets.

Conception et contexte

Conception (Voir Annexes Techniques [n° 112](#) et [n° 113](#)) : choix du lieu d'implantation du CET, diagnostic écologique du site et analyse des espaces alentours, anticipation et stabilisation du déplacement de la biodiversité en amont de la mise en œuvre des travaux.

Gestion/traitement : principe de la filtration par lits de roseaux vertical et horizontal, caractérisation physico-chimique et estimation du débit du lixiviat selon les critères hydrographiques et géologiques du site (Voir Annexes Techniques [n° 117](#) et [n° 118](#)).

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Limitation des décharges sauvages et pollutions : sensibilisation des populations locales sur les enjeux biodiversité, incitation à la réduction à la source des déchets solides.

Définitions

Lixiviat : flux liquide émanant de la percolation des eaux de pluies et des liquides de décomposition des déchets enfouis. Forte concentration en polluants et substances à potentiel écotoxiques.

Approfondir

- [Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement techniques dans les pays du Sud](#), Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie (IEPF), 2005.
- Biodiversity Quality Index (BQI), par SITA France et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) : évaluation de la qualité écologique des CET en phase d'exploitation (Voir [Annexe Technique n° 114](#)).
- LACASSIN Anaïs, ["Analyse de l'évolution des modes d'exploitation des ISDND en lien avec le développement des prétraitements organiques : exemples des sites de Castries \(34\), de Penol \(38\) et de Saint-Christophe-du-Ligneron \(85\)"](#), Sciences de l'ingénieur, 2015.



Biodiversité après le CET : Réhabilitation du site

La réhabilitation d’une décharge, qu’elle soit réglementée (à l’image d’un CET) ou sauvage, consiste a minima en la fermeture et la sécurisation du site, par une couverture adaptée, la collecte du biogaz (si existant) et la stabilisation des flux de lixiviat. Cette réhabilitation peut être optimisée par une réinsertion écologique et paysagère à long-terme du site exploité dans la dynamique de l’écosystème urbain. Transformés en parc, golf ou ferme solaire, la réhabilitation d’une décharge ne se prête cependant pas à une infinité d’usages : l’agriculture est par exemple à proscrire, et des critères comme la solidité des sols et la pollution atmosphérique orientent son degré d’utilisation possible par le public.

Les coûts et bénéfices

Ratio coût-bénéfice des degrés de réhabilitation	Coûts d'aménagement (M\$)	Volonté-à-payer
Opérations de sécurisation minimale : ratio coût-bénéfice de 0,48, bénéfice net de -21,8 M\$ Réhabilitation architecturale : ratio coût-bénéfice compris entre 2,35-7,47 (selon les usages visés), bénéfice net de 42,5 à 53 M\$ (Voir Annexe Technique n° 119). ► 125 M\$ économisés par l’utilisation d’une méthode de restauration écologique, plutôt que conventionnelle pour la décharge Jinkou ⁶² .	Variables selon l’usage souhaité (parc public, observatoire, belvédère...) : de \$ 22,1 pour une promenade avec points d’observation, à \$ 39 pour une intégration paysagère complète (Voir Annexe Technique n° 119).	Volonté à payer estimée à 5,54 M\$/an pour l’ensemble des 440 000 foyers en faveur d’une réhabilitation du CET d’Hiriya (Israël) en parc public ⁶³ . Augmentation de \$ 5 000 à \$ 10 000, de la volonté à investir dans un bien foncier à proximité d’une décharge réhabilitée ⁶⁴ .

Les services écosystémiques rendus

Service écosystémique fourni	Détail des services écosystémiques	Evaluation des services écosystémiques
GESTION DU SOL	Réduction des risques d'érosion	
SUPPORT POUR LA BIODIVERSITÉ	Habitats et diversité	Attrait d’oiseaux disperseurs de graines par l’introduction d’arbres et haies arbustives, meilleure reproductivité naturelle des espèces végétales par succession secondaire (20 nouvelles espèces, ¼ par dispersion par le vent) ⁶⁵ .
GESTION DE L'EAU	Rétention de l'eau	La végétalisation de la couverture des casiers limite les entrées d’eaux, par l’augmentation de l’évapotranspiration et limite l’érosion.
	Régulation des risques naturels	Stabilisation du littoral et du niveau de la mer par la restauration d’une zone humide sur le site réhabilité de la décharge de Fresh Kills (NYC).
INTÉRÊT SOCIAL	Pédagogie	Sensibilisation et éducation environnementale ► Création du dispositif Zone Humide Educative par le rectorat de Guadeloupe suite à l’aménagement d’un parcours éco-pédagogique sur l’ancienne décharge de Morne-À-L’eau.
	Espaces récréatifs	Mise à disposition d’un bien public à forte valeur récréative ► Plus de 2000 visites lors des premières semaines d’ouverture au public du Palmetum de Santa Cruz (Ténérife, Espagne) à l’automne 2013.
	Mémoire	Permettre de conserver la trace, sur le long et très long terme, de l’usage antérieur du site (CET ou décharge sauvage) afin de suivre et prévenir les risques sanitaires et environnementaux (réservoir de microplastiques et autres déchets à risques).

Usage des ressources naturelles

Opérations de désherbage mécanique, fauchage et arrachage sélectifs pour contrôler le développement de végétaux indésirables et dynamiser la strate herbacée.

Optimisation des coûts par la réutilisation de matériaux locaux (déchets inertes et compost de déchets verts) pour constituer une couverture.

Retombées économiques locales

- Eco-tourisme.
- Développement d’une filière de valorisation énergétique avec la récupération du biogaz.

Références de projet

[Fresh Kills](#), New-York (Etats-Unis).
[Le Palmetum de Santa Cruz](#), Tenerife (Espagne).

Partenaires qualifiés

Antea Groupe, ADEME, SEGE Biodiversité, cabinets de génie végétal.

Approfondir

- ADEME, *Remise en état des décharges : Méthodes et Techniques*, Connaître pour agir, Direction déchets et sols, 2005. URL : <https://cutt.ly/5QnwcYo>
- ROCCARO PAOLO, VAGLIASINDI Federico G. A., *Sustainable Remediation of a Closed Solid Waste Landfill Site: Development and Application of a Holistic Approach*, AIDIC, vol. 35, 2013. URL : <https://cutt.ly/1Qnw3D8>

Mécanismes incitatifs locaux à développer

Communication adéquate sur les bénéfices à moyen et long termes du projet car intangibilité avant plusieurs décennies.

Impliquer les autorités dès la conception d’un CET sur la transformation possible du site au terme de son exploitation.

Maintien de la mémoire du site et des risques associés (pollution de long terme), via les aménagements, les documents réglementaires et de la sensibilisation des populations locales.

Indicateurs de suivi

Analyse régulière des eaux souterraines et de surface.

Surveillance annuelle des carences nutritives de la végétation et des espèces invasives ; richesse et diversité des espèces.

Efficacité de la réinsertion paysagère par l’augmentation de la valeur foncière des habitations alentours.

Conception et contexte

Eléments techniques de base de couverture du CET (Voir [Annexe Technique n° 120](#)).

Critères de constitution d’un substrat propice à la végétalisation (Voir [Annexe Technique n° 121](#)).

Variétés d’espèces végétales souples pour végétalisation (Voir [Annexe Technique n° 122](#)).

2.7 Prendre en compte la biodiversité dans les projets urbains : les retours d'expériences inspirants

FICHES RETOURS D'EXPÉRIENCES	
■ COLOMBIE	Plan de développement de Barranquilla 2020-2023 "Soy Biodiversciudad" : favoriser la résilience écologique de la ville caribéenne
■ TOGO	Projet Environnement Urbain de Lomé (PEUL) - Phase II Aménagement du Centre d'enfouissement technique d'Aképé
■ INDE	Programme Smart Cities - CITIIS I Programme Smart City d'Agartala : restauration des berges de la rivière Haora
■ BRÉSIL	Programme d'aménagement urbain durable de Curitiba Récupération environnementale des berges du fleuve Barigüi
■ MAROC	Programme des Villes Nouvelles au Maroc Création de l'éco-cité de Zenata : un nouveau modèle de ville durable
■ BÉNIN	Porto-Novo, Ville Verte (PNVV) Aménagement et protection des berges lagunaires



Colombie



Brésil



Togo



Maroc



Inde



Bénin

FICHE REX

COLOMBIE, Barranquilla
Climat tropical



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables, gestion des risques

Outil de financement : prêt d'appui budgétaire (PrPP) avec matrice de déclencheurs et résultats

Montant : 120 M€

Bénéficiaires : Mairie de Barranquilla

Octroi : novembre 2020

Statut du projet : en cours d'exécution

CHRONOLOGIE DU PROJET



© Barranquilla Verde, Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla, Colombie, 2020.

Plan de développement de Barranquilla 2020-2023

"SOY BIODIVERCIUDAD" : FAVORISER LA RÉSILIENCE ÉCOLOGIQUE DE LA VILLE CARIBÉENNE

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

Quatrième ville la plus peuplée de Colombie, Barranquilla se situe au nord du pays, à l'embouchure du fleuve Magdalena sur la mer Caraïbe. Sa situation hydrographique lui confère de **riches écosystèmes (lagunes, marais à mangroves, deltas)**, aujourd'hui empreints à des **risques d'inondations, de glissements de terrain et de pollution par le développement de remblais et constructions illicites**. Alors que le changement climatique aggrave ces phénomènes (hausse du niveau de la mer, érosion, îlots de chaleur urbain), **le Plan de développement de Barranquilla 2020-2023**, porté par la collectivité, consacre un axe stratégique aux objectifs de développement urbain durable, de protection et de gestion des risques environnementaux.

ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Restauration environnementale de la lagune de Mallorquín et de ses mangroves

Sous la maîtrise d'œuvre de Barranquilla Verde, **le Plan de récupération et d'assainissement de la lagune de Mallorquín et de ses 30 ha de mangroves et écosystème de forêt sèche** (sur 5,5 ha actuellement) devrait permettre de rétablir la fonctionnalité de l'écosystème côtier, afin d'assurer la qualité de l'eau, de l'air et la résilience de la ville face aux risques de submersion et d'érosion. La matrice de résultats fixe pour objectifs **13 000 nouveaux plants de mangroves par an (moy. de 2020 à 2022)**, le classement de la lagune comme **aire protégée au registre national colombien d'ici 2022 associé à un plan de gestion**. Sur ce site, une étude de faisabilité a été réalisée en 2020 pour **la création d'un éco-parc dans l'espace lagunaire**, à visée principalement récréative et pédagogique. Les plans d'aménagement tablent sur des **infrastructures douces**, majoritairement en surélévation et flottantes, pour assurer la réversibilité et minimiser l'emprise au sol des

Intitulé Soy Biodiverciudad ("Je suis biodiversité"), cet axe prévoit notamment **la création de l'éco-parc de la lagune de Mallorquín**, principal front maritime de Barranquilla, afin d'encadrer l'utilisation de l'espace lagunaire, limiter les dangers de contamination liés aux activités industrielles, tout en permettant à la population de se réappropriier les lieux. De même, il est prévu de **générer et préserver une forêt urbaine à l'ouest de la ville**, afin d'en **contrôler l'extension et de favoriser le rafraîchissement urbain**, en lui donnant la vocation d'espace vert public. Basé sur des **objectifs annuels d'investissement et de politiques publiques**, ce financement repose sur une matrice de déclencheurs, associés à des actions et résultats.

constructions. Face à un déséquilibre hydrologique des masses d'eau, des études de sédimentation ont permis d'identifier les mécanismes et espèces responsables de la modification des dynamiques hydrauliques. A court terme, **la mise en place de solutions de traitement biologiques** devraient permettre de **rétablir le processus sédimentaire et le maintien des populations de crustacés et poissons**, dont les habitats sont affectés par la sur-sédimentation. A long terme, le contrôle de la qualité de l'eau et la prévention se coordonneront avec **un projet parallèle de gestion des eaux usées et des déchets à l'échelle de la ville**. Composé d'une équipe de vétérinaires spécialisés, **l'implantation d'un Centre de surveillance et de valorisation de la faune sauvage** soutiendra le suivi et la gestion intégrée de la biodiversité sauvage et des services écosystémiques rendus.

FICHE REX

COLOMBIE, Barranquilla
Climat tropical



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables, gestion des risques

Outil de financement : prêt d'appui budgétaire (PrPP) avec matrice de déclencheurs et résultats

Montant : 120 M€

Bénéficiaires : Mairie de Barranquilla

Octroi : novembre 2020

Statut du projet : en cours d'exécution



Plantation d'une forêt urbaine : le Bosque Urbano de Miramar (BUM)

Sur une surface de 33 ha, dont 2,1 ha feront l'objet d'aménagements, **le projet de plantation de la forêt urbaine de Miramar** vise à apporter un nouvel espace public vert à Barranquilla, se faisant jusqu'ici rares. Les bénéfices attendus sont multiples : **effet tampon naturel contre les nuisances sonores, diminution des îlots de chaleur urbains, création d'habitats pour la faune et la flore locales** (comme le bécasseau

semi-palmé par exemple, qui migre dans la région chaque année) ou encore **l'amélioration de la qualité de l'air**, avec une estimation de 2 500 tonnes de Co2 capturés par an. Pour cet aménagement, les objectifs associés aux déclencheurs de financement fixent **le nombre d'arbres à planter à 7500 par an en moyenne, entre 2020 et 2022**.

PARTENAIRES

Maîtrise d'ouvrage (MOA)	Municipalité de Barranquilla
Maîtrises d'œuvre (MOE)	Barranquilla Verde (établissement public environnemental) Agencia Distrital de Infraestructura (ADI)

COÛTS ESTIMÉS

Restauration environnementale de l'espace lagunaire de Mallorquín

Création de l'éco-parc	19,5 M€
Restauration biologique de la qualité des masses d'eau et des mangroves	325 K€ par an jusqu'à rétablissement d'un traitement des eaux usées fonctionnel à l'échelle de la ville

Bosque Urbano de Miramar (BUM)

Estimation du coût total d'aménagement dont	6,4 M€
Urbanisme et paysage (chemins, arborisation, accessibilité, système d'irrigation)	2,01 M€

PLAN DE LA FORÊT URBAINE DE MIRAMAR



FICHE REX

TOGO, Lomé
Climat tropical à mousson



INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LES PEUL

Secteurs : Aménagement
et assainissement urbain –
Gestion des déchets solides

Outil de financement :

PEUL 1 : subvention AFD de 8 M€,
co-financement de 3 M€ par l'UE
et 3 M€ par la BOAD ;
PEUL 2 : co-financement par
subventions de 10 M€ par l'UE
et l'AFD, prêt concessionnel
de 9,15 M€ par la BOAD,
autofinancement de 2M de Francs CFA
de la Mairie de Lomé ;
PEUL 3 : subvention AFD de 14 M€ ;
PEUL 4 : subvention AFD prévisionnelle
de 15 M€.

CHRONOLOGIE DES PEUL



© Clémentine Dardy, Togo, 2018.



Projet Environnement urbain de Lomé (PEUL) Phase II

AMÉNAGEMENT DU CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (CET) D'AKÉPÉ

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

Alors que la population de l'agglomération du Grand Lomé devrait approcher 2,5 millions d'urbains d'ici 2025, le projet de renforcement des services publics et de restructuration de la filière déchets, amorcé depuis 2006, entend **améliorer les conditions de vie des habitants, tant sur le plan sanitaire qu'environnemental.**

Le Projet environnement urbain de Lomé (PEUL) se structure en quatre phases complémentaires, au sein desquelles l'AFD soutient l'amélioration des compétences techniques, financières et institutionnelles de la ville, pour un changement d'échelle des pratiques de gestion des déchets solides.

Les phases 1 et 2 du PEUL ont notamment consisté en la réorganisation des filières de collecte et pré-collecte des déchets urbains et **l'aménagement d'un nouveau**

CET à Aképé, en périphérie de Lomé (194ha, dont 80ha exploités actuellement).

C'est dans la continuité de ces premières phases que le PEUL 3, dont la convention de financement a été signée en 2019, vise **la sécurisation environnementale et sociale, puis la réhabilitation du site de l'ancienne décharge d'Agoè-Nyivé**, en parallèle de la poursuite de l'appui à la collectivité pour la gestion des déchets.

Une quatrième phase, en cours d'instruction, prévoira également **l'extension du CET**, sur la base des enseignements tirés de l'exploitation des casiers déjà existants, ainsi que l'établissement d'un schéma directeur de collecte et de gestion des déchets à l'échelle du District.

ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Traitement du lixiviat par bassin filtrant végétal

Dans le CET d'Aképe, les eaux issues de la percolation des déchets dans le massif (ou lixiviat), sont captées grâce à un système de drainage gravitaire placé sous les alvéoles de stockage.

Acheminées vers la station de traitement au Sud du site, le lixiviat est traité dans un premier temps par une lagune équipée de pompes d'aération (de 2 000 m³), qui permet de dégrader par oxygénation la pollution organique et l'azote. Ensuite, un bassin de décantation permet de stocker et d'homogénéiser le lixiviat brut, tout en traitant une fraction de la biomasse produite dans la lagune aérée. Enfin, **huit bassins filtrants à**

écoulement vertical et horizontal plantés de roseaux permettent d'éliminer les matières en suspension.

Dotée d'une géo-membrane assurant son étanchéité, le bassin de lagunage s'appuie sur **les propriétés épuratoires des roseaux** afin de diminuer la charge polluante du lixiviat, avant son rejet dans le milieu naturel. En parallèle, la lagune assure également **un rôle de gestion des eaux pluviales**, en permettant leur rétention puis infiltration dans les sols. Basée sur un processus naturel, le choix d'un traitement du lixiviat par lagunage a permis de réaliser **des économies de coûts d'installation et de gestion.**



FICHE REX

TOGO, Lomé
Climat tropical à mousson

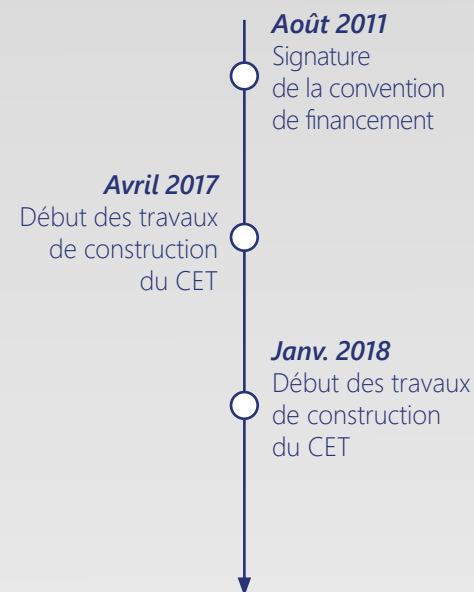


FOCUS SUR LA COMPOSANTE CET DU PEUL 2

Bénéficiaires : District Autonomie
du Grand Lomé (DAGL),
anciennement Commune de Lomé

Gestion du CET : Services
techniques de la DAGL

CHRONOLOGIE DU PEUL 2



ASPECTS TECHNIQUES ET OPERATIONNELS DU CET

PARTENAIRES

Maîtrise d'ouvrage (MOA)	District Autonome du Grand Lomé (DAGL)
Maîtrises d'œuvre (MOE) et assistance technique	ANTEA Group

COÛTS

Travaux	17,5 M€
Exploitation sur 5 ans	11 M€
Mise en œuvre de roseaux sur les bassins de traitement	2 980 € environ

ENSEIGNEMENTS & PISTES D'AMÉLIORATIONS

Optimisation du dispositif de traitement du lixiviat pour assurer sa pérennité

Il a été constaté que **les plants de roseaux des lagunes avaient tendance à dépérir par asphyxie**. Les facteurs de dégradation, à anticiper, sont multiples et s'influencent mutuellement :

- les épisodes de sécheresse entraînent une **variation de l'alimentation en eau des lagunes** ;
- l'humidité des déchets enfouis favorise **la production d'un lixiviat concentré**, dont la charge polluante est alors plus élevée ;
- la puissance des pompes d'aération dans le premier bassin de circulation du lixiviat semble ne pas être suffisamment adaptée à la quantité et à la concentration de l'effluent.

► L'étude de faisabilité de la quatrième phase du PEUL, actuellement en cours par SAFEGE-Suez Consulting sur financement CICLIA, permet entre autre d'évaluer le potentiel filtrant des lagunes, leur adaptation au dimensionnement du CET et à son extension, et d'**envisager éventuellement le réaménagement du dispositif de lagunage**.

Constitution spontanée d'une réserve d'eau pluviale

Lors des travaux de construction du CET, l'extraction de terres argileuses a engendré la **constitution spontanée d'une réserve d'eau**, par accumulation d'eau pluviale. Il s'est avéré que cette réserve d'eau était **très utile en cas d'incendies** dans le massif des déchets.

Colonisation du site par une cinquantaine d'espèces d'oiseaux

Les nombreuses zones humides présentes sur le site du CET, volontaires (zones de lagunage) comme involontaires (réserve d'eau spontanée), ont agi comme **support de biodiversité** en fournissant un habitat à l'avifaune. En effet, **une cinquantaine d'espèces d'oiseaux ont été recensés à Aképé au printemps 2019**.

► Afin de valoriser cette biodiversité, le PEUL 3 prévoit la **création d'un parcours pédagogique et écotouristique accessible au public**, dans le respect des normes de sécurité, avec par exemple la constitution de **sentiers balisés, de panneaux pédagogiques et de postes d'observation**.

FICHE REX

INDE, Agartala
Climat subtropical humide



INFORMATIONS GÉNÉRALES PROGRAMME CITIIS 1

Secteurs :
développement urbain durable

Outil de financement :
prêt souverain, subventions
de l'Union européenne et du
Gouvernement français

Montant : prêt de 100 M€ AFD,
subventions de 6 M€ de l'UE
et 1 M€ de la France

Bénéficiaires :
gouvernement de l'Inde

Octroi : novembre 2017

Statut du projet : en cours

CHRONOLOGIE DU PROJET

Mars 2018

Signature de la
convention de
financement AFD

Juill. 2018

Préparation du
lancement de l'appel
à projets

Déc. 2018

Sélection des
projets sur la
base des critères
d'éligibilité

Fév. 2020

Phase de maturation
du projet pilote
d'horticulture
biologique à Agartala

D'ici fin 2021

Début prévisionnel
des travaux du
projet pilote I



© National Institute of Urban Affairs (NIUA), Inde, 2021.

Programme Smart Cities-CITIIS 1

PROJET "SMART CITY D'AGARTALA" : RESTAURATION DES BERGES DE LA RIVIÈRE HAORA

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

En juillet 2018, le Gouvernement indien a lancé la mission Smart Cities ("Villes intelligentes") afin d'améliorer les conditions de vie des habitants dans 100 villes du pays. C'est dans ce cadre que l'AFD finance, aux côtés de l'Institut national des affaires urbaines (NIUA) et du Ministère du logement et des affaires urbaines (MoHUA), le **programme CITIIS (City Investments to Innovate, Integrate and Sustain)** sous la forme d'un **appel à projets national**. Mobilité durable, espaces publics, digitalisation des services urbains, innovation sociale dans les quartiers précaires figurent parmi les thématiques du programme. **12 villes ont été retenues pour bénéficier d'appuis financiers et techniques** dans la préparation et la mise en œuvre de leurs projets de développement urbain durable. Parmi les critères d'éligibilité des projets, la **contribution à la biodiversité et la gestion durable des**

ressources naturelles ont largement été pris en considération. Une **phase de maturation** des projets d'un an et demi a permis d'améliorer la qualité technique du projet, avec la réalisation de projets pilotes, avant d'entrer en **phase de mise en œuvre** (de 18 à 30 mois). La ville d'Agartala, capitale de la Province du Tripura au Nord-Est de l'Inde, a été sélectionnée avec son projet de **restauration des berges de la rivière Haora**, dont dépendent directement ou indirectement les besoins en eau de 60 % de la population au quotidien. Dans un espace dense et pollué, les objectifs principaux sont de rétablir l'accessibilité et l'attractivité des berges pour la population, promouvoir le développement collaboratif de zones d'agriculture biologiques, et favoriser la résilience du cours d'eau face aux inondations et aux risques d'érosion.

ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Projet pilote I : Développement de l'horticulture biologique sur les berges

Alors que le plan d'aménagement des berges de la rivière Haora prévoit plusieurs séquences destinées à l'horticulture et la floriculture biologiques, un projet pilote **implanté sur un site test de 0,2 ha**, a été initié début 2020 par la ville d'Agartala afin de **confirmer ou réorienter les choix de conception** du projet global. Des études topographiques et de modélisation des crues ont permis de sélectionner le lieu d'implantation du projet horticole, sur la base de son exposition idéale au **réapprovisionnement naturel en nutriments et en eau lors des moussons**. Dans un contexte de forte dépendance de la municipalité aux importations de fruits et légumes du Nord de la région, **l'horticulture urbaine présente des opportunités économiques, écologiques, culturelles et touristiques**. L'espace horticole agit comme

FICHE REX

INDE, Agartala
Climat subtropical humide



INFORMATIONS SUR LE PROJET

Secteurs : développement urbain durable, gestion de l'eau

Montant : 11,1 M€ au total

Bénéficiaires :
municipalité d'Agartala

Statut du projet :
en cours d'exécution



Traitement écologique in-situ pour dépolluer les Nallah du cours d'eau

Les **Nallah** sont des cavités formées naturellement par les variations des précipitations en période de mousson, qui fonctionnent comme de véritables canaux de drainage. Cependant, les eaux usées domestiques et les nombreux déchets déversés dans la rivière Haora obstruent les capacités auto-épuratoires de l'eau depuis des décennies. Afin d'optimiser la dépollution du cours d'eau et les coûts du dispositif, un **traitement in-situ combinant phyto-remédiation et bioremédiation** a été choisi. Sans dénaturer la structure initiale de la rivière, le système de

traitement s'appuie sur la sédimentation par décantation des matières solides en suspension dans l'eau, puis sur la **bio-filtration horizontale par laquelle les racines des plantes permettent de dégrader les métaux lourds**. Enfin, la **bioremédiation bactérienne stabilise les eaux traitées** favorisée par l'apport d'oxygène.

Basé sur des mécanismes naturels, le procédé de dépollution de la rivière ne requiert **aucune infrastructure supplémentaire et ne consomme que très peu d'énergie**.

PARTENAIRES

Maîtrise d'ouvrage (MOA)	Municipalité d'Agartala
Maîtrises d'œuvre (MOE)	Tata Consulting Engineering Limited

COÛTS

Horticulture (Projet pilote I)	57 941 €
• CAPEX	56 183 €
• OPEX et maintenance par an	1 758 €
Traitement écologique <i>in-situ</i> des eaux usées des Nallah (Projet pilote II)	200 680 €
• CAPEX	133 785 €
• OPEX et maintenance par an	66 895 €
• Coût unitaire des drains par Nallah	988 €

BÉNÉFICES

Estimations du profit net généré par le projet sur les 5 premières années (ratio revenus/dépenses) <i>dont</i> Estimations des revenus annuels générés par l'horticulture (sur la base du Projet pilote I)	189 815 € (16,69 lakhs)
	63 600 € (5,66 lakhs)

MASTER PLAN DU PROJET



BRÉSIL, Curitiba
Climat océanique



Programme d'aménagement urbain durable
de Curitiba

RÉCUPÉRATION ENVIRONNEMENTALE DES BERGES DU FLEUVE BARIGÜI

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

Chef-lieu de l'Etat du Paraná au sud du Brésil, Curitiba est l'une des villes pionnières en matière de développement urbain durable depuis les années 1970. Positionnée au sein de la Forêt Atlantique, l'un des 34 « points chauds » (ou hotspots) de biodiversité dans le monde, sa faune et sa flore très riches sont menacées par les activités humaines et le réchauffement climatique. Consciente de son patrimoine végétal dont l'araucaria est devenu l'emblème, la ville a adopté une politique volontariste en matière d'intégration de la biodiversité dans ses projets urbains. Dans cette dynamique, l'AFD appuie la collectivité depuis 2007 dans l'approfondissement de sa politique de développement durable via un programme en deux composantes. D'une part, le programme consiste

en l'extension du réseau de transports en commun de la municipalité, avec l'aménagement d'un sixième axe de bus en site propre (BRT - Linhea Verde) sur 22km. D'autre part, la récupération des berges et des espaces naturels le long du fleuve Barigüi qui traverse la ville sur 45km. Cette seconde composante s'inscrit dans une logique de trame verte et bleue à échelle urbaine assurant des services écologiques, autant que des usages anthropiques. La création de quatre séquences de parc linéaire vise à garantir la préservation du système hydrographique et de drainage, de la faune et la flore indigène, tout en offrant aux habitants des espaces récréatifs. En parallèle, un plan de relogement a été conduit auprès des 631 familles installées informellement sur les zones inondables.

ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Aménagement du parc linéaire de Rio Barigüi

Subdivisé en trois grands tronçons, d'une longueur totale de 13,8 km du nord au sud, le projet d'aménagement du parc linéaire du Barigüi comprend la mise en œuvre de quatre espaces verts : le parc Guairacá (140 000 m²), le parc Mané Garrincha (120 000 m²), le parc Cambuí (43 000 m²) et le parc Yberê (238 000 m², dont 86 500 m² d'intervention). Les choix de conception de ces espaces verts s'appuient sur la volonté de rétablir les fonctionnalités écologiques du cours d'eau. A l'aide d'espèces végétales locales, la revégétalisation des berges a permis de stabiliser les sols pour lutter contre les risques d'érosion. Plutôt que d'adopter une posture défensive, les sites ont été pensés pour autoriser la submersion de certains espaces du lit de rivière, fortement exposés aux inondations en période de pluie ou de crues. Le développement de cette culture du risque se traduit par des éléments paysagers et équipements volontairement inondables et le choix de mobilier urbain et matériaux submersibles.

En extension du cours d'eau, des bassins de rétention intégrés dans le paysage constituent un système de récupération et de drainage des eaux de pluie, tout en alimentant les zones humides naturelles, réservoirs de faune et de flore. Associés à la restauration de la ripisylve, c'est-à-dire la végétation attenante au cours d'eau, ces zones humides permettent de lutter contre la concentration de chaleur, grâce à l'évaporation directe et indirecte de l'eau, et à l'ombrage. Le parc Cambuí a été aménagé de sorte à constituer une liaison écologique directe avec la forêt riveraine de Fazendinha. Ce corridor assure la circulation des espèces entre les zones urbaines et péri-urbaines. Ces parcs urbains ont également une fonction sociale et de bien-être forte, en offrant à la population des espaces frais et ombragés, propices à une variété d'activités sportives, familiales ou simplement contemplatives. La fréquentation est également favorisée par les cheminements linéaires continus pour les modes doux et la réflexion sur la gestion et la sécurité des parcs.

BRÉSIL, Curitiba
Climat océanique



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables, mobilité et transports, biodiversité, climat

Outil de financement :
prêt souverain

Montant : 72,3 M€ (50 % prêt AFD et 50 % Municipalité de Curitiba) dont 18,4 M€ pour la composante du parc linéaire du Barigüi

Bénéficiaires :
municipalité de Curitiba

Octroi : décembre 2007

Statut du projet : parcs linéaires réalisés, volet transport public en cours

Structuration de la politique d'aménagement urbain intégrant les enjeux biodiversité

En complément, un vaste programme de sensibilisation environnementale "Olho d'Água" a été mené auprès des habitants et des écoles. Enfin, entre 2015 et 2017, un Programme de dépollution hydrique (PDH) a été engagé par la ville, afin de réaliser des mesures de qualité de l'eau et d'identifier les sources de pollution à échelle du bassin versant du Rio Barigüi. Le département des ressources hydriques du Secrétariat municipal de l'environnement a ainsi pu déployer et vérifier les effets sur la qualité de l'eau des campagnes de raccordements des eaux usées sanitaires et identifier les points noirs restants à traiter. Les actions financées s'insèrent plus

globalement dans la dynamique à long terme du programme "Viva Barigüi" lancé en 2007, de renforcement de la diversité écologique et de la qualité hydrologique du bassin versant qui irrigue Curitiba et son agglomération. L'AFD accompagne depuis 2020 la municipalité sur la séquence Sud du Barigüi, dans le quartier populaire et soumis aux inondations de « Caximba » ; le projet poursuit les objectifs de continuités écologiques et s'organise autour d'un grand parc submersible occupant le lit majeur du fleuve (libéré des constructions informelles) et la construction de nouveaux logements et équipements dans la partie haute du quartier, permettant le maintien sur site et la mise en sécurité des habitants.

PARTENAIRES

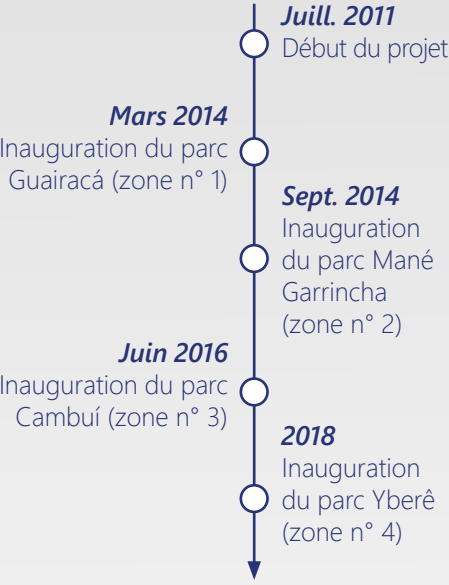
Maîtrise d'ouvrage (MOA)	Municipalité de Curitiba Secrétariat de l'environnement (SMMA)
Maîtrises d'œuvre (MOE) - Récupération des berges du fleuve	IPPUC (Institut de recherche et de planification de Curitiba)

COÛTS

Aménagement du parc linéaire du Rio Barigüi
(total 18,4 M€, dont 50 % AFD)

Travaux	12,96 M€
Etudes et supervision	3,61 M€
Foncier et relogement	1,026 M€
Programme environnemental participatif « Olho d'Água » et PDH	820 K€ dont 340 K€ « Olho d'Água » dont 480 K€ PDH

CHRONOLOGIE DU PROJET



© Agence BASE, 2018.

FICHE REX

MAROC, Zenata
Climat méditerranéen



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables, climat

Outil de financement :
prêt non-souverain

Montant : 150 M€ par l'AFD,
co-financement par la Banque
européenne d'investissement (BEI)
et subvention de 4,3 M€
par l'Union européenne

Bénéficiaires : Société
d'aménagement de Zenata (SAZ)

Octroi : mars 2013

Statut du projet : en cours

CHRONOLOGIE DU PROJET



© Société d'aménagement de Zenata (SAZ).



Programme des Villes Nouvelles au Maroc

CRÉATION DE L'ECO-CITÉ DE ZENATA :
UN NOUVEAU MODÈLE DE VILLE DURABLE

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

Dans son Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT) établi en 2000, le Maroc affirmait son ambition de créer 12 villes nouvelles d'ici 2020 dans le cadre de son développement urbain durable. Située entre Casablanca et Rabat au nord-est du Maroc, le projet de ville nouvelle de Zenata a pour ambition de favoriser le développement urbain intégré et maîtrisé du Grand Casablanca, sous pression démographique depuis plusieurs décennies. Face à de nouvelles problématiques urbaines, la région témoigne de déséquilibres spatiaux et socio-économiques qui se traduisent par d'importants déficits de logements, de services et d'équipements pour les classes moyennes. Planifié en plusieurs phases sur 30 ans, le projet d'éco-cité doit offrir à ces classes émergentes un cadre de vie et des services de qualité en matière de santé, d'éducation, d'emplois

et de loisirs. Avec une façade maritime courant sur 5km, les espaces littoraux de la ville seront protégés et non-soumis à des constructions. Sur 1860 ha, cette nouvelle centralité urbaine a été conçue dans une démarche d'écoconception, en ce qu'elle a pour objectif de limiter ses impacts sur l'environnement tout au long de son cycle de vie. Labellisé Eco-cité, le projet a donné lieu à la création d'un référentiel en matière d'action urbaine. Les réserves foncières initiales sont constituées de propriétés à la fois privées et publiques occupées par des habitations précaires, des cabanons et des entrepôts informels. Le projet prévoit d'une part un plan de relogement des familles concernées, d'autre part l'intégration de certaines d'entre-elles dans les lots résidentiels prévus.

ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Conception bioclimatique et optimisation des ressources naturelles

Pensée comme une cité bioclimatique, la programmation urbaine de Zenata est basée sur l'optimisation des ressources naturelles, notamment de l'air. Des études aérauliques de ventilation naturelles ont été réalisées dans les différentes trames urbaines, pour orienter les choix d'aménagement du tissu urbain. Ainsi, en s'appuyant sur les spécificités climatiques marocaines, une trame aéraulique oblique permettra le rafraîchissement effectif de la ville en générant des îlots de fraîcheur. L'aération naturelle de la ville, principalement grâce aux vents marins, devrait permettre la régulation de l'humidité en hiver, et une baisse de

la température comprise entre 2 à 3 degrés en été. Avec une approche multi-échelle, aussi bien au niveau de la ville que celui des îlots de vie, l'orientation des futurs éléments du bâti a été décidée selon la topographie du site et le maillage des espaces verts. Ainsi, les 14 "unités de vie" bâties sont structurées par 470ha d'espaces verts et participent au rafraîchissement urbain. Le recours à des méthodes de conception urbanistique low-tech, sobres et basées sur le fonctionnement naturel des écosystèmes, le choix d'une architecture bioclimatique permet d'adoucir les impacts anthropiques sur le milieu.

FICHE REX

MAROC, Zenata
Climat méditerranéen



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables, climat

Outil de financement :
prêt non-souverain

Montant : 150 M€ par l'AFD,
co-financement par la Banque
européenne d'investissement
(BEI) et subvention de 4,3 M€ par
l'Union européenne

Bénéficiaires : société
d'aménagement de Zenata (SAZ)

Octroi : mars 2013

Statut du projet : en cours



Aménagement du littoral et gestion intégrée de l'eau

En novembre 2019, le bureau d'études techniques (BET) SETEC Maroc/SETEC HYDRATEC a réalisé une analyse du fonctionnement hydro-sédimentaire et des modalisations des risques de submersions et d'érosions pour définir le plan de protection du cordon dunaire de Zenata. La compréhension des dynamiques du littoral ont conduit à la programmation de bassins de rétention, pour assurer un rôle "tampon" entre la mer et l'environnement urbain. Articulée à l'échelle de la parcelle et

de la ville, la fonction de drainage des eaux pluviales par ces zones humides est rendue possible par l'utilisation du dénivelé naturel du site pour permettre l'évacuation par gravité dans l'océan et la régénération des nappes phréatiques grâce aux capacités d'infiltration du sol. Les aménagements de protection du cordon dunaire utiliseront des espèces halophytes endémiques, adaptées au milieu, pour appuyer la stabilisation des dunes et leur restructuration.

PARTENAIRES	
Cabinet d'urbanisme – Trame aéraulique	Cabinet Reichen & Robert
Maîtrise d'ouvrage (MOA) – Conception et aménagement global de l'éco-cité	Société d'aménagement de Zenata (SAZ) Filiale ad-hoc de la Caisse de dépôt et de gestion (CDG)
BET – Etudes hydro-sédimentaires du cordon dunaire	SETEC Maroc – SETEC HYDRATEC
COÛTS ESTIMÉS	
Estimation du coût d'investissement global du projet	725 M€
Estimation du coût d'aménagement de la zone dunaire	4,63 M€

PROGRAMMATION URBAINE ET MICRO-CLIMATS DE ZENATA



© Société d'aménagement de Zenata (SAZ).

FICHE REX

BÉNIN, Porto-Novo
Climat équatorial tempéré



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables et climat

Outil de financement : subvention

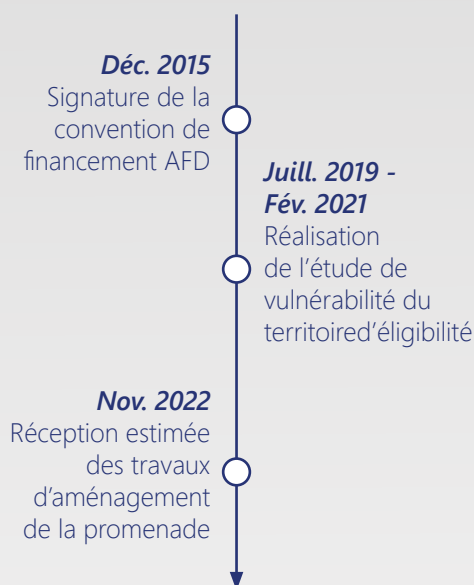
Montant : 8 M€ de l'AFD, 1,2 M€ du FFEM, 0,3 M€ appuis techniques du Grand Lyon et de la Communauté d'agglomération de Cergy Pontoise

Bénéficiaires :
municipalité de Porto-Novo

Octroi : 2013 pour le FFEM, 2015 pour l'AFD

Statut du projet : en cours

CHRONOLOGIE DU PROJET



© National Institute of Urban Affairs (NIUA), Inde, 2021.

Porto-Novo, Ville Verte (PNVV)

AMÉNAGEMENT ET PROTECTION DES BERGES LAGUNAIRES

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

Capitale administrative du Bénin, Porto-Novo se situe sur la bande côtière du sud-est du pays. Constituée de nombreuses zones naturelles et humides, la ville connaît depuis plusieurs années un développement spatial non-maîtrisé en zones urbaine et péri-urbaine, dans un contexte de faible croissance économique. L'expansion urbaine et la constitution d'habitats précaires informels en zone lagunaire exposent les écosystèmes à de fortes pressions anthropiques, qui entraînent l'érosion des côtes et augmentent les risques

d'inondations en saison de fortes pluies. Le projet « Porto-Novo, Ville Verte » (PNVV), porté conjointement par l'AFD et le FFEM, vise à appuyer la conception d'une stratégie de développement urbain durable à l'échelle du territoire, à répondre aux enjeux d'adaptation aux changements climatiques par la préservation de la zone lagunaire classée RAMSAR, et à promouvoir des activités génératrices de revenus pérennes pour les acteurs locaux (agriculture biologique, pisciculture, maraîchage).

ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Prise en compte des écosystèmes dans l'élaboration du Plan de développement urbain durable de la ville de Porto-Novo

Dans une démarche structurante, l'un des objectifs majeurs du projet est de définir les orientations stratégiques du développement durable de Porto-Novo à l'horizon 2035, notamment au regard des spécificités de ses écosystèmes. Pour ce faire, l'étude de vulnérabilité du territoire à l'échelle de la ville, réalisée entre 2019 et 2021 par le groupement SGI-Expertise plurielle, constitue le support de référence pour la prise en compte de l'équilibre

biologique des zones humides et naturelles, aux biotopes hautement fragilisés, dans les outils de planification urbaine.

Ce sont principalement des modélisations hydrologiques et hydrauliques, couplées à une cartographie des zones inondables, qui serviront de base pour conforter l'existant et orienter les préconisations du développement spatial de la ville à long terme, selon les zones sensibles identifiées.

Aménagement de la promenade piétonne des "Cent pas" le long de la berge Est de la lagune

Localisée en bordure du plateau de Porto-Novo, la rive est de la lagune est au cœur d'un projet d'aménagement d'une promenade s'étendant sur 19km, dont seules quelques portions feront l'objet de travaux dans le cadre de ce financement. En concertation avec les populations concernées, des études d'avant-projet sommaire (APS) permettront de trancher sur les séquences à prioriser.

La mise en valeur du paysage lagunaire par son reboisement et le développement des usages de proximité et lieux de récréation s'inscrivent dans une démarche de réconciliation des habitants à cet écosystème remarquable, et vise à limiter l'urbanisation sur cet espace sensible. Un parcours pédagogique sensibilisera à la richesse du

patrimoine lagunaire et ses impacts positifs sur la qualité de vie de la population.

Au-delà de son ancrage socio-écologique, le projet présente des choix de conception qui visent à conforter et respecter l'existant. Parmi ces choix, la sobriété des aménagements et des matériaux locaux utilisés, ainsi que la notion de réversibilité des espaces aménagés sur les milieux (installations surélevées et pilotis) guident la mise en œuvre du projet.

Le reboisement des berges par des espèces végétales ciblées et locales jouera un rôle tampon clé dans la délimitation des zones non-constructibles et la gestion des eaux pluviales par des noues et fossés.

FICHE REX

BÉNIN, Porto-Novo
Climat équatorial tempéré



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Secteurs : villes durables et climat

Outil de financement : subvention

Montant : 8 M€ de l'AFD, 1,2 M€ du FFEM, 0,3 M€ appuis techniques du Grand Lyon et de la Communauté d'agglomération de Cergy Pontoise

Bénéficiaires :
municipalité de Porto-Novo

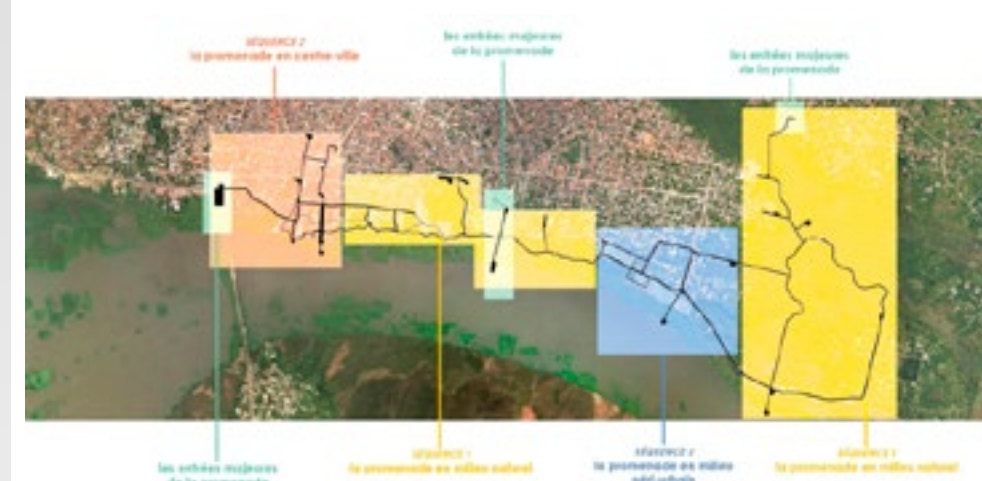
Octroi : 2013 pour le FFEM, 2015 pour l'AFD

Statut du projet : en cours



PARTENAIRES	
Maîtrise d'ouvrage (MOA)	Unité de Gestion du Projet (UGP) de la Municipalité de Porto-Novo
Maîtrise d'œuvre sociale et environnementale (MOSE)	Urbaconsulting
Maîtrise d'œuvre (MOE) – Planification territoriale	Groupement Urbaplan – Transitec – Studio 2AP
Maîtrise d'œuvre (MOE) – Aménagement de la promenade	URAM International
COÛTS	
Elaboration de la stratégie de développement territoriale durable	
Etude de vulnérabilité du territoire à l'échelle de la ville	570 000 €
• Etude environnementale et anthropologique	140 000 €
dont représentations sociologiques et inventaire de biodiversité des zones humides	100 000 €
Préservation et mise en valeur de la zone lagunaire	
Aménagement de la promenade le long des berges	1,6M €
Formations et mesures d'adaptation pour une production biologique et intégrée	30 000 €

CARTE DU PROJET RETENU : "LA PROMENADE CONNECTÉE"





Appendices

Appendices 1 : extrait de la liste d'exclusion relative à la biodiversité proposée par le groupe AFD

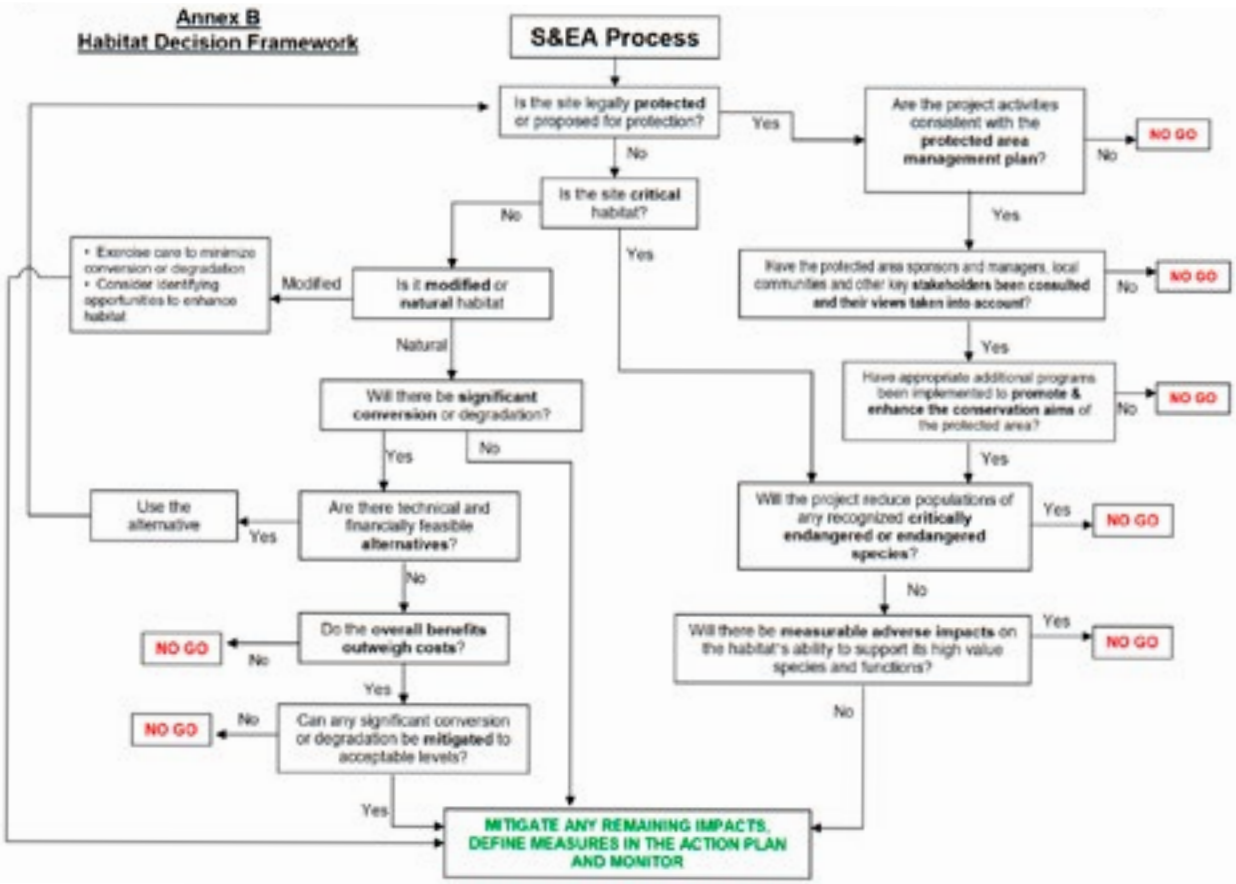
Dans les états étrangers, le cadre du plan de Responsabilité sociétale du groupe AFD (valable pour Proparco) stipule que l'AFD ne peut instruire des projets provoquant une perte nette de biodiversité au sein d'habitats critiques. Ceux-ci sont définis comme suit :

- les espaces à haute valeur en terme de biodiversité ;
- les espaces ayant une importance particulière pour les espèces endémiques ou à périmètre restreint ;
- les sites critiques pour la survie d'espèces migratrices ;
- les espaces qui accueillent un nombre significatif d'individus d'espèces grégaires ;
- les espaces présentant des assemblages uniques d'espèces ou contenant des espèces qui sont associées selon des processus d'évolution clés ou encore qui remplissent des services écosystémiques clés ;
- les territoires présentant une biodiversité d'importance sociale, économique ou culturelle significative pour les communautés locales. Les forêts primaires ou forêts à haute valeur de conservation sont considérées comme des habitats critiques ;
- est aussi impossible le financement de la production ou l'utilisation de pesticides et herbicides.

L'International Finance Corporation, organe de la Banque Mondiale, a établi un diagramme permettant d'établir le type d'activités ne pouvant être financés par les organismes qui suivent ses directives.

Cadre de décision relatifs aux habitats intégré dans la Recommandation 6 qui accompagne la Norme de Performance 6 : Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles

© International Finance Corporation (IFC), *Recommandations : Normes de performance sur le développement social et environnemental durable*, 31 juillet 2007, World Bank Group. URL : <https://cutt.ly/qQeBxpS>



Appendices 2 : bases de données et ressources en ligne

Echelle	Ressources	URL	Commentaire
AIRES PROTÉGÉES	International Union for the Conservation of Nature and United Nations Environment Programme	www.protectedplanet.net	Large base de données sur les aires protégées terrestres et marines
	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) List of World Heritage sites	https://whc.unesco.org/en/list/	Sites appartenant au Patrimoine Mondial de l'Unesco
	World Network of Biosphere Reserves	www.unesco.org/new/en/natural-sciences/	www.unesco.org/new/en/natural-sciences/
	The Ramsar Convention on Wetlands	www.ramsar.org	Zones humides présentes sur la liste RAMSAR
	Association for Southeast Asian Nations Heritage Parks	https://environment.asean.org/awgnb/	Zones d'une importance particulière en matière de biodiversité pour les États membres de l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est.
	Natura 2000 Sites	https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm	Réseau européen des aires protégées par la Directive de 1992 sur les Habitats et la Directive de 1979 sur les oiseaux
	Protected Areas Data	https://maps.usgs.gov/padus/	Inventaire des zones protégées des US
AIRES SENSIBLES POUR LA BIODIVERSITÉ	Oiseaux endémiques	https://www.ibat-alliance.org/	Données spatiales sur des habitats critiques variés
	Aires importantes pour les oiseaux		Etat de conservation des espèces
	Aires clefs pour la biodiversité		Etat de conservation des espèces et des habitats en Amérique du Nord, Centrale et du Sud.
	Alliance for Zero Extinction		Données sur la distribution spécifique gratuites.
	Hotspots de Biodiversité		Distribution spécifique végétale en Amérique et Océanie
RÉPARTITION DES ESPÈCES	Grands paysages intacts	www.iucnredlist.org	Végétation du monde entier permettant l'étude des habitats
	Liste des espèces en danger de l'IUCN		Base de données sur les poissons
	NatureServe conservation database of species and ecosystems		Outils internet pour l'évaluation écosystémique
	Global Biodiversity Information Facility Biodiversity Data		Support technique pour l'évaluation sur site des Services écosystémiques
	The Botanical Information and Ecology Network		Distribution spécifique végétale en Amérique et Océanie
	Spatial Analysis of Local Vegetation Inventories Across Scales		Végétation du monde entier permettant l'étude des habitats
	A Global Information System on Fishes		Base de données sur les poissons
SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES	Artificial Intelligence for Ecosystem Services	www.ariesonline.org	Outils internet pour l'évaluation écosystémique
	Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment	www.aries.integratedmodelling.org/	Support technique pour l'évaluation sur site des Services écosystémiques

Appendices 3 : pays signataires de la Convention sur la Diversité Biologique, de Rio de Janeiro (CDB, 5 juin 1992)

Pays	Signature	Ratification, Adhésion (a), Acceptation (A), Approbation (AA), Succession (d)
AFGHANISTAN	12 juin 1992	19 sept 2002
AFRIQUE DU SUD	4 juin 1993	2 nov 1995
ALBANIE		5 janv 1994 a
ALGÉRIE	13 juin 1992	14 août 1995
ALLEMAGNE	12 juin 1992	21 déc 1993
ANDORRE		4 févr 2015 a
ANGOLA	12 juin 1992	1 avr 1998
ANTIGUA-ET-BARBUDA	5 juin 1992	9 mars 1993
ARABIE SAOUDITE		3 oct 2001 a
ARGENTINE	12 juin 1992	22 nov 1994
ARMÉNIE	13 juin 1992	14 mai 1993 A
AUSTRALIE	5 juin 1992	18 juin 1993
AUTRICHE	13 juin 1992	18 août 1994
AZERBAÏDJAN	12 juin 1992	3 août 2000 AA
BAHAMAS	12 juin 1992	2 sept 1993
BAHREÏN	9 juin 1992	30 août 1996
BANGLADESH	5 juin 1992	3 mai 1994
BARBADE	12 juin 1992	10 déc 1993
BÉLARUS	11 juin 1992	8 sept 1993
BELGIQUE	5 juin 1992	22 nov 1996
BELIZE	13 juin 1992	30 déc 1993
BÉNIN	13 juin 1992	30 juin 1994
BHOUTAN	11 juin 1992	25 août 1995
BOLIVIE (ÉTAT PLURINATIONAL DE)	13 juin 1992	3 oct 1994
BOSNIE-HERZÉGOVINE		26 août 2002 a
BOTSWANA	8 juin 1992	12 oct 1995
BRÉSIL	5 juin 1992	28 févr 1994
BRUNÉI DARUSSALAM		28 avr 2008 a
BULGARIE	12 juin 1992	17 avr 1996
BURKINA FASO	12 juin 1992	2 sept 1993
BURUNDI	11 juin 1992	15 avr 1997
CABO VERDE	12 juin 1992	29 mars 1995
CAMBODGE		9 févr 1995 a
CAMEROUN	14 juin 1992	19 oct 1994

Appendices 3 : pays signataires de la Convention sur la Diversité Biologique, de Rio de Janeiro (CDB, 5 juin 1992)

Pays	Signature	Ratification, Adhésion (a), Acceptation (A), Approbation (AA), Succession (d)
CANADA	11 juin 1992	4 déc 1992
CHILI	13 juin 1992	9 sept 1994
CHINE	11 juin 1992	5 janv 1993
CHYPRE	12 juin 1992	10 juil 1996
COLOMBIE	12 juin 1992	28 nov 1994
COMORES	11 juin 1992	29 sept 1994
CONGO	11 juin 1992	1 août 1996
COSTA RICA	13 juin 1992	26 août 1994
CÔTE D'IVOIRE	10 juin 1992	29 nov 1994
CROATIE	11 juin 1992	7 oct 1996
CUBA	12 juin 1992	8 mars 1994
DANEMARK	12 juin 1992	21 déc 1993
DJIBOUTI	13 juin 1992	1 sept 1994
DOMINIQUE		6 avr 1994 a
ÉGYPTE	9 juin 1992	2 juin 1994
EL SALVADOR	13 juin 1992	8 sept 1994
ÉMIRATS ARABES UNIS	11 juin 1992	10 févr 2000
ÉQUATEUR	9 juin 1992	23 févr 1993
ÉRYTHRÉE		21 mars 1996 a
ESPAGNE	13 juin 1992	21 déc 1993
ESTONIE	12 juin 1992	27 juil 1994
ESWATINI	12 juin 1992	9 nov 1994
ÉTAT DE PALESTINE		2 janv 2015 a
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	4 juin 1993	
ÉTHIOPIE	10 juin 1992	5 avr 1994
FÉDÉRATION DE RUSSIE	13 juin 1992	5 avr 1995
FIDJI	9 oct 1992	25 févr 1993
FINLANDE	5 juin 1992	27 juil 1994 A
FRANCE	13 juin 1992	1 juil 1994
GABON	12 juin 1992	14 mars 1997
GAMBIE	12 juin 1992	10 juin 1994
GÉORGIE		2 juin 1994 a
GHANA	12 juin 1992	29 août 1994
GRÈCE	12 juin 1992	4 août 1994

Appendices 3 : pays signataires de la Convention sur la Diversité Biologique, de Rio de Janeiro (CDB, 5 juin 1992)

Pays	Signature	Ratification, Adhésion (a), Acceptation (A), Approbation (AA), Succession (d)
GRENADE	3 déc 1992	11 août 1994
GUATEMALA	13 juin 1992	10 juil 1995
GUINÉE	12 juin 1992	7 mai 1993
GUINÉE-BISSAU	12 juin 1992	27 oct 1995
GUINÉE ÉQUATORIALE		6 déc 1994 a
GUYANA	13 juin 1992	29 août 1994
HAÏTI	13 juin 1992	25 sept 1996
HONDURAS	13 juin 1992	31 juil 1995
HONGRIE	13 juin 1992	24 févr 1994
ÎLES COOK	12 juin 1992	20 avr 1993
ÎLES MARSHALL	12 juin 1992	8 oct 1992
ÎLES SALOMON	13 juin 1992	3 oct 1995
INDE	5 juin 1992	18 févr 1994
INDONÉSIE	5 juin 1992	23 août 1994
IRAN (RÉPUBLIQUE ISLAMIQUE D')	14 juin 1992	6 août 1996
IRAQ		28 juil 2009 a
IRLANDE	13 juin 1992	22 mars 1996
ISLANDE	10 juin 1992	12 sept 1994
ISRAËL	11 juin 1992	7 août 1995
ITALIE	5 juin 1992	15 avr 1994
JAMAÏQUE	11 juin 1992	6 janv 1995
JAPON	13 juin 1992	28 mai 1993 A
JORDANIE	11 juin 1992	12 nov 1993
KAZAKHSTAN	9 juin 1992	6 sept 1994
KENYA	11 juin 1992	26 juil 1994
KIRGHIZISTAN		6 août 1996 a
KIRIBATI		16 août 1994 a
KOWEÏT	9 juin 1992	2 août 2002
LESOTHO	11 juin 1992	10 janv 1995
LETONIE	11 juin 1992	14 déc 1995
LIBAN	12 juin 1992	15 déc 1994
LIBÉRIA	12 juin 1992	8 nov 2000

Appendices 3 : pays signataires de la Convention sur la Diversité Biologique, de Rio de Janeiro (CDB, 5 juin 1992)

Pays	Signature	Ratification, Adhésion (a), Acceptation (A), Approbation (AA), Succession (d)
LIBYE	29 juin 1992	12 juil 2001
LIECHTENSTEIN	5 juin 1992	19 nov 1997
LITUANIE	11 juin 1992	1 févr 1996
LUXEMBOURG	9 juin 1992	9 mai 1994
MACÉDOINE DU NORD		2 déc 1997 a
MADAGASCAR	8 juin 1992	4 mars 1996
MALAISIE	12 juin 1992	24 juin 1994
MALAWI	10 juin 1992	2 févr 1994
MALDIVES	12 juin 1992	9 nov 1992
MALI	30 sept 1992	29 mars 1995
MALTE	12 juin 1992	29 déc 2000
MAROC	13 juin 1992	21 août 1995
MAURICE	10 juin 1992	4 sept 1992
MAURITANIE	12 juin 1992	16 août 1996
MEXIQUE	13 juin 1992	11 mars 1993
MICRONÉSIE (ÉTATS FÉDÉRÉS DE)	12 juin 1992	20 juin 1994
MONACO	11 juin 1992	20 nov 1992
MONGOLIE	12 juin 1992	30 sept 1993
MONTÉNÉGRO		23 oct 2006 d
MOZAMBIQUE	12 juin 1992	25 août 1995
MYANMAR	11 juin 1992	25 nov 1994
NAMIBIE	12 juin 1992	16 mai 1997
NAURU	5 juin 1992	11 nov 1993
NÉPAL	12 juin 1992	23 nov 1993
NICARAGUA	13 juin 1992	20 nov 1995
NIGER	11 juin 1992	25 juil 1995
NIGÉRIA	13 juin 1992	29 août 1994
NIOUÉ		28 févr 1996 a
NORVÈGE	9 juin 1992	9 juil 1993
NOUVELLE-ZÉLANDE	12 juin 1992	16 sept 1993
OMAN	10 juin 1992	8 févr 1995
OUGANDA	12 juin 1992	8 sept 1993
OUZBÉKISTAN		19 juil 1995 a
PAKISTAN	5 juin 1992	26 juil 1994

Appendices 3 : pays signataires de la Convention sur la Diversité Biologique, de Rio de Janeiro (CDB, 5 juin 1992)

Pays	Signature	Ratification, Adhésion (a), Acceptation (A), Approbation (AA), Succession (d)
PALAU		6 janv 1999 a
PANAMA	13 juin 1992	17 janv 1995
PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE	13 juin 1992	16 mars 1993
PARAGUAY	12 juin 1992	24 févr 1994
PAYS-BAS	5 juin 1992	12 juil 1994 A
PÉROU	12 juin 1992	7 juin 1993
PHILIPPINES	12 juin 1992	8 oct 1993
POLOGNE	5 juin 1992	18 janv 1996
PORTUGAL	13 juin 1992	21 déc 1993
QATAR	11 juin 1992	21 août 1996
RÉPUBLIQUE ARABE SYRIENNE	3 mai 1993	4 janv 1996
RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE	13 juin 1992	15 mars 1995
RÉPUBLIQUE DE CORÉE	13 juin 1992	3 oct 1994
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO	11 juin 1992	3 déc 1994
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE POPULAIRE LAO		20 sept 1996 a
RÉPUBLIQUE DE MOLDOVA	5 juin 1992	20 oct 1995
RÉPUBLIQUE DOMINICAINE	13 juin 1992	25 nov 1996
RÉPUBLIQUE POPULAIRE DÉMOCRATIQUE DE CORÉE	11 juin 1992	26 oct 1994 AA
RÉPUBLIQUE TCHÈQUE	4 juin 1993	3 déc 1993 AA
RÉPUBLIQUE-UNIE DE TANZANIE	12 juin 1992	8 mars 1996
ROUMANIE	5 juin 1992	17 août 1994
ROYAUME-UNI DE GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE DU NORD	12 juin 1992	3 juin 1994
RWANDA	10 juin 1992	29 mai 1996
SAINTE-LUCIE		28 juil 1993 a
SAINT-KITTS-ET-NEVIS	12 juin 1992	7 janv 1993
SAINT-MARIN	10 juin 1992	28 oct 1994
SAINT-VINCENT-ET-LES GRENADINES		3 juin 1996 a
SAMOA	12 juin 1992	9 févr 1994
SAO TOMÉ-ET-PRINCIPE	12 juin 1992	29 sept 1999
SÉNÉGAL	13 juin 1992	17 oct 1994

Appendices 3 : pays signataires de la Convention sur la Diversité Biologique, de Rio de Janeiro (CDB, 5 juin 1992)

Pays	Signature	Ratification, Adhésion (a), Acceptation (A), Approbation (AA), Succession (d)
SIERRA LEONE		12 déc 1994 a
SINGAPOUR	10 mars 1993	21 déc 1995
SLOVAQUIE	19 mai 1993	25 août 1994 AA
SLOVÉNIE	13 juin 1992	9 juil 1996
SOMALIE		11 sept 2009 a
SOUDAN	9 juin 1992	30 oct 1995
SOUDAN DU SUD		17 févr 2014 a
SRI LANKA	10 juin 1992	23 mars 1994
SUÈDE	8 juin 1992	16 déc 1993
SUISSE	12 juin 1992	21 nov 1994
SURINAME	13 juin 1992	12 janv 1996
TADJIKISTAN		29 oct 1997 a
TCHAD	12 juin 1992	7 juin 1994
THAÏLANDE	12 juin 1992	31 oct 2003
TIMOR-LESTE		10 oct 2006 a
TOGO	12 juin 1992	4 oct 1995 A
TONGA		19 mai 1998 a
TRINITÉ-ET-TOBAGO	11 juin 1992	1 août 1996
TUNISIE	13 juin 1992	15 juil 1993
TURKMÉNISTAN		18 sept 1996 a
TURQUIE	11 juin 1992	14 févr 1997
TUVALU	8 juin 1992	20 déc 2002
UKRAINE	11 juin 1992	7 févr 1995
UNION EUROPÉENNE	13 juin 1992	21 déc 1993 AA
URUGUAY	9 juin 1992	5 nov 1993
VANUATU	9 juin 1992	25 mars 1993
VENEZUELA (RÉPUBLIQUE BOLIVARIENNE DU)	12 juin 1992	13 sept 1994
VIET NAM	28 mai 1993	16 nov 1994
YÉMEN	12 juin 1992	21 févr 1996
ZAMBIE	11 juin 1992	28 mai 1993
ZIMBABWE	12 juin 1992	11 nov 1994

Notes de fin

- 1 Millenium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being, synthèse, Island Press, Washington, DC, 2005. URL : <https://cutt.ly/pm9uFUh>
- 2 World Bank Group, Liveable cities : the benefits of urban environmental planning - a cities alliance study on good practices and useful tools (English), Washington, DC, 2007. URL : <https://cutt.ly/Cm9ikcv>
- 3 Delannoy Emmanuel, La biodiversité, une opportunité pour le développement économique et la création d'emplois, rapport réalisé à la demande de Mme la Ministre de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, 15 novembre 2016. URL : <https://cutt.ly/1m9iQon>
- 4 Kottek Markus & al., "World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated", Meteorologische Zeitschrift, vol.15, 2006, pp. 259-263.
- 5 Banque internationale pour la reconstruction et le développement/Banque mondiale Cadre environnemental et social de la Banque mondiale", Washington, DC, 2016. URL : <https://cutt.ly/Mm9oBRe>
- 6 Le Millenium Ecosystem Assessment est le rapport scientifique réalisé entre 2001 et 2005 à l'initiative des Nations Unies et ayant réuni 1360 experts à travers le monde. URL : <https://cutt.ly/pm9uFUh>
- 7 ELD Initiative, The Value of Land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management, 2015. URL : <https://cutt.ly/cm9arY6>
- 8 European Environment Agency, EEA core set of indicators: Guide, rapport technique, n° 1, Copenhague, 2005. URL : <https://cutt.ly/sm9aSs6>
- 9 World Bank Group, "The World Bank Group Environmental, Health Safety Guidelines (EHSs)", 2016. URL : <https://cutt.ly/um9dq5i>
- 10 Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, The SER International Primer on Ecological Restoration, octobre 2004. URL : <https://cutt.ly/Hm3GoGT>
- 11 OCDE, Financer la biodiversité, agir pour l'économie et les entreprises, rapport préparé pour la réunion des ministres de l'Environnement du G7, 5 et 6 mai 2019. URL : <https://cutt.ly/3m3GhBH>
- 12 Muratet Audrey & al., "The Role of Urban Structures in the Distribution of Wasteland Flora in the Greater Paris Area, France", Ecosystems, vol. 10, n° 4, 2007, pp. 661-671.
- 13 Union nationale des centres permanents d'initiatives pour l'environnement, Zéro phyto et végétation spontanée. Enjeux, représentations sociales et pratiques, Les Cahiers de l'eau du réseau des CPIE, n° 14, décembre 2016.

- 14 Union nationale des entreprises du paysage (UNEP), Les espaces verts urbains, lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique, étude Asterès, mai 2016. URL : <https://cutt.ly/3m3HyJ1>
- 15 Ville de Fécamp, "Fiche d'information n°1 : La gestion différenciée des Espaces Verts à la Ville de Fécamp", Agenda Fécamp 2021, septembre 2009. URL : <https://cutt.ly/Om3Hf2z>
- 16 Institut Montaigne, "Planter 170 000 arbres afin de créer des forêts urbaines et des rues végétales", Paris, 2020. Consulté le 21 août 2020. URL : <https://cutt.ly/4nXZHKJ>
- 17 Provendier Daniel, Laille Pauline, Colson François, Les bienfaits du végétal en ville – Synthèse des travaux scientifiques et méthode d'analyse, Plante&Cit /Agrocampus-Ouest, février 2014. URL : <https://cutt.ly/LmLiqUn>
- 18 Riaz Atif & al., "Well-Planned Green Spaces Improve Medical Outcomes, Satisfaction and Quality of Care: A Trust Hospital Case Study", Acta Horticulturae, mai 2010. URL : <https://cutt.ly/Um3HX2Q>
- 19 Nowak David & al., "Sustaining America's Urban Tree and Forests", United States Department of Agriculture (USDA), General Technical Report NRS-62, juin 2010. URL : <https://cutt.ly/om3JgNs>
- 20 EDF, "Guide des prix pour la pose d'une canalisation", janvier 2019. URL : <https://cutt.ly/mm3JU98>
- 21 Norpac (filiale Bouygues Construction), "Fiche pratique : Gestion de l'eau à la parcelle : les noues et fossés", Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP), en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011. URL : <https://cutt.ly/FnXKfSL>
- 22 Blanus Tijana & al., "Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe", Urban Forestry & Urban Greening, vol. 44, 2019.
- 23 Chapelle Gauthier, Joly Charles-Edouard, Etude sur la viabilité des business modèles en agriculture urbaine dans les pays du Nord, Rapport final de la recherche réalisé pour le compte de l'Institut Bruxellois de Gestion de l'Environnement, Greenloop, avril 2013. URL : <https://cutt.ly/Cm3Kjcl>
- 24 Ibid.
- 25 Pretty Jules N., "Agroecological Approaches to Agricultural Development", University of Essex, Royaume-Uni, novembre 2006. URL : <https://cutt.ly/sm8eijv>
- 26 Carrefour de Recherche, d'Expertise et de Transfert en Agriculture Urbaine (CRETAU), "Fiche  conomique : Fermes maraîchères sur toit", Montréal, Québec, 2009. URL : <https://cutt.ly/9m8eY8j>

27 ADEME, La reconversion des sites et des friches polluées. Comment porcéder ? Les bonnes questions à se poser, Collection Clés pour agir, mars 2020. URL : <https://cutt.ly/am8e9ZE>

28 ARENE IDF, Vers des circuits courts alimentaires grâce à l'agriculture urbaine ? Formation Action : Circuits courts alimentaires et Agendas 21, Compte-rendu du module 4, 26 mai 2016. URL : <https://cutt.ly/gm8r8D2>

29 Orsini Francesco & al., "Urban agriculture in the developing world: a review", Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDF Sciences/INRA, vol.33, Issue 4, 2013. URL : <https://cutt.ly/Lm8tFAW>

30 Aubry Christine & al., "Urban agriculture and land use in cities : An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar)", Land Use Policy, vol. 29, issue 2, avril 2012, pp. 429-439.

31 Donovan Geoffrey H., Butry David T., "Trees in the city: valuing street trees in Portland, Oregon", Landscape and Urban Planning, Pacific Northwest Research Station, vol. 94, 2010, pp. 77-83.

32 Dwyer John F., "Economic value of urban trees", in A National Research Agenda for Urban Forestry in the 1990's, International Society of Arboriculture, Re-search Trust, Urbana IL, pp. 27-32.

33 Ville de Grenoble, "2 700 arbres plantés en 3 saisons... et 700 supplémentaires d'ici la fin de l'hiver !", Dossier de presse, 2017. URL : <https://cutt.ly/4nXZnE6>

34 Fournier Florian, Koesten Julien, La gestion différenciée des dépendances vertes, Cerema Nord-Picardie, Collection Expériences et pratiques, août 2018. URL : <https://cutt.ly/rm8fDNB>

35 Norpac (filiale Bouygues Construction), "Fiche technique : Allées, parkings : revêtements à biodiversité positive", Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP), en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011. URL : <https://cutt.ly/Rm8gINL>

36 ADEME, Guide pour l'élaboration des Plans de prévention du bruit dans l'environnement, Collection Connaître pour agir, juillet 2008. URL : <https://cutt.ly/qm8gFkP>

37 Clevenot Laura & al., "Do Linear Transport Infrastructures Provide a Potential Corridor for Urban Biodiversity? Case Study in Greater Paris, France", Cybergeographie : Revue européenne de géographie, 2017. URL : <https://cutt.ly/im8xvF4>

38 France Nature Environnement, Restauration de la continuité écologique des cours d'eau et des milieux aquatiques - Idées reçues et préjugés, juillet 2014. URL : <https://cutt.ly/Zm8cQLH>

39 Programme mondial de l'UNESCO pour l'évaluation des ressources en eau, La valeur de l'eau, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021. URL : <https://cutt.ly/vm8cO2a>

40 Schhuyt Kirsten, Brander Luke, "The economic values of the world's wetlands, living waters. Conserving the source of life", Environmental Economics, WWF International, Amsterdam., 2004. URL : <https://cutt.ly/Zm8bReE>

41 Parmentier Emmanuel, Jorant Julie-Anne, Plan de gestion 2006-2010 : Marais du Haut Pont, Conservatoire des Sites Naturels du Nord et du Pas-de-Calais, décembre 2005. URL : <https://cutt.ly/Pm8nbsq>

42 FAO, "La gestion et la restauration des mangroves", Gestion Durable des Forêts (GDF) : Boîte à Outils. URL : <https://cutt.ly/Xm8nHIM>

43 World Bank Group, Managing Coasts with Natural Solutions. Guidelines for Measuring and Valuing the Coastal Protection Services of Mangroves and Coral Reefs, WAVES Technical Report, Washington DC, janvier 2016. URL : <https://cutt.ly/vm8n8AO>

44 Ibid.

45 FAO, "La gestion et la restauration des mangroves", Gestion Durable des Forêts (GDF) : Boîte à Outils. URL : <https://cutt.ly/Xm8nHIM>

46 Fléreau Morgane, Formes urbaines et biodiversité, un état des connaissances, Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), 2020. URL : <https://cutt.ly/Sm4BawC>

47 Lorrain Dominique, Halpern Charlotte & Chevauche Catherine (dir.), Villes sobres : nouveaux modèles de gestion des ressources, Presses de Sciences Po, Paris, 2018.

48 Ville de Vancouver, Passive Design Toolkit, juillet 2009. URL : <https://cutt.ly/mm4BkGA>

49 Planning, Urban Design and Sustainability Department, Chinatown HA-1 Design Policies, Ville de Vancouver, avril 2011. URL : <https://cutt.ly/Jm4Bljd>

50 Info Energie, Bâtiment économe en énergie : les clés pour réussir son projet de construction ou de rénovation, janvier 2014. URL : <https://cutt.ly/im4B0Lw>

51 Pouffary Stéphane, Delaboulaye Guillaume, Guide du bâtiment durable en régions tropicales - Tome 1, Institut de la francophonie pour le développement durable (IFDD), Collection Points de repère, n°24, 2015. URL : <https://cutt.ly/Em4B7OR>

52 Dusza Yann, Toitures végétalisées et services écosystémiques: favoriser la multi-fonctionnalité via les interactions sols-plantes et la diversité végétale, Ecologie, Environnement, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2017. URL : <https://cutt.ly/lm471zh>

53 Lau J.T., Mah Darrien, "Green wall for retention of stormwater", Pertanika Journal of Science and Technology, vol. 26, Issue 1, janvier 2018, pp. 283-298. URL : <https://cutt.ly/Vm7rOol>

54 Kaza Silpa & al., What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, Banque mondiale, Urban development, Washington DC World Bank, 2018. URL : <https://cutt.ly/7m7tex9>

- 55 Servir le public, "Eteignières : une décharge pour la biodiversité", Trophées des Epl 2013 : Neuf entreprises encore en course, Environnement et réseaux, août 2013. URL : <https://cutt.ly/3m7ygH7>
- 56 Cordis, "La pollinisation entomophile coûte 153 milliards d'euros chaque année", Allemagne, septembre 2008. URL : <https://cutt.ly/Xm7yJo8>
- 57 Robinson George R., Handen Steven N., "Forest Restoration on a Closed Landfill: Rapid Addition of New Species by Bird Dispersal", Conservation Biology, vol. n° 7, n° 2, juin 1993, pp. 271-278. URL : <https://cutt.ly/Lm7yoWp>
- 58 Glandier Sabine, Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviats des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés, Ecole nationale de la santé publique, Rennes, 2002. URL : <https://cutt.ly/0m7uKbu>
- 59 Sang N., Li G., Xin X., "Municipal landfill leachate induces cytogenetic damage in root tips of Hordeum vulgare", Ecotoxicology and Environmental Safety, vol.63, Issue 3, mars 2006, pp. 469-473. URL : <https://cutt.ly/dm7iflx>
- 60 Gunaalan Kuddithamby, Fabbri Elena, Capolupo Marco, "The hidden threat of plastic leachates: A critical review on their impacts on aquatic organisms", Water Research, vol. 184, octobre 2020. URL : <https://cutt.ly/fm7il4K>
- 61 Besrest Sophie, "Lixiviats : maîtriser leur composition pour garantir le meilleur traitement", Guide de l'eau, Revue Eau Industrie Nuisances (EIN), In° 438, janvier 2021. URL : <https://cutt.ly/Lm7oOIY>
- 62 Global Opportunity Explorer, "Wuhan: Landfill Transformed Into A Green Garden", Sustainia, juin 2018. URL : <https://cutt.ly/Om7aeUw>
- 63 Ayalon Ofira, Becker Nir, Shani E., "Economic aspects of the rehabilitation of the Hiriya landfill", Waste Management, vol.26, Issue 11, février 2006. URL : <https://cutt.ly/Rm7aZl7>
- 64 McClelland Gary H., Schulze William D., Hurd Brian, "The Effect of Risk Beliefs on Property Values: A Case Study of a Hazardous Waste Site", Risk Analysis, vol. 10, Issue 4, décembre 1990, pp. 485-497. URL : <https://cutt.ly/Mm7a2GI>
- 65 Robinson George R., Handen Steven N., "Forest Restoration on a Closed Landfill: Rapid Addition of New Species by Bird Dispersal", Conservation Biology, vol. n° 7, n° 2, juin 1993, pp. 271-278. URL : <https://cutt.ly/Lm7yoWp>

Bibliographie

- ADEME, "Végétaliser : Agir pour le rafraîchissement urbain", *Les approches variées de 20 projets d'aménagement*, Collection Ils l'ont fait, réf. n°011157, juillet 2020.
- ADEME, Association française de l'éclairage, Syndicat de l'éclairage, *Eclairer juste*, n°7038, novembre 2010. URL : <https://cutt.ly/lnLFFhu>
- ADEME, *Guide pour l'élaboration des Plans de prévention du bruit dans l'environnement*, Collection Connaître pour agir, juillet 2008. URL : <https://cutt.ly/qm8gFkP>
- ADEME, *La reconversion des sites et des friches polluées. Comment procéder ? Les bonnes questions à se poser*, Collection Clés pour agir, mars 2020. URL : <https://cutt.ly/am8e9ZE>
- Agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse (AUAT) aire métropolitaine, "Décliner la trame verte et bleue dans les projets d'aménagement", *Perspectives Ville*, Observatoire partenarial de l'Environnement (OPE), avril 2019.
- ALTUNKASA Faruk & al., "The Effectiveness of Urban Green Spaces and Socio-Cultural Facilities", *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, n°10, vol. 1, mars 2017, pp. 41-56. URL : <https://cutt.ly/VnLGdWS>
- ARENE IDF, *Vers des circuits courts alimentaires grâce à l'agriculture urbaine ?*, Formation Action : Circuits courts alimentaires et Agendas 21, Compte-rendu du module 4, 26 mai 2016. URL : <https://cutt.ly/gm8r8D2>
- AUBRY Christine & al., "Urban agriculture and land use in cities : An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar)", *Land Use Policy*, vol. 29, issue 2, avril 2012, pp. 429-439.
- AYALON Ofira, BECKER Nir, SHANI E., "Economic aspects of the rehabilitation of the Hiriya landfill", *Waste Management*, vol.2 6, Issue 11, février 2006. URL : <https://cutt.ly/Rm7aZl7>
- BAIG Saima P., RIZVI Ali R. & PANGLINIAN Maria J., *Coûts et avantages de l'adaptation fondée sur les écosystèmes : Le cas des Philippines*, Programme de Gestion des Ecosystèmes de l'UICN, Gland, Suisse, 2016. URL : <https://cutt.ly/PnLXhGU>
- BAL Payal & al., "Selecting indicator species for biodiversity management", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 16, Issue 10, novembre 2018, pp. 589-598.
- Banque internationale pour la reconstruction et le développement/Banque mondiale, "Cadre environnemental et social de la Banque mondiale", Washington, DC, 2016. URL : <https://cutt.ly/Mm9oBRe>
- BARTON Mélissa A., "Nature-Based Solutions in Urban Contexts. A Case Study of Malmö, Sweden", Thèse universitaire, Master of Science in Environmental Sciences, Policy & Management (MESPO), Lund, Suède, juin 2016. URL : <https://cutt.ly/FnLNWSo>
- BAUMANN Nathalie, "Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations", *Urban Habitats*, 2006, pp. 37-50.
- BENINDE Joscha, VEITH Michael, HOCHKIRCH Axel, "Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation", *Ecology Letters*, n° 18, 2015, pp. 581- 592.
- BERNDTSSON Justyna C., "Green Roof Performance towards Management of Runoff Water Quantity and Quality: A Review", *Ecological Engineering*, n° 36, vol. 4, avril 2010, pp. 351-360.

Bibliographie

BESREST Sophie, "Lixiviats : maîtriser leur composition pour garantir le meilleur traitement", Guide de l'eau, *Revue Eau Industrie Nuisances (EIN)*, n° 438, janvier 2021. URL : <https://cutt.ly/Lm7oOIY>

BLANUSA Tijana & al., "Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe", *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 44, 2019.

BONTHOUX Sébastien & al., "How can wastelands promote biodiversity in cities? A review", *Landscape and Urban Planning*, vol. 132, 2014, pp. 79-88.

BOUCHER Isabelle, "La gestion durable des eaux de pluie", *Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*, Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), Québec, 2010.

BOWLER Diana E. & al., "Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence", *Landscape and Urban Planning*, vol. 97, Issue 3, septembre 2010, pp. 147-155.

BRENNESEIN Stephan, "Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland", *Urban Habitats*, 2006, pp. 27-36.

CAMPAGNE Sylvie C., TSCHANZ Leita & TATOTNI Thierry, « Outil d'évaluation et de concertation sur les services écosystémiques : la matrice des capacités », *Revue Science Eaux & Territoires*, article hors-série, février 2016. URL : <https://cutt.ly/7nX30Yn>

Carrefour de Recherche, d'Expertise et de Transfert en Agriculture Urbaine (CRETAU), "Fiche économique : Fermes maraîchères sur toit", Montréal, Québec, 2009. URL : <https://cutt.ly/9m8eY8j>

CDC Biodiversité, « Evaluation socioéconomique des Solutions fondées sur la Nature », Mission économie de la biodiversité, BIODIV'2050, n° 17, Paris, France, juin 2019. URL : <https://cutt.ly/AnLH3JH>

Cerema, "Milieux humides, conflits d'usages et urbanisme : Prévenir et gérer les conflits d'usages liés aux milieux humides dans un contexte urbanisé", *Nature en ville*, fiche n° 4, Collection Connaissances, octobre 2019. URL : <https://cutt.ly/VnLJxJo>

Cerema, "Rome, Ville verte : l'exemple du parc régional Appia Antica", *Trame verte et bleue. Expériences de villes étrangères*, fiche n° 01 bis, Collection L'essentiel, mars 2011. URL : <https://cutt.ly/4nL1cPb>

CHAMPENOIS Anne-Claire, "Inventaire des normes et standards Environnementaux. Force juridique dans les pays membres du SEEAC", Pays-Bas, Netherlands Commission for Environmental Assessment, 2011. URL : <https://cutt.ly/yQrUklz>

CHAPELLE Gauthier, JOLY Charles-Edouard, *Etude sur la viabilité des business modèles en agriculture urbaine dans les pays du Nord*, Rapport final de la recherche réalisé pour le compte de l'Institut Bruxellois de Gestion de l'Environnement, Greenloop, avril 2013. URL : <https://cutt.ly/Cm3Kjcl>

CHAUUVIGNÉ Julie, LEMOINE Guillaume, *Guide Biodiversité & chantiers. Comment concilier Nature et chantiers urbains ?*, Nord Nature Chico Mendès et LPO, EPF NPdC, édition EGF.BTP, avril 2019. URL : <https://cutt.ly/yQrUVva>

CHOUAID Christos & al., "The costs of asthma in France: An economic analysis by a Markov model" ("Coûts de l'asthme en France : modélisation medico-économique par un modèle de Markov"), *Revue des maladies respiratoires*, vol. 21, n° 3, juin 2004, pp. 493-499.

Bibliographie

CLERGEAU Philippe, JOKIMAKI Jukka & SAVARD Jean-Pierre L., "Are urban bird communities influenced by the bird diversity adjacent landscapes?", *Journal of Applied Ecology*, vol. 38, Issue 5, avril 2002, pp. 1122-1134. URL : <https://cutt.ly/ynXb85n>

CLERGEAU Philippe, PROVENDIER Damien, *Grille pour l'évaluation de la biodiversité dans les projets urbains*, Plante&Cité/DHUP, 2017. URL : <https://cutt.ly/8nXgclG>

CLEVENOT Laura & al., "Do Linear Transport Infrastructures Provide a Potential Corridor for Urban Biodiversity? Case Study in Greater Paris, France", *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, 2017. URL : <https://cutt.ly/im8xvF4>

Convention on Biological Diversity, *User's manual on the Singapore index on cities' biodiversity (also known as the City Biodiversity Index)*, 2014. URL : <https://cutt.ly/bnXnqO7>

Cordis, "La pollinisation entomophile coûte 153 milliards d'euros chaque année", Allemagne, septembre 2008. URL : <https://cutt.ly/Xm7yJo8>

DE GROOT Rudolf S. & al., *Évaluation des zones humides. Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides*, Rapport technique Ramsar n° 3, Série des publications techniques de la CDB n° 27, Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, juin 2017. URL : <https://cutt.ly/UnXnl81>

DE VRIES Sierp & al., *Meer groen op het schoolplein : een interventiestudie. De effecten van het groen herinrichten van schoolpleinen op de ontwikkeling, het welzijn en de natuurhouding van het kind* ("Plus de verdure dans la cour d'école : une étude terrain. Les effets de l'écologisation des cours d'école sur le développement, le

bien-être et l'attitude envers la nature de l'enfant"), Rapport Alterra, octobre 2013. URL : <https://cutt.ly/JnLD0t2>

DELANNOY Emmanuel, *La biodiversité, une opportunité pour le développement économique et la création d'emplois*, rapport réalisé à la demande de Mme la Ministre de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, 15 novembre 2016. URL : <https://cutt.ly/1m9iQon>

DEMUZERE Matthias & al., "Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure", *Journal of Environmental Management*, vol. 146, 2014, pp. 107-115.

Direction de la nature de Bordeaux Métropole & Equipe Agence Ter, *Guide zones humides. Comment intégrer les zones humides dans un projet urbain*, Projet 55 000 hectares pour la Nature, mars 2015. URL : <https://cutt.ly/VnXQpfk>

DONOVAN Geoffrey H., BUTRY David T., "Trees in the city: valuing street trees in Portland, Oregon", *Landscape and Urban Planning*, Pacific Northwest Research Station, vol. 94, 2010, pp. 77-83.

DUSZA Yann, *Toitures végétalisées et services écosystémiques: favoriser la multifonctionnalité via les interactions sols-plantes et la diversité végétale*, Ecologie, Environnement, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2017. URL : <https://cutt.ly/lm471zh>

DWYER John F., "Economic value of urban trees", in A National Research Agenda for Urban Forestry in the 1990's, *International Society of Arboriculture*, Re-search Trust, Urbana IL, pp. 27-32.

EDF, "Guide des prix pour la pose d'une canalisation", janvier 2019. URL : <https://cutt.ly/mm3JU98>

Bibliographie

- ELD Initiative, *The Value of Land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management*, 2015. URL : <https://cutt.ly/cm9arY6>
- European Environment Agency, *EEA core set of indicators: Guide, rapport technique*, n° 1, Copenhague, 2005. URL : <https://cutt.ly/sm9aSs6>
- FAO, "La gestion et la restauration des mangroves", *Gestion Durable des Forêts (GDF) : Boîte à Outils*. URL : <https://cutt.ly/Xm8nHIM>
- FEIX Isabelle, MARQUET Sarah & THIBIER Emmanuel, *Aménager avec la nature en ville : Des idées préconçues à la caractérisation des effets environnementaux, sanitaires et économiques*, Editions ADEME, réf. n° 010658, octobre 2018.
- FLANDIN Jonathan, *Guide pratique de conception et gestion écologique des cimetières*, Natureparif, Ile-de-France, 2015. URL : <https://cutt.ly/ynXQYPj>
- FLEGEAU Morgane, *Formes urbaines et biodiversité, un état des connaissances*, Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), 2020. URL : <https://cutt.ly/Sm4BawC>
- FOURNIER Florian, KOESTEN Julien, *La gestion différenciée des dépendances vertes*, Cerema Nord-Picardie, Collection Expériences et pratiques, août 2018. URL : <https://cutt.ly/rm8fDNB>
- France Nature Environnement, *Restauration de la continuité écologique des cours d'eau et des milieux aquatiques - Idées reçues et préjugés*, juillet 2014. URL : <https://cutt.ly/Zm8cQLH>
- GAERTNER Mirjam & al., "Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges", *Biological Invasions*, vol. 19, octobre 2017, pp. 3461-3469.
- GETTER Kristin L. & al., Carbon Sequestration "Potential of Extensive Green Roofs", *Environmental Science & Technology*, n° 43, 7564-7570, 2009. URL : <https://cutt.ly/unL1oLF>
- GILL Susannah & al., "Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure", *Built Environment*, vol. 33, Issue 1, mars 2007, pp. 115-133. URL : <https://cutt.ly/znXEgml>
- GLANDIER Sabine, *Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviats des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés*, Ecole nationale de la santé publique, Rennes, 2002. URL : <https://cutt.ly/0m7uKbu>
- Global Opportunity Explorer, "Wuhan: Landfill Transformed Into A Green Garden", *Sustainia*, juin 2018. URL : <https://cutt.ly/Om7aeUw>
- GOLDRINGER Isabelle & al., "Recherche participative pour des variétés adaptées à une agriculture à faible niveau d'intrants et moins sensibles aux variations climatiques", *Pour*, n° 213, 2012, pp. 153-161. URL : <https://cutt.ly/FnXEjj5>
- GRAHN Patrick, STIGSDOTTER Ulrika K., "The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration", *Journal of Landscape and Urban Planning*, vol. 94, mars 2010, pp. 264-275.
- GREGG Jillian W., JONES Clive G. & DAWSON Todd E., "Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City", *Nature*, juillet 2003, pp. 183-187.
- Groupe de travail Biodiversité de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), *La Biodiversité sur les chantiers de Travaux Publics. Guide d'accompagnement et de sensibilisation*, mai 2017. URL : <https://cutt.ly/FnXQjtb>

Bibliographie

- GUNAALAN Kuddithamby, FABBRI Elena, CAPOLUPO Marco, "The hidden threat of plastic leachates: A critical review on their impacts on aquatic organisms", *Water Research*, vol. 184, octobre 2020. URL : <https://cutt.ly/fm7il4K>
- GUTLEBEN Caroline & al., *VEGDUD : Impact du végétal en ville*, Plante&Cit , 2014. URL : <https://cutt.ly/YQriPki>
- HENRY Alexandre, "Quels indicateurs pour évaluer la biodiversité en ville ?", *Chaire ParisTech. Ecoconception des ensembles bâtis et des infrastructures*, juin 2011.
- IGNATIEVA Maria, AHRNE Karin, (2013). Biodiverse green infrastructure for the 21st century: From "green desert" of lawns to biophilic cities", *Journal of Architecture and Urbanism*, n 37, mars 2013. URL : <https://cutt.ly/inX3JMj>
- Info Energie, *Bâtiment économe en énergie : les clés pour réussir son projet de construction ou de rénovation*, janvier 2014. URL : <https://cutt.ly/im4B0Lw>
- Institut Montaigne, "Planter 170 000 arbres afin de créer des forêts urbaines et des rues végétales", Paris, 2020. Consulté le 21/08/2020. URL : <https://cutt.ly/4nXZHKJ>
- JALUZOT Anne, *Trees in Hard Landscapes: A Guide for Delivery*, Trees and Design Action Group Trust (TDAG), 2014. URL : <https://cutt.ly/JQrPRkf>
- KAZA Silpa & al., *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, Banque mondiale, Urban development, Washington DC World Bank, 2018. URL : <https://cutt.ly/7m7tex9>
- KOHLER Manfred, "Colonisation of Climbing Plants by Insects and Spiders in Berlin", *German Journal for Applied Zoology*, vol. 75, Issue 2, 1988 pp. 195-202.
- LAU J.T., MAH Darrien, "Green wall for retention of stormwater", *Pertanika Journal of Science and Technology*, vol. 26, Issue 1, janvier 2018, pp. 283-298. URL : <https://cutt.ly/Vm7rOol>
- Ligue de protection des oiseaux (LPO), *Guide Technique Biodiversité & Paysage urbain*, Programme U2B (Urbanisme, Bâti, Biodiversité), 2016. URL : <https://cutt.ly/ynXLGfY>
- LIU Yan, SHENG Lianxi & LIU Jiping, "Impact of wetland change on local climate in semi-arid zone of Northeast China", *Chinese Geographical Science*, n 25, janvier 2015, pp. 309-320.
- LORRAIN Dominique, HALPERN Charlotte & CHEVAUCHE Catherine (dir.), *Villes sobres : nouveaux modèles de gestion des ressources*, Presses de Sciences Po, Paris, 2018.
- LOTFI Mehdi & al., "Les services écosystémiques urbains, vers une multifonctionnalité des espaces verts publics : revue de littérature", *Environnement Urbain / Urban Environment* [En ligne], vol. 11, 2017. Consulté le 15 novembre 2020. URL : <https://cutt.ly/8nCWZzR>
- MAYRAND Flavie, CLERGEAU Philippe, "Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity ?", *Sustainability*, MDPI, vol. 10, Issue 4, pp. 985.
- MCCLELLAND Gary H., SCHULZE William D., HURD Brian, "The Effect of Risk Beliefs on Property Values: A Case Study of a Hazardous Waste Site", *Risk Analysis*, vol. 10, Issue 4, décembre 1990, pp. 485-497. URL : <https://cutt.ly/Mm7a2GI>
- MENOZZI Marie-Jo & al., *Les plantes sauvages en milieu urbain, un désordre naturel ? Synthèse de l'étude socio-écologique*, Plante & Cité, 2011.

Bibliographie

- MENOZZI Marie-Jo, TOMMERET Stéphane, *Recommandation pour l'élaboration d'outils de communication*, Acceptaflore, Plante&Cité, 2011. URL : <https://cutt.ly/eQrl8af>
- Millenium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being*, synthèse, Island Press, Washington, DC, 2005. URL : <https://cutt.ly/pm9uFUH>
- MURATET Audrey & al., "The Role of Urban Structures in the Distribution of Wasteland Flora in the Greater Paris Area, France", *Ecosystems*, vol. 10, n° 4, 2007, pp. 661 671.
- Natureparif, *Bâtir en favorisant la biodiversité. Un guide collectif à l'usage des professionnels publics et privés de la filière du bâtiment*, rédigé par BARRA Marc & al., 2012.
- Natureparif, *Friches urbaines et Biodiversité*, réalisé par ARAQUE-GOY Laure & al., Les Rencontres de Natureparif, Saint-Denis, 2012. URL : <https://cutt.ly/FnCelg7>
- Natureparif, *L'objectif zéro pesticide et les espaces à contraintes (cimetières jardins historiques, terrains sportifs d'honneur, golfs, ...)*, Les Rencontres de Natureparif, 2011.
- Naturvardsverket, *Vägrafikbuller. Nordiska beräkningsmodeller (Roadnoise. Nordic calculation models)*, Report 4653, Stockholm, 1996.
- Norpac (filiale Bouygues Construction), *Guide Bâti et Biodiversité Positive (BBP)*, en partenariat avec l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille, 2011. URL : <https://cutt.ly/FnXKfSL>
- NOWAK David & al., "Sustaining America's Urban Tree and Forests", United States Department of Agriculture (USDA), *General Technical Report NRS-62*, juin 2010. URL : <https://cutt.ly/om3JgNs>
- Observatoire National sur les effets du réchauffement climatique, *Des Solutions fondées sur la Nature pour s'adapter au changement climatique*, Rapport au premier ministre et au parlement, Direction de l'information légale et administrative, décembre 2019. URL : <https://cutt.ly/2Qrlrkc>
- OCDE, *Financer la biodiversité, agir pour l'économie et les entreprises*, rapport préparé pour la réunion des ministres de l'Environnement du G7, 5 et 6 mai 2019. URL : <https://cutt.ly/3m3GhBH>
- ORSINI Francesco & al., "Urban agriculture in the developing world: a review", *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDF Sciences/INRA, vol.33, Issue 4, 2013. URL : <https://cutt.ly/Lm8tFAW>
- OTTELÉ Marc & al., "Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems", *Energy and Buildings*, vol.43, Issue 12, décembre 2011, pp. 3419-3429. URL : <https://cutt.ly/vQrlaNd>
- PARKINS Kaitlyn L., CLARK Alan J., "Green roofs provide habitat for urban bats", *Global Ecology and Conservation*, vol. 4, juillet 2015, pp. 349-357. URL : <https://cutt.ly/WnX4aqR>
- PARMENTIER Emmanuel, JORANT Julie-Anne, *Plan de gestion 2006-2010 : Marais du Haut Pont*, Conservatoire des Sites Naturels du Nord et du Pas-de-Calais, décembre 2005. URL : <https://cutt.ly/Pm8nbsq>
- Ville de Vancouver, Planning, Urban Design and Sustainability Department, *Chinatown HA-1 Design Policies*, avril 2011. URL : <https://cutt.ly/Jm4Bljd>
- POUFFARY Stéphane, DELABOULAYE Guillaume, *Guide du bâtiment durable en régions tropicales - Tome 1*, Institut de la francophonie pour le développement durable (IFDD), Collection Points de repète, n°24, 2015. URL : <https://cutt.ly/Em4B7OR>

Bibliographie

- PRETTY Jules N., "Agroecological Approaches to Agricultural Development", *University of Essex*, Royaume-Uni, novembre 2006. URL : <https://cutt.ly/sm8eijv>
- Programme mondial de l'UNESCO pour l'évaluation des ressources en eau, La valeur de l'eau, *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau* 2021. URL : <https://cutt.ly/vm8cO2a>
- PROVENDIER Damien, *URBIO. Biodiversité des aires urbaines : Fiche de synthèse des travaux de recherche*, Agrocampus Ouest, 2017. URL : <https://cutt.ly/xQrOhWM>
- PROVENDIER Daniel, LAILLE Pauline, COLSON François, *Les bienfaits du végétal en ville – Synthèse des travaux scientifiques et méthode d'analyse*, Plante&Cité/Agrocampus-Ouest, février 2014. URL : <https://cutt.ly/LmLiqUn>
- Rapport de la Banque asiatique de développement (BAD), "Enhancing Women-focused investments in climate and disaster resilience" ("Améliorer les investissements tournés sur les femmes dans la résilience face au changement climatique et aux catastrophes naturelles"), mai 2020.
- RAY Asim B., SELVAKUMAR Ariamalar, TAFURI Anthony N., "Removal of selected pollutants from aqueous media by hardwood mulch", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 136, Issue 2, 2006, pp. 213-218, janvier 2006.
- RIAZ Atif & al., "Well-Planned Green Spaces Improve Medical Outcomes, Satisfaction and Quality of Care: A Trust Hospital Case Study", *Acta Horticulturae*, mai 2010. URL : <https://cutt.ly/Um3HX2Q>
- ROBINSON George R., HANDEN Steven N., "Forest Restoration on a Closed Landfill: Rapid Addition of New Species by Bird Dispersal", *Conservation Biology*, vol. n°7, n°2, juin 1993, pp. 271-278. URL : <https://cutt.ly/Lm7yoWp>
- RYSULOVA Martina, KAPOSZTASOVA Daniela & VRANAYOVA Zuzana, "Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment", *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*, vol. 245, Issue 7, 2017.
- SANG N., LI G., XIN X., "Municipal landfill leachate induces cytogenetic damage in root tips of *Hordeum vulgare*", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol.63, Issue 3, mars 2006, pp. 469-473. URL : <https://cutt.ly/dm7iflx>
- SAVARD Jean-Pierre L., CLERGEAU Philippe & MENNECHEZ Gwenaëlle, "Biodiversity concepts and urban ecosystems", *Landscape and Urban Planning*, vol. 48, 2000, pp. 131-142. URL : <https://cutt.ly/unX8c4Z>
- SCHUYT Kirsten, BRANDER Luke, "The economic values of the world's wetlands, living waters. Conserving the source of life", *Environmental Economics*, WWF International, Amsterdam., 2004. URL : <https://cutt.ly/Zm8bReE>
- SCHOLES L. & al., "Priority pollutant behaviour in stormwater Best Management Practices (BMPs)", *Sciences de l'environnement*, 2008.
- Servir le public, "Eteignières : une décharge pour la biodiversité", Trophées des Epl 2013 : Neuf entreprises encore en course, *Environnement et réseaux*, août 2013. URL : <https://cutt.ly/3m7ygH7>
- SIMON Laurent, RAYMOND Richard, "Biodiversité : les services écosystémiques et la nature en ville", *Revue Forestière Française*, 2012.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, *The SER International Primer on Ecological Restoration*, octobre 2004. URL : <https://cutt.ly/Hm3GoGT>

Bibliographie

TOMALTY Ray, KOMOROWSKI Bartek, "The Monetary Value of the Soft Benefits of Green Roofs Final Report", Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), Montreal, 2010.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Estimating the environmental effects of green roofs: A case study in Kansas City*, 2018. URL : <https://cutt.ly/JQrPARW>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Stormwater to Street Trees : Engineering Urban Forests for Stormwater Management, Office of Wetlands, Oceans and Watersheds*, Washington DC, septembre 2013. URL : <https://cutt.ly/fm1QVEL>

UICN France, *Gestion des espèces exotiques envahissantes. Guide pratique et stratégique pour les collectivités françaises d'outre-mer*, Comité français de l'UICN, Paris, 2010.

UICN France, *Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.3 : les écosystèmes urbains*, Paris, 2013.

ULRICH Roger, *View Through a Window May Influence Recovery from Surgery*, New-York, avril 1984.

UNESCO, *Tracking Key Trends in Biodiversity Science and Policy*, based on the proceedings of a UNESCO International Conference on Biodiversity Science and Policy, 2013.

Union nationale des centres permanents d'initiatives pour l'environnement, *Zéro phyto et végétation spontanée. Enjeux, représentations sociales et pratiques*, Les Cahiers de l'eau du réseau des CPIE, n°14, décembre 2016.

Union nationale des entreprises du paysage (UNEP), *Les espaces verts urbains, lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique*, étude Asterès, mai 2016. URL : <https://cutt.ly/3m3HyJ1>

Ville de Fécamp, "Fiche d'information n°1 : La gestion différenciée des Espaces Verts à la Ville de Fécamp", Agenda Fécamp 2021, septembre 2009. URL : <https://cutt.ly/Om3Hf2z>

Ville de Grenoble, "2 700 arbres plantés en 3 saisons... et 700 supplémentaires d'ici la fin de l'hiver !" Dossier de presse, 2017. URL : <https://cutt.ly/4nXZnE6>

Ville de Vancouver, *Passive Design Toolkit*, juillet 2009. URL : <https://cutt.ly/mm4BkGA>

World Bank Group, "The World Bank Group Environmental, Health Safety Guidelines (EHSGs)", 2016. URL : <https://cutt.ly/um9dq5i>

World Bank Group, *Liveable cities : the benefits of urban environmental planning - a cities alliance study on good practices and useful tools* (English), Washington, DC, 2007. URL : <https://cutt.ly/Cm9ikcv>

World Bank Group, *Managing Coasts with Natural Solutions. Guidelines for Measuring and Valuing the Coastal Protection Services of Mangroves and Coral Reefs*, WAVES Technical Report, Washington DC, janvier 2016. URL : <https://cutt.ly/vm8n8AO>

YENGUE Jean-Louis, ROBERT Amélie, « Evaluer les services écosystémiques des espaces verts urbains : Approche méthodologique », *Les rencontres du végétal*, 8ème édition, Agrocampus Ouest, Angers, France, janvier 2015.

Notes

Notes

Pour un monde en commun

L'Agence française de développement (AFD) met en œuvre la politique de la France en matière de développement et de solidarité internationale. À travers ses activités de financement du secteur public et des ONG, ses travaux et publications de recherche (Éditions AFD), de formation sur le développement durable (Campus AFD) et de sensibilisation en France, elle finance, accompagne et accélère les transitions vers un monde plus juste et résilient.

Nous construisons avec nos partenaires des solutions partagées, avec et pour les populations du Sud. Nos équipes sont engagées dans plus de 4 000 projets sur le terrain, dans les Outre-mer, dans 115 pays et dans les territoires en crise, pour les biens communs – le climat, la biodiversité, la paix, l'égalité femmes-hommes, l'éducation ou encore la santé. Nous contribuons ainsi à l'engagement de la France et des Français en faveur des Objectifs de développement durable (ODD).



www.afd.fr

Twitter : @AFD_France - Facebook : AFDOfficiel - Instagram : afd_france

5, rue Roland-Barthes - 75598 Paris cedex 12 - France

Tél. : +33 1 53 44 31 31