

Les Fiches du **BIOMIM' CITY LAB**

Des outils d'aide à la
conception d'habitats
bio-inspirés & régénératifs
pour la maîtrise d'oeuvre
& la maîtrise d'ouvrage.

Réinventer la ville par & pour le vivant

Notre capacité à réinventer des espaces de vie propices à la vie dépendra de notre capacité à penser, créer et agir ensemble. S'adapter au réchauffement climatique, accueillir la biodiversité, accompagner une démarche de résilience des territoires, repenser le cycle de l'eau en milieu urbain... sont des actions que souhaite porter le Biomim' City Lab.

Conçues comme des guides accessibles à tous, les fiches « thématiques » du Biomim' City Lab accompagnent MOA et MOE pour une transition écologique au sein des équipes de conception.

2023



**Biomim'
CITY
LAB**



Ceebios

Une série de documents du Biomim'City Lab

Édition & rédaction, Ceebios :

- Cécile Dupuch
- Chloé Lequette
- Delphine Mathou
- Lucile Roux

Collaboration :

- Béchu & Associés - *membre co-fondateur du Biomim'City Lab*
- Ceebios - *pilote & membre co-fondateur du Biomim'City Lab*
- Cerema
- Comité Ouvrier du Logement
- Eiffage - *membre co-fondateur du Biomim'City Lab*
- Elan-France - *membre co-fondateur du Biomim'City Lab*
- In Situ Architecture - *membre co-fondateur du Biomim'City Lab*
- Mu Architecture
- Nobatek/INEF4 - *membre co-fondateur du Biomim'City Lab*
- Rougerie+Tangram Architectes - *membre co-fondateur du Biomim'City Lab*

Toute reproduction interdite sauf autorisation.

2 ACCUEILLIR LA BIODIVERSITÉ

Intégrer la biodiversité dès la phase conception pour des projets architecturaux et urbains régénératifs

Biomim'
CITY
LAB



Objectif

Mettre en lumière le potentiel du biomimétisme pour faciliter l'accueil de la biodiversité et la production de services écosystémiques dans des projets urbains et architecturaux

Cette fiche présente des stratégies développées par le vivant à explorer et appliquer dans le secteur de la construction et de l'aménagement urbain, ainsi que des solutions bio-inspirées d'ores et déjà mises en œuvre. Accueillir la biodiversité au sein des projets architecturaux et urbains présente de nombreux avantages. La biodiversité permet de réduire les effets des îlots de chaleur, de régénérer les sols, contribue à l'amélioration de la qualité de l'air en filtrant les polluants atmosphériques, participe à la gestion des eaux pluviales par l'absorption et la filtration des eaux de pluie et présente un impact positif sur la santé des personnes qui la côtoient.

Introduction

La conception urbaine et architecturale régénérative vise à inverser les dommages écologiques causés par l'humain et à avoir un impact positif net mesurable sur l'environnement. Elle vise aussi à dépasser les objectifs de durabilité pour tendre vers des projets régénératifs, en invitant les acteurs de la fabrique de la ville à réinterroger leur manière de concevoir les infrastructures bâties et les formes urbaines. Tout en répondant à de nouveaux objectifs, plus ambitieux :

- Réduire les pressions exercées sur la biodiversité existante
- Renforcer le potentiel évolutif des écosystèmes au changement climatique

Afin de bénéficier des services écosystémiques et construire en répondant aux enjeux environnementaux actuels, il est désormais primordial d'intégrer la question de l'accueil des biodiversités dans la conception du projet architectural et urbain.

Mais comment créer des conditions favorables au développement de la biodiversité dans le bâtiment ou sein d'un quartier ?

Le biomimétisme, par la compréhension et l'imitation des systèmes vivants et en particulier des écosystèmes, est une opportunité inédite pour repenser les villes de demain¹. Les bâtiments et structures artificielles, éléments de « l'écosystème ville », peuvent être conçus comme des organismes vivants intégrés, adaptés à leur milieu, ou comme de mini-écosystèmes aptes à accueillir la biodiversité.

Quelques chiffres

17% des espèces sont éteintes ou menacées en France (Nature France 2022). La population d'oiseaux a diminué de près de 30% en France en trente ans. (MNHN, OFB, LPO, 2020)

Chaque année en Europe, plus de **1000 km²** de terres ou forêts sont artificialisées, principalement pour l'urbanisation résidentielle, la création de zones industrielles et commerciales ou encore pour des infrastructures de transport. Plus de **50%** de cette surface est rendue **imperméable**. (INRA 2017)

La surface de **sols artificialisés** sur le territoire français a augmenté de **72%** au cours des quarante dernières années. (AGRESTE 2021)

La **surface urbaine** représente **3%** de la planète. (CNRS 2023) Entre 1992 et 2019 ce chiffre a **doublé**. (GEO 2019)

L'**IPBES**² a mis en évidence que le **changement d'usage du sol** est une des raisons principales d'**érosion de la biodiversité** et de la réduction du potentiel de services écosystémiques.

En France, 20% des **écosystèmes remarquables** sont dans un état de conservation favorable. Autrement dit, 80% des écosystèmes piliers de notre biodiversité sont potentiellement menacés. (Observatoire national de la Biodiversité, 2020)

1. Blanco E., Pedersen Zari M., Raskin K. & Clergeau P. (2021). *Urban ecosystem-level biomimicry and regenerative design: linking ecosystem functioning and urban built environments*. Sustainability 13 (404)

2. La plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques est un groupe international d'experts sur la biodiversité, créé en 2012.

BIODIVERSITÉ

Définitions

Trois échelles de biodiversité



Le terme « biodiversité », contraction de l'expression « diversité biologique », est vraisemblablement apparu pour la première fois sous la plume du biologiste Thomas E. Lovejoy en 1980¹. Bien que plusieurs définitions de la biodiversité soient aujourd'hui proposées par les institutions intergouvernementales telles que l'IUCN, la FAO ou l'IPBES, toutes dérivent de la formulation établie en 1992 par la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB)².

La biodiversité est ainsi généralement définie comme la variété et la variabilité de l'ensemble des organismes vivants, ainsi que des écosystèmes dont ils font partie. Cette diversité comprend trois niveaux :

- **Niveau intraspécifique** (au sein d'une même espèce) : diversité génétique (a) entre individus d'une population et (b) entre différentes populations. Ce niveau intraspécifique englobe également les variétés domestiquées de plantes et d'animaux.
- **Niveau interspécifique** : diversité des espèces peuplant une zone donnée. On parle également de diversité spécifique ou taxonomique.
- **Niveau écosystémique** : diversité des écosystèmes, pouvant s'apprécier à différentes échelles (parcelle locale, paysage, biome).

La biodiversité apparaît donc comme un concept multidimensionnel, incluant la variation génétique, phénotypique, phylogénétique et fonctionnelle ainsi que les changements en abondance et en distribution dans le temps et l'espace des espèces, des communautés biologiques et des écosystèmes³.

1. Lovejoy T. E., in Soulé M. E. & Wilcox B. A. (1980). *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates: Sunderland, Mass.

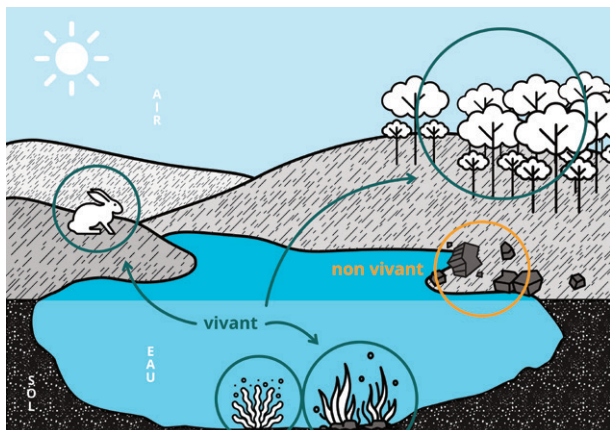
2. United Nations Environment Programme. (1992). *Convention on biological diversity*, June 1992.

3. Díaz S. & Malhi Y. (2022). *Biodiversity: concepts, patterns, trends, and perspectives*. Annual Review of Environment and Resources 47 (1): 31-63.

ÉCOSYSTÈMES, BIOMES, SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Définitions & outils

Écosystème



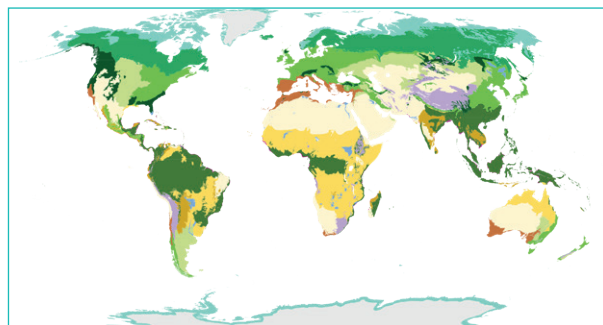
L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire¹ définit un écosystème comme un « complexe dynamique composé de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de leur environnement inerte, interagissant en tant qu'unité fonctionnelle. »

Selon l'UICN, « les écosystèmes apportent, de par leur fonctionnement, de nombreux bénéfices qui contribuent au bien-être de la société et à l'ensemble de ses activités économiques (...) »² : on parle de services écologiques, ou services écosystémiques (cf p. 6).

1. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

2. <https://uicn.fr/services-ecologiques/> (Consulté le 07 mars 2024)

Biome



© Genius of Biome Report by About HOK – Biomimicry 3.8

Ensemble d'écosystèmes aux conditions écologiques identiques. On parle également de macro-écosystème, d'aire biotique.

Selon les classifications existantes, on peut distinguer environ vingt biomes continentaux et cinq biomes marins. Les espèces qui peuplent un biome donné présentent des adaptations aux conditions abiotiques qui y règnent..

Quelques biomes européens à retrouver sur la carte ci-dessus :

- la **toundra**, prairie ouverte et marécageuse
- la **taïga**, forêt boréale
- la **végétation méditerranéenne**, au climat sec et aride



Biomimicry 3.8 en partenariat avec l'**agence HOK** a développé l'outil *Genius of Biome*.

Celui-ci décrit des stratégies et conceptions/modèles adoptées par les organismes vivants trouvés dans le biome de forêt tempérée de feuillus. Il décrit les principes et tendances communs aux organismes et écosystèmes de ce biome.

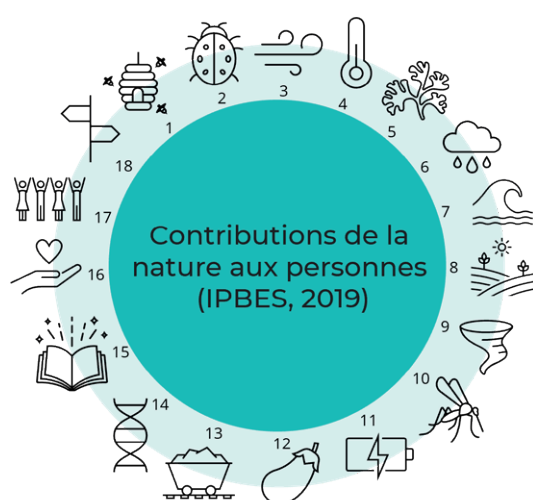
À partir de cette biologie, les concepteurs peuvent extraire des principes pour inspirer l'innovation et pour identifier des critères spécifiques pour une conception ancrée sur le site de leurs projets.

Les services écosystémiques

La biodiversité, diversité parmi les organismes vivants, est essentielle au bon fonctionnement des écosystèmes et à la fourniture de services écosystémiques rendant la vie humaine possible.

D'après l'IPBES, « Les contributions de la Nature envers l'humanité font référence à toutes les contributions que l'humanité reçoit de cette nature. Les biens et services issus des écosystèmes, considérés séparément ou conjointement, sont inclus dans cette catégorie. Dans d'autres systèmes de connaissance, les dons de la nature et concepts similaires font référence aux avantages de la nature à partir desquels l'humanité tirent une bonne qualité de vie. Les aspects de la nature pouvant être négatifs pour l'humanité, tels que les pestes, pathogènes ou prédateurs, sont également inclus dans cette vaste catégorie. » (IPBES, 2019)

L'accueil de la biodiversité dans nos habitats permet de bénéficier de ces services écosystémiques et d'améliorer les conditions de vie, notamment en milieu urbain.



01. Création et entretien d'habitats
02. Pollinisation / dispersion des graines et autres propagules
03. Régulation de la qualité de l'air
04. Régulation du climat
05. Régulation de l'acidification des océans
06. Régulation de la quantité d'eau douce, de sa localisation et de son cycle temporel
07. Régulation de la qualité de l'eau douce et des eaux côtières
08. Formation, protection et décontamination des sols et des sédiments
09. Régulation des risques et des événements extrêmes
10. Régulation des organismes nuisibles à l'homme
11. Énergie
12. Denrées alimentaires et aliments pour animaux
13. Matériaux et assistance
14. Ressources médicinales, biochimiques et génétiques
15. Apprentissage et inspiration
16. Expériences physiques et psychologiques
17. Soutien des identités
18. Maintien des options



En 2022, **Eduardo Blanco**¹, dans le cadre de sa thèse à Ceebios et au Muséum national d'Histoire naturelle, a formalisé un cadre de conception urbaine, basé sur le biomimétisme au niveau de l'écosystème et la conception régénérative.

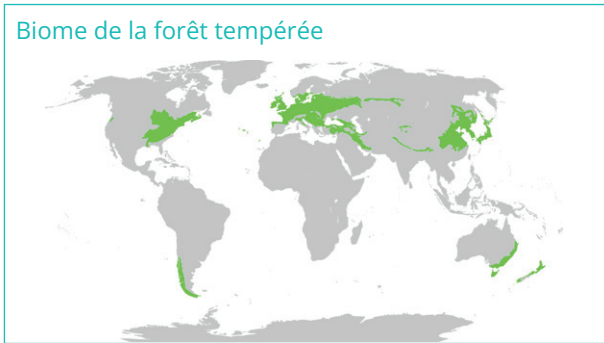
Il a mis au point une méthodologie s'appuyant sur 18 stratégies pour améliorer la production de services écosystémiques, et 26 indicateurs.

1. Blanco E., Pedersen Zari M., Raskin K. & Clergeau P. (2021). *Urban ecosystem-level biomimicry and regenerative design: linking ecosystem functioning and urban built environments*. Sustainability 13 (404)

ZOOM SUR DES MODÈLES BIOLOGIQUES D'INTÉRÊT

1. La forêt tempérée de feuillus

Biome de la forêt tempérée



© Genius of Biome Report by About HOK – Biomimicry 3.8

Présentation

Elle est caractérisée par des arbres feuillus, des conifères, et des arbustes denses. Leurs troncs sont larges, adaptés aux températures rudes en hiver. Le biome de la forêt tempérée est réparti sur six des sept continents de la planète Terre.

Ces régions connaissent les quatre saisons. En moyenne, il y tombe 75 à 150 cm de précipitations annuelles. La température moyenne du biome est de 10°C.

Stratégies écosystémiques

Stratification

L'écosystème se compose de cinq couches distinctes :

- couche inférieure du sol, très fertile, accueillant la plus grande diversité d'êtres vivants dans le biome (lichen, mousses, bactéries, champignons, graines et spores)
- couche d'herbes et de plantes rases
- étage des arbustes
- étage des jeunes arbres et des arbres de petite hauteur (ensemble ils forment la moyenne canopée)
- dernière couche : la canopée d'arbres, d'une hauteur comprise entre 18 et 30 m (chênes, hêtres, érables et des conifères)

Connexion

Les lianes et plantes grimpantes connectent les différentes couches les unes avec les autres.



Application possible

La diversité des structures dans la forêt tempérée de feuillus peut inspirer le design de projets architecturaux et urbains plus résilients.

2. Le récif corallien



Présentation

La grande majorité des récifs coralliens se développe en zone de lumière des 20 premiers mètres des eaux tropicales. Les récifs constituent **un réservoir abritant 25% de biodiversité marine, et représentent un fort potentiel de services écosystémiques (protection des littoraux, puits de carbone, apports économiques et culturels)**. Les trois plus grands récifs coralliens du monde sont situés en Australie, en Nouvelle-Calédonie et au Belize.

Stratégies écosystémiques

Symbiose

La structure biologique du récif est le résultat d'interactions complexes entre les polypes de l'animal corallien (sécrétant le squelette minéral), des algues unicellulaires, et une grande diversité de microorganismes (bactéries, archées, champignons et virus).

Recyclage

Lorsqu'un corail meurt, sa structure sert de support à d'autres organismes qui vont se fixer et pousser dessus (éponges, nouveaux coraux) et participer à l'agrandissement de la structure.

Zone de frayère

Les irrégularités et diversités morphologiques structurales créent des abris propices à la reproduction des espèces peuplant les océans.



Application possible

Créer des structures/habitats favorables à l'accueil de la biodiversité.

3. Les herbiers de posidonie



CC Nachosan



CC Mabelcalabuig

Présentation

Les formations marines dites « herbiers de posidonie » sont réparties sur les côtes méditerranéennes et au Sud de l'Océanie. [Grands réservoirs de biodiversité marine](#), ces herbiers constituent également des [puits de carbone atmosphérique](#) et [protègent les littoraux de l'érosion](#).

Stratégies écosystémiques

Photosynthèse

1 m² de posidonie, à 10 m de profondeur peut produire 5 L d'oxygène en une journée.

Zone de frayère

Les vastes prairies offrent une zone abritée pour la ponte des oeufs des espèces piscicoles.

Fixation des sédiments

Le sable des fonds marins, sous la plante n'est pas remis en suspension, laissant l'eau de mer claire.

Recyclage & stratification

Même mortes, les feuilles de posidonie jouent un rôle dans l'écosystème marin. Elles se déposent en banquettes sur la plage. Ces couches stratifiées, plus ou moins humides, protègent le littoral de l'érosion et abritent des espèces spécifiques.



Application possible

La matte de Posidonie et la laisse de mer peuvent inspirer des structures d'accueil de la biodiversité

4. Les falaises minérales & côtes rocheuses



Présentation

Situées sur littoraux, notamment sur le littoral atlantique, les falaises minérales et les côtes rocheuses sont un écosystème connectant mer ou océan et milieu rocheux. Des espèces adaptées à ces conditions de vie particulières s'y développent.

Stratégies écosystémiques

Zonation verticale

Les algues et lichen recouvrant les falaises sont répartis en ceintures horizontales très nettes, en fonction du marnage, les différents niveaux atteints par la marée.

Un support rocheux irrégulier

La majorité des grandes algues vivent fixées sur les rochers ou les cailloux, par des crampons ou des fausses racines. Elles ne survivent guère une fois détachées. Les côtes rocheuses sont donc leur biotope favori, composées de roches à surface rugueuse comme le granite, le gneiss et le grès grossier.

Zones abritées

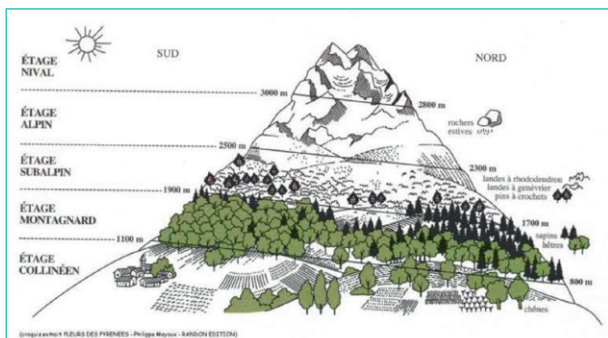
Les aspérités des falaises créent des cavités humides, des abris propices au développement de différentes espèces, ainsi protégées des rayons directs du soleil.



Application possible

Végétalisation des façades de bâtiments avec un habitat à plusieurs espèces

5. L'étagement de la végétation en montagne



Croquis extrait de « Fleurs des Pyrénées »
© Philippe Mayoux – Randon Édition »

Présentation

Les écosystèmes des milieux montagneux sont répartis selon des zones dépendant des conditions abiotiques (température, gel, précipitations, ensoleillement, vent) liées à l'altitude.

Stratégies écosystémiques

Adaptation

Si les conditions climatiques évoluent, les étages se décalent, les écosystèmes changent d'altitude. Une augmentation de la température moyenne de 1°C engendre un décalage de 100 à 200 m d'altitude vers les sommets.

Diversité

Les espèces peuplant les massifs montagneux sont diversifiées, ce qui renforce la résilience des écosystèmes du milieu.

Espèces pionnières

Le mélèze par exemple, ne se développe que sur un terrain dénué de végétation. Il permet de créer un nouvel écosystème sur une zone peu peuplée par le vivant, en apportant de l'ombre et de l'humidité, propices au développement de mousses, bactéries, lichen, champignons



Application possible

Faire de l'enveloppe bâtie un support de biodiversité, en s'inspirant des étages de montagne. Plus on monte en hauteur, moins il y a de végétation, mais tout de même des abris pour la faune des falaises.



SYNTHÈSE DES STRATÉGIES

Des particularités communes à tous ces écosystèmes

Capacité

Stratification (sol, hauteur de végétation) et diversité morphologique du milieu, connexion entre les stratifications.

Fonctionnalité

Présence de refuges, zone de frayère, ressources alimentaires sur place.

Qualité

Diversité des espèces adaptées au milieu, indigènes et non importées par une action anthropique.

Ces caractéristiques définissent des critères à étudier pour évaluer l'éco-potentialité d'un site et l'impact d'un projet sur la biodiversité du site. Des méthodes d'évaluation sont présentées dans cette fiche.

Des stratégies pour accueillir la biodiversité dans le bâtiment

Choix des espèces colonisatrices de l'habitat

Les espèces végétales sélectionnées pour peupler la structure doivent être choisies en fonction de leurs propriétés et de leurs conditions de vie naturelles (climat, humidité, espèce pionnière...).

Bioinspiration pour la structure

La conception du support, sur lequel les espèces vont se développer, peut être inspirée des caractéristiques du milieu sur lequel se développent les espèces sélectionnées à l'état sauvage. Un exemple de mur biodiversitaire, dont la structure est support de biodiversité, est présenté dans les solutions techniques.

4 grandes stratégies clés

- Augmenter la surface d'espaces de nature dans le projet urbain
- Augmenter la diversité des typologies d'habitat
- Améliorer la connectivité entre les tâches d'habitat
- Réduire les pressions humaines sur les milieux et les espèces

EXEMPLES DE BÂTIMENTS BIO-INSPIRÉS

École des Sciences & de la Biodiversité Boulogne-Billancourt Chartier Dalix



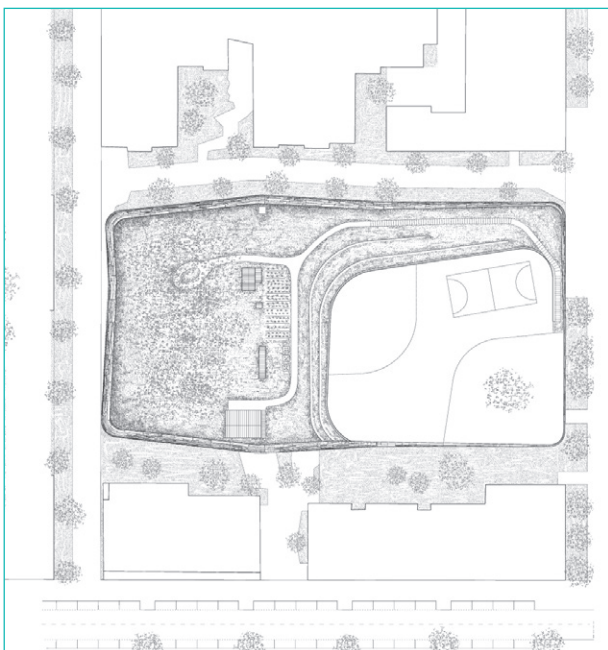
© Chartier Dalix - Takuji Shimmura

Localisation

Quartier du Trapèze, l'un des premiers quartiers français à obtenir la certification écoquartier.

Présentation

Composée de 18 salles de classes et d'un gymnase dimensionné pour accueillir des compétitions régionales, cette école a ouvert ses portes à la rentrée scolaire 2014 à 482 élèves, de la maternelle à l'élémentaire. Perçu comme le poumon vert du quartier, ce bâtiment participe à la restauration écologique de l'ancienne friche industrielle.



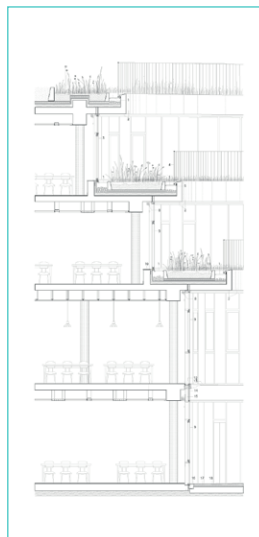
© Chartier Dalix

Modèle d'inspiration

Écosystème de falaises minérales permettant la création de services écosystémiques de support, régulation, soutien et culturel.

Stratégies d'accueil du vivant

- Jardin sur son toit accueillant jusqu'à 1,5 mètres de pleine terre.
- Forme de ses murs inspirée des falaises.
- Continuité d'habitat pour la biodiversité entre le sol, les murs et le toit.



© Chartier Dalix



© Chartier Dalix

Impact

À ce jour, les écologues comptabilisent plus d'espèces présentes que celles initialement introduites. Le 28 juin 2016, Audrey Muratet, écologue, a effectué un premier relevé de la faune et de la flore. Son rapport fait apparaître que sur les 114 espèces recensées, 44 sont issues des plantations d'origine et 70 sont des espèces arrivées spontanément.

EXEMPLES DE BÂTIMENTS BIO-INSPIRÉS

Conservatoire de musique & de danse Senlis

Rougerie + Tangram



© Rougerie+Tangram

Objectifs

Mêler patrimoine, culture et développement durable en s'appuyant sur les qualités intrinsèques du lieu par une approche bioclimatique frugale, low tech et bas carbone.

Présentation

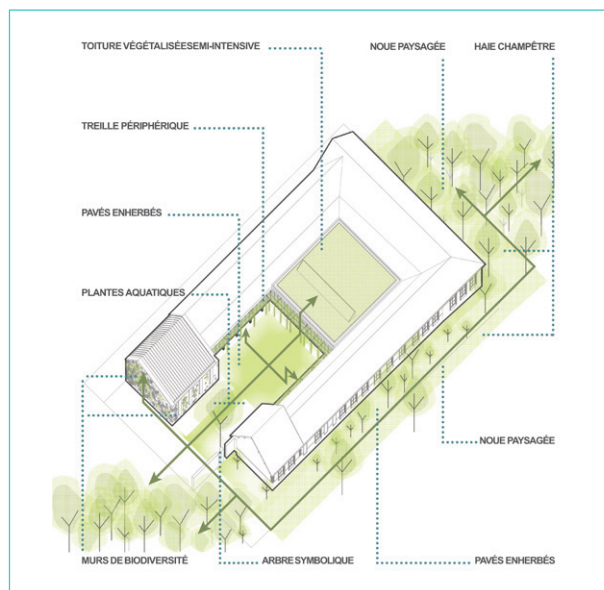
Création d'un conservatoire de musique et de danse dans l'ancien mess des officiers du quartier Ordener à Senlis. En plus de répondre à des ambitions de conception durable ambitieuses, Rougerie + Tangram a également développé un matériau s'inspirant des plumes des ailes des chouettes, leur assurant un vol silencieux, afin de répondre à la gestion de l'acoustique de la salle destinée à accueillir le Grand orchestre.

Modèles d'inspiration

- Solutions Fondées sur la Nature
- Ailes des chouettes

Stratégies d'accueil du vivant

• **Continuité de la trame verte** : enrichir la strate arbustive et arborée par une haie champêtre, créer une **noue paysagère**, végétaliser en **toiture**, utiliser une **treille** comme support de **plantes grimpantes**, renforcer l'**offre de nidification**, limiter les pièges pour la faune, **purifier** avec des plantes aquatiques ou encore privilégier les **espaces enherbés infiltrants**...



© Rougerie+Tangram

- Double approche bio inspirée : approche systémique et approche fonctionnelle.
- Entrelacer trame verte et trame bleue (voir la fiche Gestion de l'eau).
- De l'accueil du vivant à un bâtiment vivant.



© Rougerie+Tangram

ZOOM SUR DES SOLUTIONS TECHNIQUES

Recherches sur les murs biodiversitaires

Chartier Dalix



© Chartier Dalix

Expérimentations

Pavillon Rue Buffon à Paris par l'agence Chartier Dalix

Problématique

Végétaliser la ville dense

Collaboration

Delphine Lewandowski, doctorante au CESCO (Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation)

Réponse architecturale

Créer une paroi accueillant le vivant, à la fois porteuse pour le bâtiment et support de biodiversité. Mur expérimental visant à accueillir plantes, insectes, oiseaux, est composé de trois couches. La couche extérieure permet d'accueillir animaux et végétaux jusque dans des petites cavités; la couche interne est composée de substrat, réserve d'eau et de nutriment ; et la dernière couche structurelle et isolante. Cette structure permet aux espèces de s'ancrer réellement dans le mur, vivant, et de ne pas se limiter à une couche superficielle.

Expérience

Comparaison de trois systèmes : briques Monomur (Bio'bric); un prototype en briques réalisé par la Société BYN ; et un prototype en pierres réemployées et recyclées de la ville de Paris. Cette expérience fait suite à des précédents travaux à objectif similaire, mais sur des murs en béton, présents sur le Nouveau Siège de l'Hôpital Saint-Antoine AP-NP à Paris XIIe.

Concrete Sprig, Recherches sur le Béton Végétalisé

XTU Architects



© XTU Architectes

Recherche

XTU Architects, Anouk Legendre et Nicolas Desmazières. Avancée des recherches : validation en laboratoire d'un produit.

Collaboration

Ciments Calcia, Tandem Urbain et Roland Cahen.

Modèle d'inspiration

Roches des falaises minérales permettant la colonisation naturelle par des mousses, lichens, et autres plantes pionnières.

Principe

Les propriétés physico-chimiques du béton conventionnel ne sont pas favorables au développement des plantes sur la durée (le ciment étant trop basique). XTU Lab a travaillé sur une formulation adaptée et une matrice granulaire optimale pour permettre l'accueil spontané de la végétation directement au sein des blocs de béton, ainsi que la circulation et rétention optimale de l'eau. Une sélection d'espèces végétales et de substrats compatibles avec la matrice support a été faite afin d'initialiser la végétalisation par des techniques d'hydroseeding (projection directement sur les supports du mélange par une lance adaptée).

Résultats

Gains multiples, depuis l'accueil de la biodiversité, le rafraîchissement urbain (par le phénomène adiabatique d'évapotranspiration des plantes), ou encore l'atténuation des bruits ambiants.

ZOOM SUR DES SOLUTIONS TECHNIQUES

Les Solutions Fondées sur la Nature (SFN)

Définition



© UICN

Les solutions fondées sur la nature sont des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés, pour relever directement les défis sociétaux et environnementaux de manière efficace et adaptative.

Deux exigences principales les définissent :

- Contribuer de façon directe à un défi de société identifié, autre que celui de la conservation de la biodiversité,
- S'appuyer sur les écosystèmes et présenter des bénéfices pour la biodiversité.

Elles se déclinent en trois types d'actions, pouvant être combinées dans les territoires et avec des solutions d'ingénierie civile :

- La préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique ;
- L'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ;
- La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes.

"Concevons le projet de paysage à partir des dynamiques du vivant pour nous conduire à le penser instable, non achevé, comme un système du vivant lui-même."

— Véronique Mure, botaniste, Biennale d'architecture et du paysage de Versailles

Exemples de SFN

Échelle territoriale

Globalement, envisager la régénération d'un quartier à l'échelle d'un territoire permet une approche systémique plus durable et plus inclusive, avec des effets positifs sur le bien-être social, la qualité de l'environnement et la prospérité économique.

En France, des travaux de renaturation ou de réponse au risque se sont appuyés sur les Solutions Fondées sur la Nature. Par exemple :

- le Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims ;
- le SAGE Loire-Bretagne (Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau, un plan de résilience eau pour réagir à la sécheresse) ;
- le Parc Naturel Régional du Vercors ;
- la Réserve Naturelle Nationale de Camargue (détaillé ci-dessous).

Les étangs & marais salins de Camargue, Tour du Valat

L'une des plus grandes zones humides d'Europe, cette réserve naturelle constitue un habitat essentiel pour les oiseaux migrateurs. Le projet d'observatoire de la Tour du Valat se concentre sur sa restauration, par exemple par :

- l'établissement d'une zone «tampon» entre mer et digue pour limiter les risques ;
- la restauration d'un corridor de migration des poissons, zone de nurserie ;
- l'arrêt du maintien et de l'entretien des digues littorales en réponse à l'érosion côtière et de la disparition des écosystèmes des plages...



© www.conservatoire-du-littoral.fr

ZOOM SUR DES SOLUTIONS TECHNIQUES

Exemples de SFN

Échelle du quartier & du bâtiment

Les toitures végétalisées

L'installation de toits verts aide à recréer des habitats naturels et fournit un espace pour les plantes, les insectes et les oiseaux. Ces toitures contribuent également à l'isolation, à la gestion des eaux pluviales et à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Façades vertes et Jardins verticaux

Les jardins verticaux sont des installations de végétation sur les murs extérieurs ou intérieurs des bâtiments. Les façades vertes consistent à faire pousser des plantes grimpantes sur les murs extérieurs des bâtiments à l'aide de treillis ou d'autres systèmes de soutien. Façades et murs végétalisés améliorent la qualité de l'air, et constituent un habitat pour les insectes, les oiseaux et d'autres petits animaux, tout en réduisant la consommation d'énergie en ombrageant le bâtiment et le rafraîchissant en été.

Atriums, cours vertes

L'aménagement d'atriums et de cours intérieures avec des espaces verts et des plantations permet d'améliorer la qualité de l'air intérieur, de fournir des connexions visuelles avec la nature et de créer un environnement accueillant pour la biodiversité.

Plantes indigènes

Les espèces végétales indigènes sont adaptées au climat local et nécessitent moins d'entretien.



Écoquartier Vauban, Fribourg-en-Brigsau
Noue jardin, façades vertes
CC Mangan02

Surfaces perméables

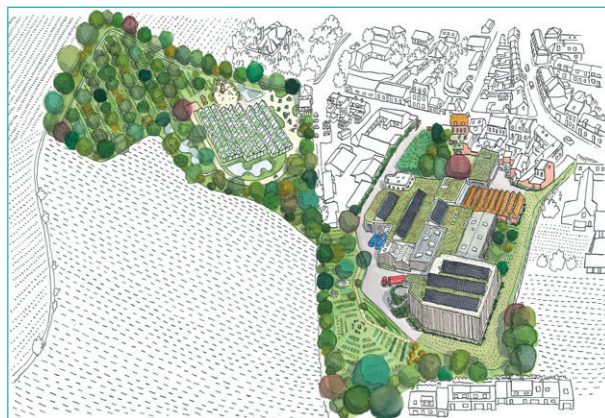
L'utilisation de revêtements perméables ou d'asphalte poreux, permet à l'eau de s'infiltrer dans le sol, ce qui alimente les nappes phréatiques et favorise la santé des écosystèmes du sol.

Jardins de pluie, Noues paysagères

Le jardin de pluie, ou jardin pluvial, présente une technique alternative dans la gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain. Ces jardins peuvent abriter des plantes de zones humides, attirer les pollinisateurs et constituer un habitat pour les amphibiens et d'autres espèces. Les noues jouent le même rôle, en bordure de chemin et de route.

Zones humides urbaines

La construction de zones humides ou d'étangs artificiels à l'intérieur ou à proximité des bâtiments peut attirer diverses espèces aquatiques, des amphibiens et des oiseaux. Ces plans d'eau peuvent contribuer à la purification de l'eau (phytorémédiation), à l'atténuation des inondations et constituer un habitat pour la biodiversité aquatique.



Site industriel « éconologique » de Pochéco
Vergers comestibles, phytoremédiation, mare ...
© Pocheco

ÉVALUER L'ÉCOPOTENTIALITÉ D'UN PROJET

Des Indicateurs

Évaluer l'état de la biodiversité au cours du temps permet d'estimer l'impact de l'activité humaine sur les écosystèmes étudiés.

L'Observatoire National de la Biodiversité par exemple, a mis en place une série d'indicateurs évaluant différents types de milieux aux conditions spécifiques (milieux humides, milieux forestiers, milieux urbains, cours d'eau, littoraux...). Ces indicateurs sont disponibles : <https://naturefrance.fr/indicateurs?f%5B0%5D=mi-lieux%3A609>

Des Certifications de qualité environnementale

- Certification [NF Habitat](#)
- Certification [NF Habitat HQE](#) une approche environnementale multi critères visant 14 cibles

Des outils, certifications & labels de biodiversité

En complément des certifications environnementales, des organismes développent des certifications évaluant la biodiversité dans les projets d'aménagement.

- Label [Living Building Challenge](#), labellisation la plus ambitieuse
- Label [BiodiverCity](#), par le CIBI, pour intégrer la biodiversité et les services écosystémiques dans la conception des milieux urbains
- [Effinature](#), outil développant une méthode très scientifique d'intégration et de préservation de la biodiversité. un AMO d'Effinature guide les acteurs du projet dans le respect du référentiel élaboré.
- [Effinature HVE](#) (Haute Valeur Écologique), certification pour une gestion pérenne des écosystèmes mis au point par l'IRICE – Institut de Recherche et d'Innovation pour le Climat et l'Écologie
- [Natur4Cities](#), après 4 ans de travail, ce projet offre une grande base de connaissances sur les SFN et sur de nouveaux modèles d'affaires, de financement et de gouvernance pour les projets SFN. En complément, il propose des outils pour l'évaluation des impacts, la valorisation et le suivi de projets SFN.

La Méthode Guy Berthoud Centre International Biodiversité & Immobilier

Guy Berthoud, écologue suisse travaillant au CIBI, a mis au point une méthode de calcul du potentiel écologique, basée sur des fondements scientifiques.

Cette méthode est appliquée pour décerner un niveau du Label BiodiverCity, présenté ci-après, en notant la valeur écologique des projets sur une échelle de A à E. Pour une évaluation d'autres projets, hors du cadre de la labellisation, un score d'écopotentialité est attribué.

Trois grandes familles de critères sont à étudier :

La capacité de l'habitat :

les surfaces de biotope, la structure du sol (le nombre de strates), la circularité des cheminements.

La fonctionnalité de l'habitat :

Le potentiel de refuges et d'abris, la présence de zones de reproduction, la connexion à d'autres habitats et écosystèmes, des ressources de nourriture pour les espèces peuplant le site.

La qualité de l'habitat:

diversité de la flore, de la faune et de faciès, localité des espèces peuplant l'habitat, perturbation anthropique sur l'habitat.

Qualité, Fonctionnalité et Qualité de l'Habitat sont des leviers sur lesquels s'appuyer dans la conception du projet. Le projet vise à les améliorer, les renforcer.



LES LABELS, DES GUIDES DANS LA CONCEPTION



INTERNATIONAL

Le Living Building Challenge

International Living Future Institute

L'ILFI encadre MOE et MOA dans leurs objectifs de labellisation. Le label LBC est **le plus ambitieux** qui existe aujourd'hui.

3 niveaux de certification

Core, Petal ou Living.

4 typologies de projet

- Nouvelle construction,
- Bâtiment existant,
- Aménagement intérieur,
- Espaces paysagers.

7 Petales, 7 leviers

Relation avec la nature, Énergie, Matériaux, Eau, Équité, Santé, Beauté.

Objectifs

Créer des bâtiments :

- **régénératifs**, reconnectant les usagers à la lumière naturelle, à l'air, à une alimentation saine, à la nature et à une vie en communauté ;
- **auto-suffisants**, et fonctionnant en connaissance des limites des ressources du site ;
- engendrant des **bénéfices écosystémiques**, un impact positif sur l'humain et sur les systèmes naturels interagissant avec l'utilisateur.

Exemple :
Phipps Center for Sustainable Landscapes, Pittsburgh, 2015.
Certifié Full Living



biodivercity

FRANCE

Label BiodiverCity®

Centre International
Biodiversité et Immobilier

Projets concernés

Tous les projets d'urbanisation sur un **site urbain, périurbain ou naturel**.

4 grands axes

évalués de A à E, permettent d'évaluer la performance écologique :

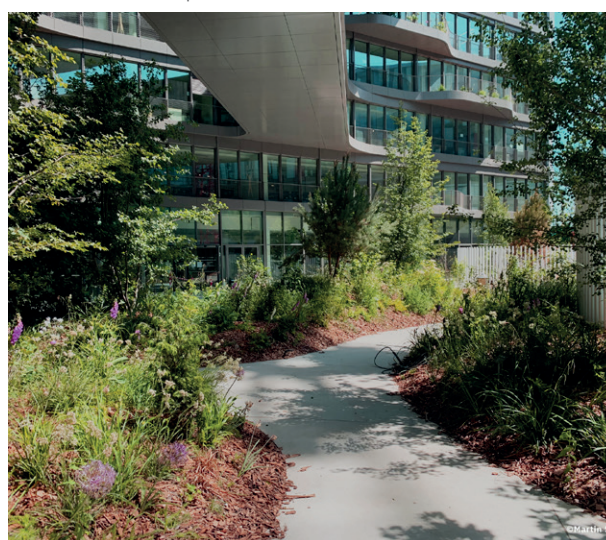
- **l'engagement**, défini par la maîtrise d'ouvrage,
- **la conception du projet**, dont la maîtrise d'oeuvre est en charge,
- **le potentiel écologique**, défini par un écologue,
- **les bénéfices des usagers**, évalués par les utilisateurs.

Ils sont déclinés en 27 préoccupations et 63 objectifs à viser par des actions précises. Le CIBI accompagne MOA et MOE dans ces démarches.

Quels sont les avantages ?

Le label d'évaluation de la biodiversité donne une valeur ajoutée environnementale au projet. Dans le cas présent du label BiodiverCity, il complète d'autres labels (BREEAM®, LEED® et HQE™) "qui intègrent la question de la biodiversité sans faire l'objet d'une évaluation approfondie."

Exemple :
Biotope, Immeuble de bureaux, Lille, 2019
Toiture intensive en photo, © Elan-France



POUR ALLER PLUS LOIN

Quelles opportunités pour le déploiement de l'intégration de la biodiversité à l'habitat ?

Un support pédagogique

L'intégration de la biodiversité, directement sur l'habitat, crée un lieu de découverte pour les enfants et les sensibilise immédiatement au monde du vivant.

Une meilleure résilience du bâtiment

Le projet urbain ou architectural, lorsqu'il s'inscrit dans les trames verte, bleu et brune de son territoire, améliore sa résilience au changement climatique. Il bénéficie des services de régulation que procure la biodiversité tels que la régulation du climat local ou la réduction des risques naturels.

Le confort biophilique

La présence de nature génère immédiatement une notion de beauté. Elle a des propriétés biophiliques et provoque un apaisement et un confort chez l'utilisateur.

Amélioration & développement de liens sociaux

Les espaces verts, jardins partagés, cours d'immeubles, squares, sont autant de lieux de rencontre et de partage dans un quartier et contribuent au développement de liens sociaux.

Quelles limites rencontrons-nous ?

L'acceptation de la biodiversité

Les usagers peuvent être réticents au développement de la biodiversité sur leur habitat. Certains quartiers sont encore coupés de la nature. Il s'agit d'un enjeu politique, d'où l'importance de travailler à l'adhésion des citoyens.

L'économie & les réglementations

Le coût d'entretien peut être mal perçu et refroidir les collectivités territoriales ou les porteurs du projet. Les réglementations ne jouent pas en la faveur du développement de la biodiversité sur les projets.

Éthique, interrogations

Quels écosystèmes artificiels crée-t-on ? Quelles espèces végétales et animales, spontanées ou introduites, souhaite-on accueillir ?

Pour les architectes : quelle limite donner entre ce qu'on contrôle et ce qu'on ne contrôle pas ? Ces interrogations se sont posées lors de la conception du « mur biodiversité » notamment, mais sont corrélées à toutes les recherches mêlant vivant et habitat.

À quel point l'utilisateur est-il prêt à accepter le vivant dans son habitat ?

Favoriser la biodiversité plutôt que verdifier la ville

Depuis quelques années, les villes s'engagent dans leurs verdissements par la mise en place de parcs, jardins, toitures végétalisées, etc. Néanmoins ces projets de verdissement ne sont pas gages de biodiversité. La notion de biodiversité implique une dimension plus fonctionnelle. Il faut tendre à la fois vers plus de diversités spécifiques et vers plus de relations entre ces espèces. (Cf Urbanisme et biodiversité, P. Clergeau)

Matériaux & biodiversité

L'accueil de la biodiversité en toiture ou en façade peut représenter des contraintes structurelles nécessitant l'utilisation de béton. Il existe actuellement un enjeu autour du choix entre l'accueil de la biodiversité et des structures porteuses biosourcées peu compatibles avec l'accueil de la biodiversité.

POUR ALLER PLUS LOIN

Comment lever ces freins ?

Réglementation

Intégrer la biodiversité dans les documents d'urbanisme et se pencher sur une nouvelle réglementation, plus souple, dans l'accueil de la biodiversité dans l'habitat contribuerait au développement des solutions présentées pour accueillir la biodiversité.

Diversifier les équipes

Pour une approche plus systémique et une meilleure expertise au niveau de l'étude des écosystèmes, nous suggérons d'intégrer des écologues et des biologistes dans les équipes de conception. Les acteurs du génie écologique peuvent constituer des parties prenantes à mobiliser au sein des équipes de MOE.

Une approche systémique inévitable

La pertinence d'un projet dépend de son environnement et de son acceptation par les habitants. Un projet exemplaire s'intègre dans un territoire, dépend des mobilités et des connexions auxquelles il est rattaché... Le projet est pensé dans un ensemble, comme base structurante d'un écosystème : il crée les conditions de multiples interactions, dont celles de la (bio)diversité.

Sensibiliser les citoyens

Pour atténuer la méfiance envers la biodiversité, nous pouvons associer :

- Sensibilisation en amont des promoteurs et des usagers
- Création d'une culture d'apprentissage avec les habitants à proximité (école, supports pédagogiques, ateliers).
- Collaboration avec les usagers dans le processus de conception par de la concertation citoyenne, des conférences.
- S'appuyer sur le développement des sciences participatives tel que Vigie-Nature.

La recherche sur la régénération des écosystèmes en architecture & en urbanisme

Projets de recherche

Des projets encore plus ambitieux, intégrant des zones polluées ou désertées de la biodiversité, ont pour objectif de repeupler ces zones abandonnées par le vivant. Le projet *Remora Reef* illustre la volonté d'aider la nature à se réappropriier les fonds marins. Rougerie + Tangram a pour objectif d'aider la biodiversité marine à s'implanter là où elle avait disparu pour cause de pollution. Ce projet de R&D contribue aux travaux de recherche sur la restauration écologique des littoraux et des petits fonds côtiers.



© Rougerie + Tangram

Biodiversity Impulsion Group (BIG) créé par l'Observatoire de l'Immobilier Durable

Impulsé en 2021 par l'Observatoire de l'Immobilier Durable, le programme BIG, œuvre aux côtés d'une trentaine de partenaires économiques, scientifiques et techniques, pour renforcer l'intégration de la biodiversité et du vivant dans les stratégies et activités des acteurs de la ville et de l'immobilier. Sa vocation concrète : accompagner le passage à l'acte au travers de référentiels communs à l'échelle du secteur, fournissant des indicateurs accessibles et opérationnels. C'est dans cet objectif que s'inscrit BIODI-Bat, l'outil d'analyse des risques biodiversité à l'échelle des bâtiments.

Groupe sur l'urbanisme écologique (GUÉ)

Le GUÉ réunit une trentaine de chercheurs académiques (universités, Grandes écoles, Agrocampus...) et de professionnels (architectes, paysagistes, urbanistes, écologues...) dans l'objectif de réfléchir à de nouvelles formes urbaines résilientes et vertueuses. Philippe Clergeau, pilote du Gué, a notamment publié un livre *Urbanisme et Biodiversité – Vers un paysage vivant structurant le projet urbain*.



**Biomim'
CITY
LAB**



**INTÉRESSÉ
PAR LA
DÉMARCHE ?**

Qui sommes-nous ? Le Biomim' City Lab

Nous sommes un collectif créé en 2019 et coordonné par Ceebios, engagé pour le développement de la ville régénérative par le biomimétisme. Nous sommes +10 acteurs de la ville, architectes, maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, promoteurs...

Nos contributions

- Manifeste du Biomim'City Lab
 - *État des lieux des projets urbains bio-inspirés français*
- Guide Évaluer la qualité technique d'opérations bio-inspirées

Des formations

Ceebios propose une formation de deux jours pour initier la maîtrise d'oeuvre et la maîtrise d'ouvrage à la conception d'un projet urbain bio-inspiré et régénératif.

<https://ceebios.com/2022/11/04/formation-projet-urbain-bio-inspire-regeneratif/>

Le grand défi

Notre capacité à réinventer des espaces de vie propices à la vie dépendra de notre capacité à penser, créer et agir ensemble, à mêler nos savoirs et passions, à nous écouter, à animer cette confluence des talents, finalement à stimuler notre intelligence collective au service de notre communauté de destins.

Nos engagements

- Faciliter le partage de bonnes pratiques
- Développer ensemble de nos outils
 - Faire évoluer les pratiques
 - Partager notre expertise

En savoir plus

Site internet Ceebios

<https://ceebios.com>

Merci aux membres du Biomim'City Lab

bechu + associés



ROUGERIE + TANGRAM

Participez ! Rejoignez-nous !

contact@ceebios.com

RÉFÉRENCES

« (5) **Principes de l'architecture régénérative à impacts positifs**: Une rupture avec l'architecture "durable" et l'importance d'une PHASE O | LinkedIn ». Consulté le 2 mai 2023. <https://www.linkedin.com/pulse/principes-de-larchitecture-r%C3%A9g%C3%A9n%C3%A9rative-%C3%A0-impact-une-romain/?originalSubdomain=fr>.

« Accueil - **ChartierDalix** ». Consulté le 16 mai 2023. <http://www.chartier-dalix.com/fr>.

Almansa, Robin. « **Les solutions fondées sur la nature** : comment optimiser les politiques climat et biodiversité ? » Fondation pour la recherche sur la biodiversité, 11 janvier 2022. <https://www.fondationbiodiversite.fr/les-solutions-fondees-sur-la-nature-comment-optimiser-les-politiques-climat-et-biodiversite/>.

« **Architecture et Biodiversité - Penser un nouvel écosystème urbain** | FAIRE 2017 | Projets ». Consulté le 21 mai 2023. <https://www.faireparis.com/fr/projets/faire-2017/architecture-et-biodiversite-penser-un-nouvel-ecosysteme-urbain-1297.html>.

Berthoud, Guy. « **FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'ÉCOLOGIE URBAINE POUR DES APPLICATIONS AUX LABELS BIODIVERCITY** », 2022.

« **Biome** ». In Wikipédia, 23 avril 2023. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Biome&oldid=203600438>.

Blanco, Eduardo, Chloé Lequette, et Caroline Robert. « Un document Ceebios & Biomim'City Lab », s. d.

Blanco, Eduardo, Kalina Raskin, et Philippe Clergeau. « **Le projet urbain régénératif : un concept en émergence dans la pratique de l'urbanisme** ». Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère, 5 novembre 2021. <https://doi.org/10.4000/craup.8973>.

Cerema. « **Biodiversité, solutions fondées sur la nature et adaptation : des outils et méthodes du Cerema pour les territoires** ». Consulté le 30 mai 2023. <http://www.cerema.fr/fr/actualites/biodiversite-solutions-fondees-nature-adaptation-outils>.

« **Certification HQE (Haute Qualité Environnementale)** ». Consulté le 22 mai 2023. <https://www.isover.fr/mon-projet/logements-collectifs/reglementation-en-vigueur/certification-hqe>.

« **Cibi** ». Consulté le 5 mai 2023. <http://cibi-biodiversitycity.com/>.

CNRS Le journal. « **Sous le béton, la biodiversité** ». Consulté le 30 mai 2023. <https://lejournel.cnrs.fr/articles/sous-le-beton-la-biodiversite>.

construction21.org. « **BIOTOPE** ». Consulté le 30 mai 2023. <https://www.construction21.org/france/case-studies/h/biotope.html>.

construction21.org. « **Le centre commercial Beaugrenelle Paris obtient le label Biodiversity** ». Consulté le 30 mai 2023. <https://www.construction21.org/france/articles/h/le-centre-commercial-beaugrenelle-paris-obtient-le-label-biodiversitycity.html>.

construction21.org. « **Une étude nationale sur les obstacles aux continuités écologiques** ». Consulté le 30 mai 2023. <https://www.construction21.org/france/articles/h/une-etude-nationale-sur-les-obstacles-aux-continuites-ecologiques.html>.

Daniel, Terry C., Andreas Muhar, Arne Arnberger, Olivier Aznar, James W. Boyd, Kai M. A. Chan, Robert Costanza, et al. « **Contributions of Cultural Services to the Ecosystem Services Agenda** ». Proceedings of the National Academy of Sciences 109, n° 23 (5 juin 2012): 8812-19. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>.

« **Écopotentialité** ». In Wikipédia, 14 mai 2023. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89copotentialit%C3%A9&oldid=204232606>.

Effinature. « **Effinature - Certification de la biodiversité dans l'immobilier** ». Consulté le 22 mai 2023. <https://www.effinature.fr/>.

« **Étage montagnard** ». In Wikipédia, 25 février 2023. https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89tage_montagnard&oldid=201753122.

RÉFÉRENCES

- « Étagement altitudinal ». In Wikipédia, 27 juillet 2021.
https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89tagement_altitudinal&oldid=184998197.
- « Évaluer la biodiversité [Le concept de biodiversité] ». Consulté le 22 mai 2023.
https://formation.vigienature-ecole.fr/seance2/co/Evaluer_la_biodiversite.html.
- « Genius of Biome Report by About HOK - Issuu ». Consulté le 22 février 2023.
<https://issuu.com/hoknetwork/docs/geniusofbiome>.
- Geo.fr. « Ecosystème : qu'est-ce qu'un Biome ? », 14 décembre 2018.
https://www.geo.fr/environnement/ecosysteme-quest-ce-quun-biome-193899.IUdx71mP34EOp49qv5D-cLyvfp4yiVSF/edit?usp=drive_web&oid=112949395436756506222&rtpof=true&usp=embed_facebook.grgdbf75Pogf.
- « Le rôle des récifs coralliens dans l'écosystème naturel mondial ». Greenoco, 23 avril 2022.
<https://greenoco.io/le-role-des-recifs-coralliens/>.
- « Herbiers de posidonie, observation et suivis – GIS Posidonie », 12 décembre 2022.
<https://gisposidonie.osupytheas.fr/?cat=17>.
- « INPN - La biodiversité - Patrimoine naturel - Définitions ». Consulté le 2 mai 2023.
<https://inpn.mnhn.fr/informations/biodiversite/definition>.
- International Living Future Institute. « Phipps Center for Sustainable Landscapes ». Consulté le 1 juin 2023.
<https://living-future.org/case-studies/hipps-center-for-sustainable-landscapes/>.
- « Jardin de pluie : caractéristiques, utilité, avantages - Ooreka ». Consulté le 5 juin 2023.
<https://amenagement-de-jardin.ooreka.fr/astuce/voir/293025/qu-est-ce-qu-un-jardin-pluvial>.
- Khan Academy. « L'impact humain sur les écosystèmes : révisions (leçon) ». Consulté le 16 mai 2023.
<https://fr.khanacademy.org/science/biologie-a-l-ecole/x5047ff3843d876a6:bio-6e-annee-sciences-de-base/x5047ff3843d876a6:bio-6-1h-impact-de-l-homme-sur-les-ecosystemes/a/hs-human-impact-on-ecosystems-review>.
- La Pierre d'Angle. « Architecture bio-inspirée : vers la conception d'habitats régénératifs », 16 février 2021.
<https://anabf.org/pierredangle/magazine/architecture-bio-inspiree-vers-la-conception-dhabitats-r-g-n-ratifs>.
- « Le dépassement des limites planétaires explose quand on prend en compte les impacts humains ». Consulté le 2 juin 2023. <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/biodiversite/isr-rse/le-depassement-des-limites-planetaires-explose-quand-on-prend-en-compte-les-impacts-humains-151545.html>.
- « L'écologie des montagnes - Caractères généraux de la flore des montagnes ». Consulté le 5 mai 2023. <https://biologie-enligne.univ-lille.fr/montagnes/co/chap2.html>.
- « Les écosystèmes marins et côtiers | Biodiversité - Tous vivants ». Consulté le 23 mai 2023.
<http://biodiversite.gouv.fr/les-ecosystemes-marins-et-cotiers>.
- « Les mangroves, des écosystèmes rares et spectaculaires (UNESCO) | ONU Info », 26 juillet 2021.
<https://news.un.org/fr/story/2021/07/1100632>.
- « Les Solutions fondées sur la Nature - UICN France ». Consulté le 30 mai 2023.
<https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>.
- Libération. « L'intégration Du Vivant, Une Révolution Dans l'urbanisme et l'architecture ». Consulté le 16 mai 2023.
https://www.liberation.fr/forums/lintegration-du-vivant-une-revolution-dans-lurbanisme-et-larchitecture-20230512_MCQ36MZYQRHJBLRM77RZME32C4/.
- MAXICOURS. « Les 3 échelles de la biodiversité ». Consulté le 9 mai 2023.
<https://www.maxicours.com/se/cours/les-3-echelles-de-la-biodiversite/>.

RÉFÉRENCES

NaturDive. « La Posidonie : une plante marine au service de l'Homme ». NaturDive | Observer, Comprendre, Protéger la Biodiversité marine (blog). Consulté le 5 mai 2023.
<https://naturdive.com/actions/la-posidonie-une-plante-marine-au-service-de-lhomme/>.

naturefrance. « Indicateurs », 11 novembre 2022. <http://naturefrance.fr/indicateurs>.

NF Habitat. « NF Habitat, le repère de confiance et de qualité de votre logement ». Consulté le 22 mai 2023.
<https://www.nf-habitat.fr/certification/>.

« Office français de la biodiversité ». Consulté le 30 mai 2023. <https://www.ofb.gouv.fr/chiffres-cles?page=0>.

Pocheco. « Pocheco ». Consulté le 14 juin 2023. <https://pocheco.com/fr/>.

« Recherche : Accueillir le vivant - ChartierDalix ». Consulté le 23 mai 2023.
<https://www.chartier-dalix.com/fr/ressources/accueillir-vivant-recherche>.

« Recherche : Prototypes de la rue Buffon - ChartierDalix ». Consulté le 23 mai 2023.
<https://www.chartier-dalix.com/fr/ressources/prototypes-rue-buffon-paris-5>.

« Récif corallien ». In Wikipédia, 22 février 2023.
https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A9cif_corallien&oldid=201656142.

« REMORA REEF - Rougerie + Tangram ». Consulté le 1 juin 2023.
<https://www.rougerie-tangram.com/projet/remora-reef/>.

Rougerie + Tangram. « Senlis - Rougerie + Tangram - Biodiversité ». Consulté le 2 mai 2023. <https://www.rougerie-tangram.com/projetlab/senlis-biodiversite/>.

« Search — AskNature ». Consulté le 25 avril 2023.
<https://asknature.org/strategy/scale-shape-enables-limbless-movement/>.

Tour du Valat. « Le domaine ». Consulté le 5 juin 2023.
<https://tourduvalat.org/fondation-tour-du-valat/le-domaine/>.

UICN France. « Les Solutions fondées sur la Nature ». Consulté le 30 mai 2023.
<https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>.

« Un "mur biodiversitaire" s'installe devant le laboratoire | Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO) ». Consulté le 23 mai 2023. <http://cesco.mnhn.fr/fr/actualites/un-mur-biodiversitaire-sinstalle-devant-le-laboratoire-6434>.

« Végétation des Alpes ». Consulté le 1 juin 2023. <https://homoalpinus.com/alpes/vegetation/>.

« What is Regenerative Architecture? Limits of Sustainable Design, System Thinking Approach and the Future | ArchDaily ». Consulté le 2 juin 2023. <https://www.archdaily.com/993206/what-is-regenerative-architecture-limits-of-sustainable-design-system-thinking-approach-and-the-future>.

« Zones de frayères | Trame verte et bleue ». Consulté le 5 mai 2023.
<https://trameverteetbleue.fr/outils-methodes/donnees-mobilisables/zones-frayeres>.

