PROJET URBAIN BIO-INSPIRÉ

RAPPORT DE SYNTHÈSE
ÉDITION 2020

CEEBIOS
Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

Cette synthèse a été réalisée grâce au soutien de la région Nouvelle-Aquitaine

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 4

VERS LA VILLE BIOMIMÉTIQUE / RÉGÉNÉRATIVE 6
Les grandes tendances pour une ville durable
Vers l'architecture biomimétique
- Architecture vernaculaire
- Architecture japonaise
- Architecture solaire
- Architecture écologique
- Architecture organique
- Architecture biomorphique

LE BIOMIMÉTISME POUR REPENSER LA VILLE DURABLE 10
Stratégies et organisation du vivant
Architecture biomimétique / régénérative
Structures et enveloppes bio-inspirées
Bâtiments bio-inspirés
Planification urbaine

CENTRE DE COMPÉTENCES 24
Centres de compétences internationaux
Biomimétisme et architecture en France
Centre de ressources

À PROPOS DES AUTEURS 27

GALERIES D'EXEMPLES BIO-INSPIRÉS 28

SÉLECTION DE RESSOURCES 29

INTRODUCTION

En 2050, plus de 65%[1] de la population mondiale vivra en ville contre 40% en 1980 et 54% en 2016[2]...

D'une part, le développement économique de l'ensemble des agglomérations mondiales s'appuie essentiellement sur les énergies fossiles notamment pour fournir du chauffage et des transports. Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), induite par ce système, présentent une menace pour la santé publique et pour l'environnement. D'autre part, les villes commencent à être fortement touchées par des phénomènes climatiques extrêmes, tels que des inondations ou des tempêtes tropicales, de plus en plus intenses. Ces agglomérations, n'étant pas préparées à de tels aléas, mettent du temps à se remettre.

L'aménagement et la logistique des villes de demain doivent mêler une gouvernance fondée sur une collaboration globale et intégrée avec l'utilisation des nouvelles technologies. En se basant sur ce nouveau dispositif, les villes de demain pourront permettre une production locale efficace tout en étant intégrées au réseau global.

Ainsi, les villes de demain encourageront la transformation des modes de vies vers des comportements de consommation et des stratégies de productions urbains plus durables et résilients.
Plusieurs paramètres sont ciblés pour faciliter cette transition : élaborer des ions passives voire à énergie positive, garantir la qualité de l'eau par un réseau sur-



« Repenser le bâtiment et les aménagements urbains sous l'angle du biomimétisme fait partie des leviers de l'éco-conception dans le bâtiment »

O. Scheffer, Directeur Général de NOBATEK/INEF4

veillé, promouvoir une consommation et une production énergétique intelligente, tendre vers 100% d'énergies renouvelables, mettre au point un réseau électrique et souterrain intelligent, modéliser les flux urbains, offrir des services de mobilité innovants, accueillir la biodiversité…

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 demain.
Ces dernières, pensées comme des écosystèmes naturels, devront fournir une performance énergétique a minima similaire à celle de l'écosystème natif. Les stratégies bio-inspirées peuvent ainsi être utilisées pour la gestion des flux, de nouveaux concepts de mobilité ou encore une gestion efficace de l'énergie (par exemple : réduction de la consommation, augmenter la réutilisation ou optimiser le stockage).
Par ailleurs, les bâtiments et structures artificielles, éléments de l'écosystème ville, doivent être conçus comme des organismes vivants intégrés, adaptés à leur milieu et capables de fournir des services écosystémiques comme accueillir la biodiversité, assurer une bonne qualité d'air, purifier et stocker les eaux de pluie ou convertir la lumière du soleil en énergie utilisable.

1- Données provenant de l'émission *Les dessous des cartes*, « Villes du futur », diffusé par Arte, 2014, [En ligne] consulté le 5 juin 2018
2- Données fournies par la Banque mondiale, [En ligne] consulté le 5 juin 2018

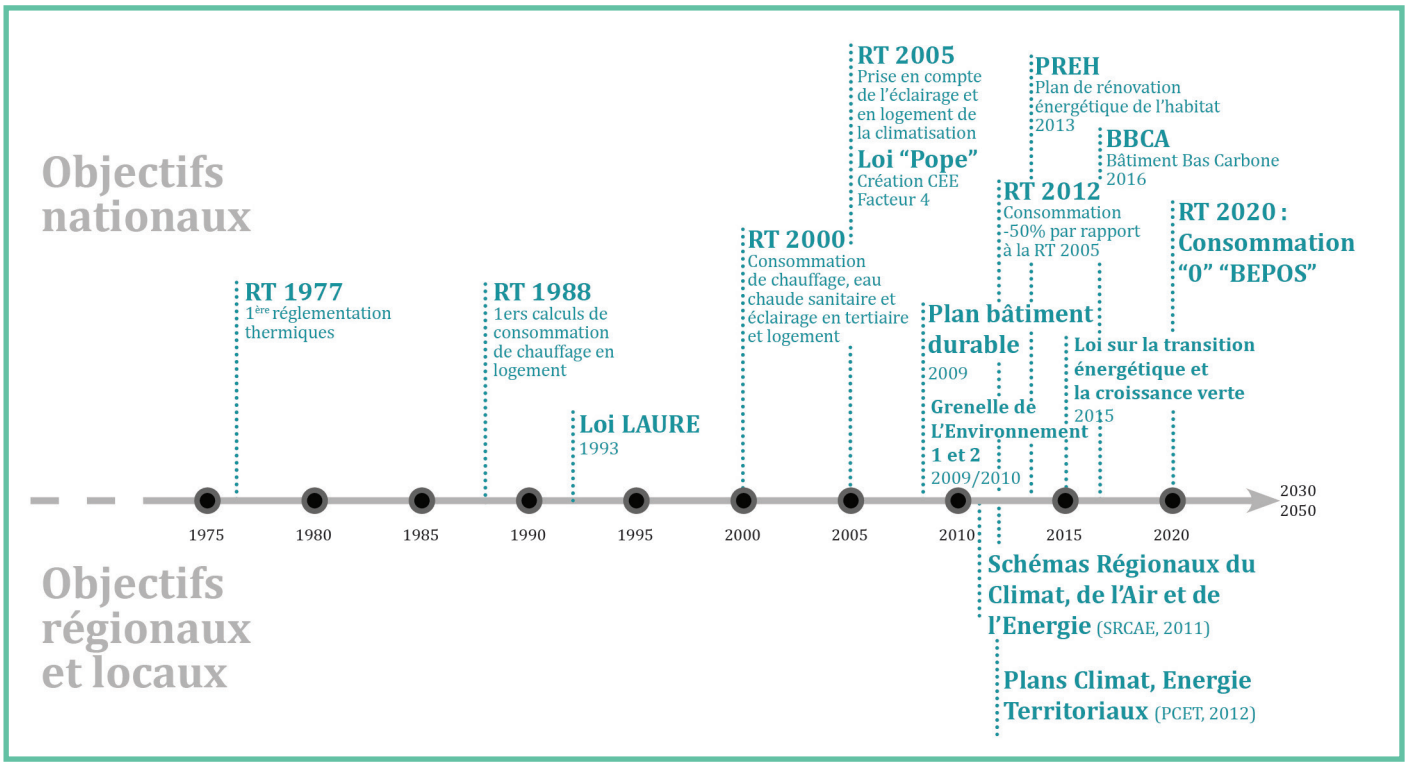
La consommation énergétique du secteur du bâtiment représente 44% de la consommation d'énergie en France

GES

Le secteur résidentiel et tertiaire, avec 22% d'émission, est le 3ème plus émetteur de gaz à effet de serre (GES), après l'industrie (24%) et les transports (37%)

Objectifs fixés par la loi de Transition énergétique pour la Croissance Verte :

- Baisse de 40% de GES d'ici 2030
- 32% d'énergie renouvelable en 2030
- Baisse de 50% de la consommation énergétique d'ici 2050 par rapport à 2012
- Concevoir des bâtiments à énergie positive en 2020
- Mieux maîtriser les consommations en adaptant les comportements, particulièrement la gestion d'électricité



Frise chronologique du cadre réglementaire français pour le secteur du bâtiment (Ceebios, tous droits réservés)

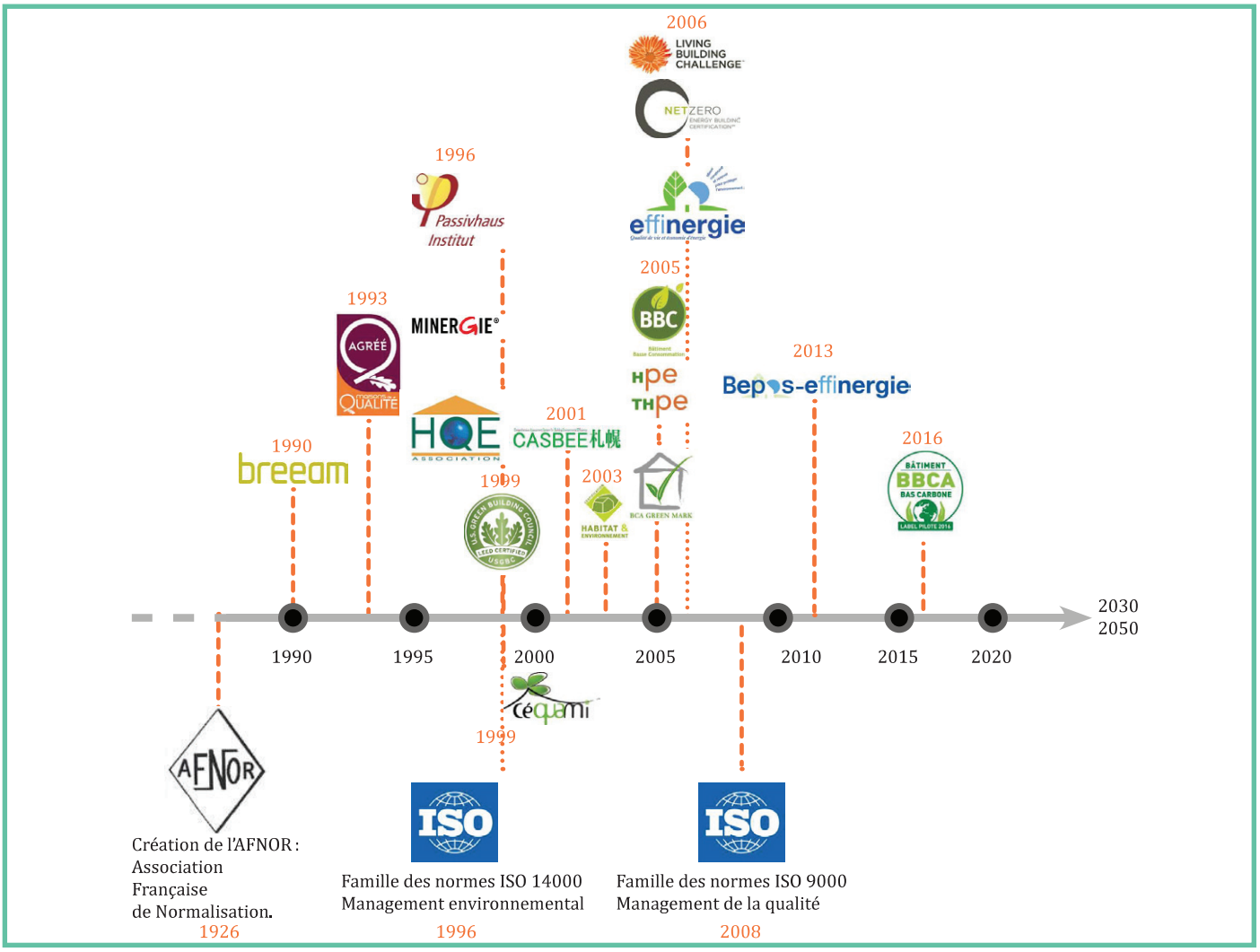
VERS LA VILLE BIOMIMÉTIQUE / RÉGÉNÉRATIVE

LES GRANDES TENDANCES POUR UNE VILLE DURABLE

MOTS-CLÉS

- Nature en ville
- Matériaux biosourcés
- Modularité
- Maitrise de l'eau
- Bâtiment passif
- Résilience
- Production énergétique in situ
- Utilisation intelligente du numérique
- Réduction des îlots de chaleurs

ÉVOLUTION DES LABELS ET CERTIFICATIONS, DE PLUS EN PLUS CONTRAIGNANTS



Frise chronologique des principaux labels, normes et certifications du secteur du bâtiment (Ceebios tous droits réservés)

MISE EN PLACE DU PLAN BÂTIMENT DURABLE

Le Plan Bâtiment Durable fédère un large réseau d'acteurs du bâtiment et de l'immobilier autour d'une mission commune : atteindre les objectifs d'efficacité énergétique du secteur du bâtiment.

Rapports importants identifiés[3] :
- Rapport d'activité du Plan Bâtiment Durable 20152
- Rapport du groupe de travail"Bâtiment et biodiversité"
- Note RBR 2020-2050 "Bepos, PV et réseau électrique"
- Note RBR 2020-2050 "Vers des bâtiments bas carbone"
- Rapport "Rénovation Energétique et Filière Bâtiment".

DEUX CERTIFICATIONS POUR ALLER PLUS LOIN : LBC & SITES

• Le Living Building Challenge (LBC) est la certification de plus rigoureuse pour les bâtiments écologiques.
Il s'agit d'un cadre de conception du projet urbain qui se veut régénératif pour l'environnement, avec pour but de créer un impact positif sur les humains, les communautés et la nature avec lesquels ils interagissent et se connectent.
Le bâtiment se doit d'être entièrement autonome en énergie et doit s'assurer que sa consommation demeure dans les limites des ressources disponibles sur site ; toute l'eau utilisée sur le site est collectée et traitée in situ ; les matériaux répondent à une Red List contraignantes en termes de provenance et santé.
La taille des projets peut varier grandement. Il peut s'agir d'habitations unifamiliales jusqu'à de larges espaces commerciaux, en passant par des lieux de travail de taille moyenne.
Un groupe de travail, dont Ceebios fait partie, sur l'adaptation du LBC aux normes françaises a été lancé en 2019.

• La certification SITES (The Sustainable SITES Initiative) fixe un cadre de design axé sur les services écosystémiques et oriente les concepteurs de projets urbains vers des pratiques qui protègent les écosystèmes et contribue à la création des services écosystémiques. Cette certification est destinée plutôt à l'aménagement du paysage et du territoire, elle ne certifie pas les bâtiments. Son cahier des charges se rapproche des principes du vivant et peut être une source d'inspiration pour les concepteurs, les amenant à comprendre le fonctionnement de l'écosystème local, ainsi que les enjeux qui en découlent.

3- Plan Bâtiment durable, http://www.planbatimentdurable.fr

VERS L'ARCHITECTURE BIOMIMÉTIQUE …

S'inspirer du vivant pour concevoir et construire n'est pas nouveau, plusieurs types d'architectures à travers l'Histoire reflètent cette tendance, tels que : l'architecture vernaculaire, japonaise, solaire, organique ou encore biomorphique. Ces concepts convergent vers le biomimétisme.

ARCHITECTURE VERNACULAIRE

L'architecture vernaculaire, basée sur l'auto-construction, est une architecture propre à un territoire donné, une culture ou un pays. Comme le soutien l'architecte Philippe Madec[4], l'architecture vernaculaire présente un certain nombre d'avantages pour répondre aux enjeux liés aux projets urbains aujourd'hui. Cette architecture s'appuie sur des principes respectueux de l'environnement et sur des règles de bon sens.

Grands principes :

- Matériaux locaux et naturels
- Main d'œuvre et savoir-faire locaux
- Choix stratégique de l'emplacement pour bénéficier au mieux des ressources naturelles du site
- Architecture bioclimatique
- Bâtiment évolutif et entretenu facilement
- Bâtiment biodégradable

ARCHITECTURE SOLAIRE

Les Earthships de l'architecte américain Michael Reynolds sont les réalisations les plus illustratives de cette démarche. L'architecture utilise au maximum les apports solaires grâce notamment à une serre orientée plein Sud et l'utilisation de la terre comme masse thermique. Les plantes, un puit sur le toît et la chaleur des habitants et des activités ménagères complètent la régulation thermique à toute saison.

Les premières maisons reposent sur trois principes :

- Matériaux abondants type terre ou recyclés
- Autonome et décorrélation des réseaux d'énergie et d'eau
- Constructibles par tous (quel que soit le niveau de revenu ou/et d'expérience)

Au fur et à mesure, panneaux solaires, géothermie et autres équipements ont été intégrés pour accroître l'efficacité énergétique.

ARCHITECTURE JAPONAISE

Contrairement à l'architecture vernaculaire, l'architecture traditionnelle japonaise ne perçoit pas la nature comme une ressource ou une contrainte. Les roches, les arbres et les montagnes font l'objet de croyances qui affirment que ces éléments naturels sont habités par des esprits, appelés les « kami ». Ainsi, la nature contient une dimension spirituelle. Le « kekkai », l'espace entre les ions construites par et pour les Hommes et ces éléments naturels animés par les « kami », cristallisent l'importance du lien entre l'intérieure et l'extérieur. Il permet l'équilibre entre l'architecture et la nature. Les jardins japonais, mondialement réputés, en découlent.

ARCHITECTURE ÉCOLOGIQUE

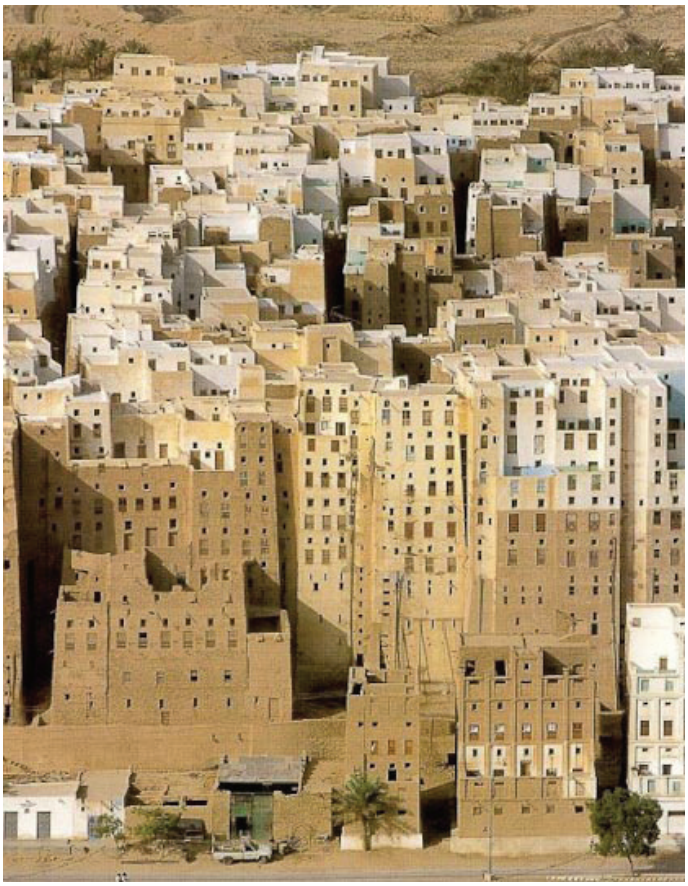
Respectueuse des enjeux écologiques, elle émerge au XXe siècle et s'accentue à partir des années 70 lorsque les sommets mondiaux, les conférences et organismes à but non lucratifs donnent l'alerte sur l'urgence d'une prise de conscience et d'une transition des modes de vie. L'architecture écologique répond de façon transversale aux différents enjeux liés à l'eau, à l'information, à la santé, à l'équité, au bien-être et à l'identité. Elle lutte contre les atteintes à la nature et à la biodiversité notamment en intégrant la question de la nature en ville et en chassant les énergies fossiles du modèle urbain.

De droite à gauche et de haut en bas :
Shibam au Yémen entièrement auto-construite (©traveladventures.org / ©Boris Kester)
Intérieur de maison traditionnelle japonaise (©Kanazawa City /©JNTO)
Maison sur la cascade, architecte Frank Lloyd Wright (domaine publique)
Détail du toit de la Sagrada Familia, architecte Antonio Gaudi (CC SBA73)

4- Propos de l'architecte Philippe Madec retranscris dans l'article « L'architecture vernaculaire, quand l' se fond dans son environnement », *Le Monde*, 2014

ARCHITECTURE ORGANIQUE

Inventée par Frank Lloyd Wright en 1939, cette architecture repose sur une conception qui vise à intégrer complétement le bâtiment dans son environnement. Cet architecte américain considère que le bâtiment devrait se comporter comme un organisme vivant qui croît de l'intérieur vers l'extérieur et génère des flux organiques. Entre 1936 et 1939, l'architecte réalise La Maison sur la cascade en Pennsylvanie qui devient un exemple emblématique de ce type d'architecture.



ARCHITECTURE BIOMORPHIQUE

Dans cette même démarche apparaît le biomorphisme. Il s'agit d'une conception influencée par des formes organiques des animaux/végétaux sans nécessairement une prise en compte de l'enjeu écologique. En 1994, l'architecte catalan, Santiago Calatrava, conçoit une nouvelle gare TGV au sein de l'aéroport de Saint-Exupéry, à Lyon, sous la forme d'un oiseau qui s'envole. Il est également possible de citer l'exemple de la Sagrada Familia, réalisée par Antoni Gaudi. Dans un premier temps, l'idée de s'inspirer des arbres pour fabriquer les piliers était purement esthétique. Il s'est ensuite rendu compte de la résistance permise par cette forme utilisant peu de matériaux.







LE BIOMIMÉTISME POUR REPENSER LA VILLE

STRATÉGIES ET ORGANISATION DU VIVANT

L’ d’Homo Sapiens

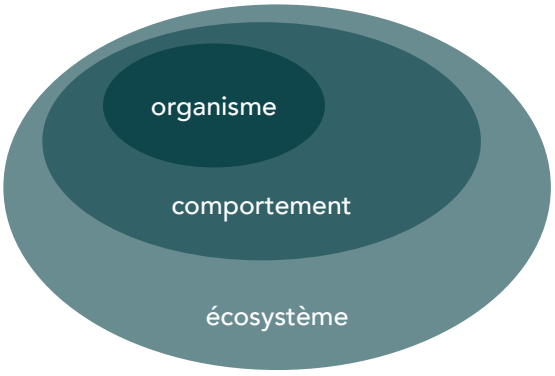
L’ d’espèce peut se définir comme l’ensemble des éléments de l’environnement qui permettent à une espèce de vivre, c’est-à-dire de se nourrir, se reproduire, se protéger et se reposer. L’ est l’espace plus ou moins étendu où toutes les étapes du cycle de vie doivent se conjuguer.
L’ biologique présente un certain nombre de propriétés contraires à celles de nos s artificiels. Dans la nature, l’ n’est jamais celui d’une seule espèce. Il accueille une multitude d’espèces qui optimisent les ressources selon différentes méthodes et qui peuvent ainsi se partager l’espace. Les s peuvent être imbriqués les uns dans les autres. Des espèces peuvent être un pour une autre espèce. Les conditions étant temporaires, les espèces peuvent être amenées à se déplacer pour trouver des conditions de vie plus propices à leur épanouissement. L’ est multifonctionnel, composite, interactif et évolutif.
Le vivant est une véritable source d’inspiration pour répondre aux enjeux sociétaux :
Comment construire des s sains pour tous les êtres vivants ? Comment faire des s des espaces multifonctionnels ? Comment faire des s avec des matériaux locaux renouvelables, recyclables ou réutilisables ? Comment rendre l’ adaptable à l’évolution des paramètres environnementaux ? Comment rendre accessible ces résultats au plus grand nombre ?



LES PROPRIÉTÉS DU VIVANT[5]

Propriétés et caractéristiques des systèmes vivants	Stratégies des systèmes vivants, pour optimiser les flux de matières, d'énergies et d'informations
(Auto-)assemblé Modulaire Résilient Multifonctionnel Adaptable Evolutif Apprenant Forme adaptée à la fonction Réparable Démontable	Utilisation de ressources renouvelables Utilisation de matériaux recyclés et recyclables Utilisation de ressources disponibles localement Pas de ressources fossiles Utilisation de ressources mutualisées Exportation locale Utilisation de ressources compatibles avec le vivant Utilisation d'une chimie verte : • Opération dans des conditions douces • Utilisation de l'eau comme solvant • Abondance des éléments chimiques • Catalyse enzymatique Fabrication additive Biodégradable Fournisseur d'énergie Diversité des stratégies de stockage et de distribution

LES TROIS NIVEAUX D'IMITATION DU VIVANT



• **L'organisme** : associé à une dimension de forme, il peut être imité dans son intégralité ou seulement en partie

• **Le comportement** : associé à une dimension fonctionnelle, il est possible d'imiter un aspect du comportment ou l'ensemble du comportement et le relation avec le contexte

• **L'écosystème** : il s'agit d'imiter les interaction des espèces entre elles et le fonctionnement global des écosystèmes

5- Adapté de : Paris Région Entreprise, guide « KARIM (Knowledge Acceleration and Responsible Innovation Meta-network), Introduction to Nature Inspired Solutions », janvier 2015, [En ligne]

ARCHITECTURE BIOMIMÉTIQUE / RÉGÉNÉRATIVE

Les écosystèmes sont composés de plusieurs espèces dont les interaction diverses (symbiose, mutualisme, commensalisme, compétition…) engendrent les services écosystémiques. Ce fonctionnement leur permet de se régénérer, de maintenir les conditions favorables à la vie.

LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES PEUVENT ÊTRE RÉPERTORIÉS EN QUATRE CATÉGORIES :

• Services d'approvisionnement
Nourriture, ressources médicinales, matières premières, énergie, carburant, eau, information génétique...

• Services de régulation (à une échelle de temps humaine)
Pollinisation et dispersions des graines, contrôles biologiques (régulation des maladies…), régulation du climat, prévention des perturbations et modération des extrêmes (vent, force des vagues, érosion…), décomposition (suppression des déchets), purification (eau, air, sol…)...

• Services de support (à une échelle de temps long)
Sol (formation, renouvellement pour permettre sa fertilité…), évolution permise par l'énergie solaire (croissance des plantes, les premières productions végétales…), cycle nutritif (régulation des cycles biogéochimiques, rétention des nutriments…), prestation de l' (espace de reproduction, abris et ressources), maintien des espèces (biodiversité, sélection naturelle, auto-organisation…)...

• Services culturels
Valeurs esthétiques ; bien-être santé ; loisirs ; valeurs religieuses ; croyances

Transposer les stratégies des systèmes vivants, précédemment évoquées, et le fonctionnement en interdépendance, fondé sur des services mutuellement rendus, au secteur du bâtiment ouvre de nouvelles opportunités.

Ainsi, le bâtiment pensé comme un système vivant possède plusieurs grands principes :
• Le bâtiment s'intègre pleinement dans les écosystèmes existants et permet à la régénération des services écosystémiques par son fonctionnement.
• Il accueille différentes espèces biologiques et induit des bénéfices mutuels entre l'humain et ces dernières.
• Le bâtiment répond de manière optimale aux contraintes comme un organisme biologique, permettant ainsi une optimisation de sa structure, de sa performance énergétique, des flux entrants et sortants, etc.

Cette conception du bâtiment dit régénératif tend à créer un , un projet urbain, sain et à contribuer à l'équilibre du milieu en fournissant ses propres services écosystémiques. Plusieurs travaux de recherche sont menés pour parvenir à transposer ces services au secteur du bâtiment, notamment ceux du Dr Maibritt Pedersen Zari. Elle propose, par exemple, une mise en corrélation de l'importance écologique initiale du site et l'impact négatif induit par la construction du bâtiment de façon à estimer la capacité à appliquer le service étudié.



Les services écosystémiques (adapté du Milenuim Ecosystem Assessment de 2005) (WWF, tous droits réservés)

STRUCTURES ET ENVELOPPES BIO-INSPIRÉES



PIONNIERS

• Un des pionniers dans le domaine de la bio-inspiration comme mimétisme de structures fût Antonio Gaudi (1852-1926) qui toute sa vie à puisé son inspiration dans les éléments naturels. Il est l'un des premiers architectes à mettre en pratique l'optimisation des formes grâce à ses expériences de suspension de poids, inspiré du monde des végétaux, utilisés notamment pour la conception des piliers de la célèbre Sagrada Familia de Barcelone.

• Richard Buckminster Fuller (1895-1983) est aussi l'une des figures majeures de cette démarche bio-mimétique en architecture. Grâce au croisement des nouvelles technologies de l'époque et des découvertes scientifiques de chercheurs, l'architecte s'est intéressé aux structures naturelles comme celles des radiolaires pour concevoir ses dômes géodésiques aux structures totalement auto-portantes.

• L'architecte qui a certainement contribué le plus à l'étude des formes structurelles naturelles fut l'architecte et ingénieur allemand Frei Otto (1925-2015). Passionné par l'optimisation et la légèreté des structures, il se spécialise dans l'étude des surfaces minimales et des structures légères tendues. C'est dans les structures naturelles comme celle des toiles d'araignées, squelettes de mammifères ou encore des diatomées qu'il puise son inspiration. Il est ainsi l'auteur de structures tendues bio-inspirées comme le pavillon Allemand de l'exposition universelle de 1967 ou encore ses structures gonflables légères comme son utopique cité de l'Antarctique en 1971.

ACHIM MENGES

Architecte et théoricien de la conception computationnelle en architecture, il enseigne à l'Université de Stuttgart et fonde en 2008 l'Institute for Computational Design (ICD) dans la lignée des travaux de recherche menés par Frei Otto sur l'allègement des structure. Il conçoit grâce aux croisements des données structurelles matérielles, programmatiques et contextuelles des bâtiments « réagissant » par eux-mêmes aux conditions environnementales. Son travail est basé sur une approche interdisciplinaire en collaboration avec des ingénieurs de structure du laboratoire ITKE, des informaticiens, des spécialistes des matériaux et des biologistes.
En 2012, il réalise, en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert (ICD), l'Hygroskin/Meteorosensitive Pavillon. L'enveloppe du pavillon réagit comme un organisme vivant. Le pavillon dispose d'orifices qui s'ouvrent et se referment en fonction du taux d'humidité comme des écailles de pomme de pin. En jouant sur les ouvertures, cela permet de réguler le taux d'humidité du pavillon tout en influant sur la lumière et la température.

JAN KNIPPERS

Dans la lignée des travaux du Professeur Achim Menges et en collaboration avec son laboratoire, Jan Knippers enseigne à l'Université de Stuttgart et développe avec son équipe de recherche de nouveaux procédés de fabrication pour le secteur de la construction. Depuis 2012, il explore la construction en fibres de carbone et fibres de verre afin d'alléger les structures portantes. Leurs expérimentations ont été implémentées dans le cadre de la conception de plusieurs pavillons bio-inspirés inspirés des élytres des insectes (Pavillons ICD/ITKE en 2014 puis 2017), de toiles d'araignées construites sous l'eau (Pavillons ICD/ITKE en 2015). Depuis 2018, ils expérimentent le développement de systèmes de façades adaptatifs.

DR LIDIA BADERNAH KADRI

Architecte et chercheuse, axe également son travail sur l'enveloppe des bâtiments. La conception de nouvelles solutions biomimétiques pour améliorer la performance thermique des matériaux et des systèmes de construction est au cœur de ses recherches actuelles. Selon elle, l'objectif majeur pour une enveloppe est le maintien du confort thermique pour des espaces clos utilisés par des personnes, et considère que l'enveloppe des bâtiments doit être vue comme une surface en interaction avec l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Il s'agit de concevoir l'enveloppe comme la peau d'un organisme vivant et non comme une barrière imperméable à l'environnement. Elle perçoit l'approche bio-

mimétique comme une opportunité pour améliorer les performances thermiques.

SATOSHI SAKAI (

Professeur, à l'Université de Kyoto, est à l'origine du projet Sierpinski forest qui a pour objectif de diminuer l'îlot de chaleur urbain, plus généralement limiter l'échauffement de grande surface. Après avoir constaté que les espaces verts, plus étendu que les villes pour certains, conservent une température basse grâce à la géométrie fractale des arbres. L'idée est de créer des prototypes pour adapter les toitures selon ce principe. La même méthodologie, en 6 étapes, que cvelle utilisée par Achim Menges pour la conception des pavillons de recherche, s'applique ici.

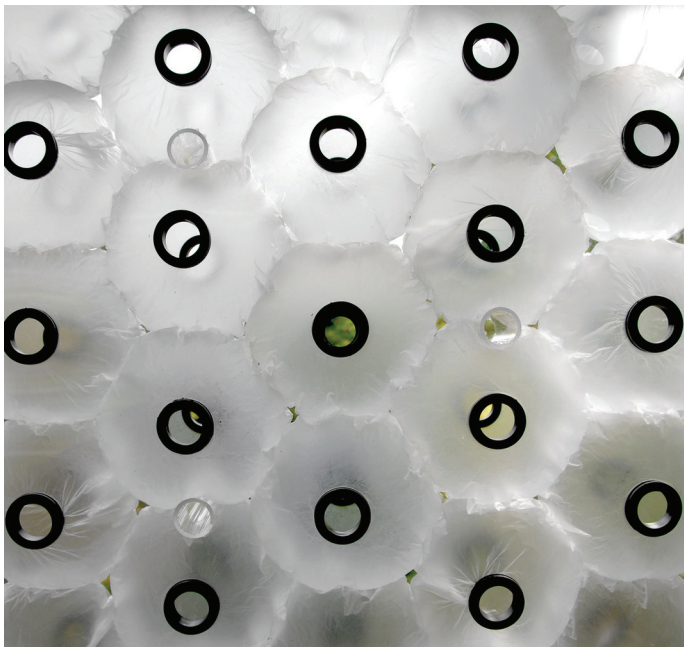
ESTELLE CRUZ

Architecte-ingénieure et chargée de mission bio-inspiré chez Ceebios, concentre ses recherches, dans le cadre d'une thèse sur les enveloppes bio-inspirées en partenariat avec le MNHN et l'entreprise Vicat, pour développer une méthode de rénovation d'enveloppes des bâtiments inspirées des stratégies d'adaptation du vivant.

DR NATASHA CHAYAAMOR-HEIL

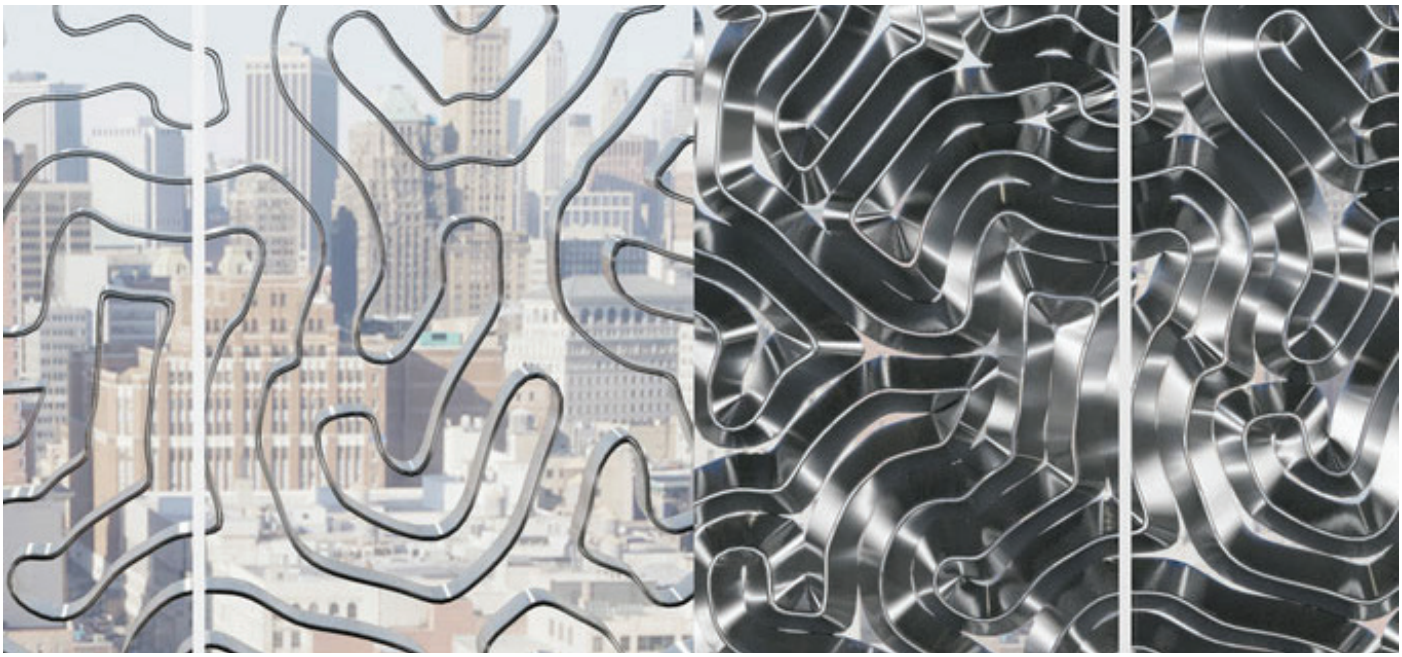
Architecte et docteure en philosophie sur le design biomimétique et l'innovation, actuellement ingénieure de recherche au CNRS, travaille sur plusieurs méthodes de transposition des principes du vivant à la conception architecturale. Elle explore notamment l'impact des algorithmes bio-inspirés en architecture et urbanisme, avec un intérêt pour la question de l'enveloppe.





De droite à gauche et de haut en bas :
Photo du projet Sierpinski forest, *Biomimicry World Tour*, « Progress research report n°2 - January 2016, Japan », Estelle Cruz (Estelle Cruz CC)
HygroSkin | Meteorosensitive Pavilion, Achim Menges en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert, ICD Université de Stuttgart (©ICD University of Stuttgart / ©Achim Menges)
La façade pneumatique Breathing skin (©Breathing Skins Project)
Homeostatic façade (©Decker Yeadon LLC)





BÂTIMENTS BIO-INSPIRÉS



GRAB (GROWING AS BUILDING)

La Dr. Barbara Imhof et la Dr. Petra Gruber imaginent et dirigent le projet GrAB (Growing as Building). L'objectif est de transposer les phénomènes de croissance et de développement dynamique de la nature au monde du bâti, et ainsi développer des concepts architecturaux pour les structures qui "poussent" en interaction avec leur environnment.

BULLIT CENTER

Conçu par Miller Hull, le Bullit Center, dit l'immeuble le plus écologique du monde, construit à Seattle, consomme sept fois moins d'énergie qu'un bâtiment classique. Il a été construit en fonction de l'énergie disponible. Le coût de ce type de projet est estimé à environ 25% de plus qu'un bâtiment standard mais les économies d'énergie pour la société sur toute la durée de vie du bâtiment est d'environ 18,5 millions de dollars.

TE UKEWARA

Élaboré par l'entreprise Jasmax en 2014, à Te Ukewara, en Nouvelle Zélande, le Te Kura Whare est inauguré. Il s'agit d'un bâtiment certifié par le LBC et présentant un bilan net positif certifié. Il n'est connecté à aucun système municipal. Il collecte, traite et restitue toute l'eau du site. L'eau de pluie est traitée sur le toit à l'aide d'un filtre UV et fournie ainsi toute l'eau potable nécessaire au bâtiment. Concernant les zones touchées par de très fortes pluies, en période d'orages, un bassin de stockage a été prévu. Pour des questions culturelles, l'eau n'est pas réutilisée ici. Toute l'eau usée est acheminée vers une zone humide artificielle. Elle est traitée grâce à une couche de gravier et des plantes avant de s'évaporer.

BIOMIMETIC OFFICE BUILDING

Réalisé par Michael Pawlyn, le Biomimetic Office Building, est le premier immeuble de bureaux conçu en utilisant le biomimétisme. L'équipe de conception pluridisciplinaire est constituée des meilleurs consultants en design d'Europe et de professeurs spécialisés en biomimétisme. Le travail, effectué à travers les aspects fonctionnels clés de la conception de bureau, a été inspiré par les spookfish. Les plantes les pierres et les ophiures ont influencé l'élaboration de solutions d'éclairage naturel. Les crânes d'oiseaux, les os de seiche, les oursins et des nénuphars géants d'Amazonie ont inspiré la structure. Les termites, les plumes de pingouin et la fourrure d'ours polaire sont observées pour mettre au point le système de régulation thermique. Quant à la protection solaire, les feuilles de mimosa et de chamille ainsi que les ailes de coléoptère ont été étudiées.

CH2

Le bâtiment du CH2 « Council House 2 », signé par Mick Pearce en partenariat avec une équipe de designers et la ville de Melbourne, a été conçu comme un système holistique dans lequel les habitants sont des participants actifs. Le design choisi permet une interaction entre la nature et la ville et crée une interdépendance entre chaque partie.
La ville de Melbourne s'est engagée à diminuer la consommation énergétique des immeubles commerciaux de 50%. Dans ce contexte, le CH2 devient un modèle pour la ville. Il est pensé pour être le plus passif possible énergétiquement. La nature est utilisée comme source d'inspiration pour créer une façade qui modère le climat, pour des canaux de ventilation effilé qui s'intègre avec la lumière du jour et pour élaborer un sol avec une structure ondulée qui joue un rôle central pour le réchauffement et le refroidissement du bâtiment. Ce dernier produit 100% d'air frais pour ses habitants. Cet air est renouvelé toutes les demi-heures.

HY-FI

The Living conçoit la tour Hy-Fi en 2014. Cette tour est la première structure constituée de 10.000 briques biodégradables réalisées grâce à un matériau de construction innovant issu d'une culture de champignons cultivés pour s'adapter à un moule en forme de brique. La structure est conçue pour réguler la lumière et la température du pavillon.









De droite à gauche et de haut en bas :
Bullit Center, Seattle (LBC, tous droits réservés)
La maison Maori Te kura Whare, Te Ukewara (LBC, tous droits réservés)
Biomimetic Office Building, Mickael Pawlyn (©Exploration Architecture)
Tour Hy-Fi, The Living (The Living, tous droits réservés)

PLANIFICATION URBAINE



DR MAIBRITT PEDERSEN ZARI

Professeur de design et d'architecture durable à l'Université de Victoria à Wellington en Nouvelle Zélande, le docteur Maibritt Pedersen Zari oriente ses recherches actuelles autour de l'approche régénérative. Plus spécifiquement, elle s'intéresse à la conception architecturale sous l'angle de l'écologie en intégrant des notions de biomimétisme, aux impacts du changement climatique sur l'environnement bâti qui en découlent et aux mesures d'adaptation, aux aspects psychologiques de la durabilité et de la conception architecturale, au développement de la conception régénérative, aux questions de justice sociale en matière de conception architecturale et urbaine et au biomimétisme comme un outil non une finalité. Elle cherche à redéfinir l'architecture durable en imitant les écosystèmes, à intégrer les bâtiments comme faisant totalement partie des écosystèmes, à changer les objectifs du développement durable vers la régénération, à intégrer des facteurs sociaux complexes dans la conception architecturale durable et cherche à déterminer comment se servir des services écosystémiques comme base pour définir les mesures écologiques qui évaluent l'environnement urbain.

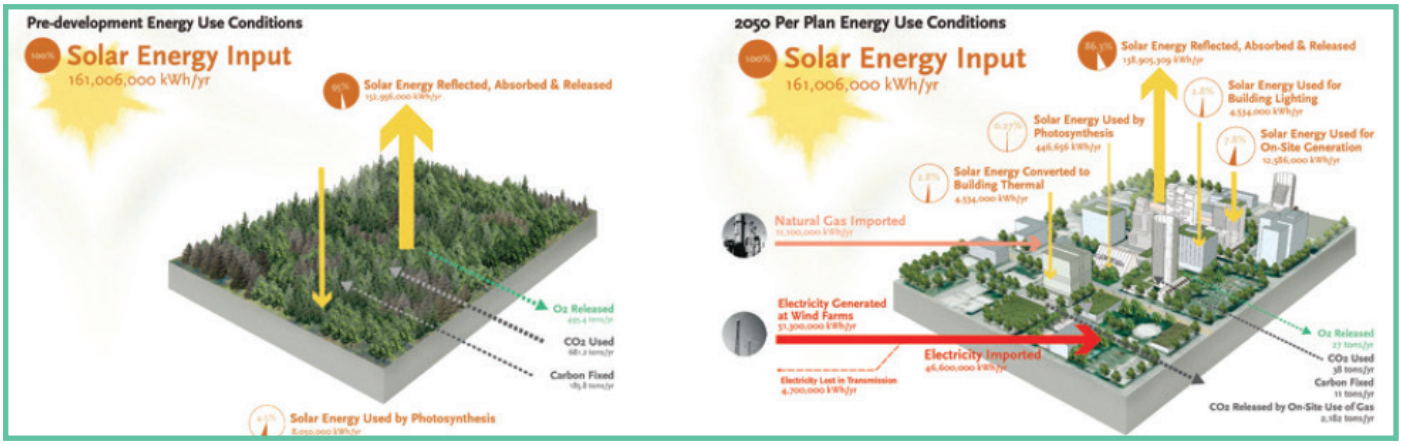
Lors de sa thèse « L'analyse des services écosystémiques pour la conception d'environnement urbain régénératifs » publié en 2012, Maibritt Pedersen Zari identifie deux actions pour lutter contre les impacts des changements climatiques sur l'environnement bâti : atténuer les causes des changements climatiques et des pertes de biodiversités et adapter l'environnement bâti existant et futur aux impacts des variations climatiques prévues. A l'avenir, l'environnement bâti devrait pouvoir apporter des avantages environnementaux positifs, devenir régénératif. Son objectif est de définir une théorie biomimétique de l'écosystème pour l'application pratique de la conception de régénération en milieu urbain.

EDUARDO BLANCO

Ingénieur et urbaniste, il porte une thèse depuis août 2019 en partenariat entre Ceebios et le MNHN (laboratoire CESCO) au sujet de l'inspiration des écosystèmes dans les projets urbains. Ses questions se concentrent autour de la mise en pratique du design régénératif et de la création des services écosystémiques en ville.

QUARTIER LLOYD

Les agences Mithun et GreenWorks ont repensé le quartier Lloyd, à Portland, dans l'Oregon. Grâce à l'outil « Pre-development metrics », ils ont pu étudier le fonctionnement de l'écosystème avant la construction du quartier de façon à planifier un écoquartier qui imite les systèmes naturels et réduit son impact environnemental.



Quartier de Lloyd à Portland, agences Mithun et GreenWork (© Mithun)

CENTRE DE COMPÉTENCES

CENTRES DE COMPÉTENCES INTERNATIONAUX

INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE

L' International Living Future Institute vise à imposer état d'esprit écologique et restaurer un monde sain en proposant une vision holistique, en défendant certains outils et en élaborant des procédés de certification. Pour cela, cet institut a développé trois communautés : le Living Building Challenge (la certification la plus rigoureuse dans le secteur du bâtiment), le Living Product Challenge et le Living Community Challenge (Les villes voire régions sont envisagées comme des entités à certifier). Ces trois domaines disposent de leur propre certification composée de trois niveaux : Net Zero Energy, Petal, Living. Ces trois niveaux sont déterminés selon 20 enjeux regroupés sous 7 catégories présentées sous forme de pétales.

SFB-TRR 141

Le centre de recherche collaboratif SFB-TRR 141 analyse, expérimente et implante le design biologique et les structures intégrées dans le domaine de l'architecture.

Il présente pour principaux objectifs :

- Augmenter la performance des matériaux, structures et bâtiments ;
- Transférer les propriétés écologiques inhérentes de constructions naturelles ;
- Utilisation efficace des ressources limitées ;
- Contribuer à la durabilité dans l'architecture et celle de la technologie ;
- Contribuer à la conceptualisation et la valorisation du biomimétisme comme une discipline scientifique dans le contexte des technologies de l'architecture et du bâtiment.

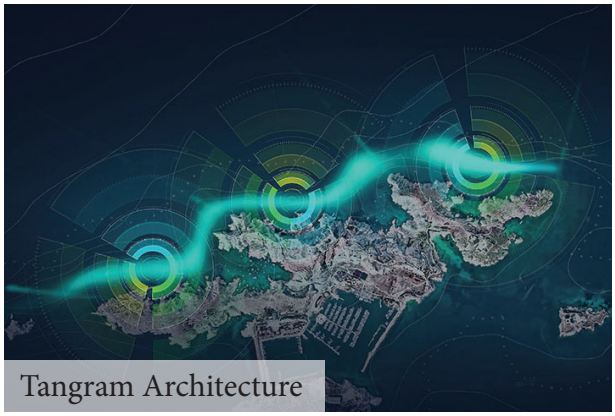
BIOMIMÉTISME ET ARCHITECTURE EN FRANCE, QUELQUES EXEMPLES

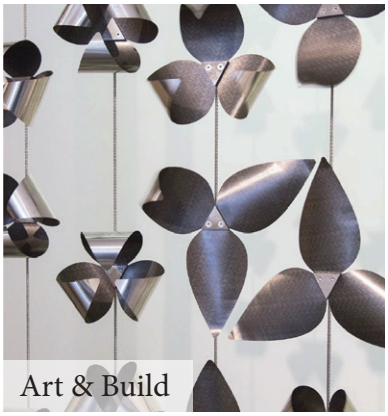


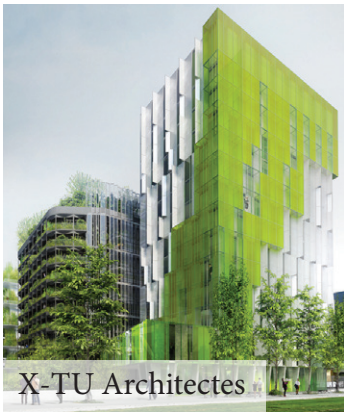
Ecotone, projet lauréat Grand Paris par le groupement La Compagnie de Phalsbourg, OXO Architectes, Parc Architectes, Triptyque architecture et Ducan Lewis Scape Architecture. Imitation du fonctionnement d'un écosystème en intégrant les services écosystémiques, 2018 (équipe Ecotone, tous droits réservés)



Groupe scolaire des sciences et de la biodiversité (Boulogne-Billancourt), conçu pour accueillir une riche biodiversité et travaillé en collaboration étroit avec des écologues (Chartier-Dalix, tous droits réservés).


Tangram Architecture


Art & Build


X-TU Architectes


In Situ Architecture


A. Bechu


Projet Terres de Versailles

De droite à gauche et de haut en bas :

Intégration de la bioluminscence dans la construction. Projet Biolumin Reef, projet lauréat du prix coup de cœur de la fondation Rougerie 2018 par l'agence Tangram Architecture (Tangram Architecture, tous droits réservés)

Brise-soleil passif à mémoire de forme, réagissant à l'ensoleillement, par Art&Build en collaboration avec RFR et SMAC (Art&Build, tous droits réservés)

Projet In-Vivo par X-TU Architects pour BPD Marignan, lauréat du Concours réinventer Paris. Mutualisation des systèmes de chauffage pour la culture des algues et thermorégulation du bâtiment, 2015 (X-TU Architects et MU Architecture , tous droits réservés)

Optimisation solaire basée sur le phénomène de tropisme observé chez les plantes pour le quartier des Sentes du Coteau (Agence IN SITU architecture en collaboration avec le laboratoire RDP, tous droits réservés)

Conception du Skolkovo Innovation Center inspiré du système de régulation thermique des manchots empereurs (A. Bechu, tous droits réservés)

Projet Terres de Versailles - Cité Fertile du groupement ICADE, Lambert Lénack, Deyrolle, Phytorestore, Berger & Berger et Oteis
Eco-quartier répondant aux enjeux environnementaux et sociétaux où l'économie s'inspire de l'écologie pour rendre les citoyens plus heureux, plus solidaires des autres et de la terre et plus préparés à la transmission aux générations futures (équipe Terres de Versailles, tous droits réservés)

CEEBIOS

SES ACTIONS POUR PROMOUVOIR UN PROJET URBAIN BIO-INSPIRÉ

Le Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis (Ceebios) a pour objectif de faciliter et encourager le développement de projets urbains bio-inspirés sur le territoire français. Il s'attache, actuellement, à créer un cahier des charges du projet urbain bio-inspiré pour conseiller et accompagner les acteurs engagés dans un projet d'aménagement durable, que cela soit à l'échelle du bâtiment ou à celle de l'écoquartier.
Pour intégrer la démarche biomimétique dans les projets urbains de réhabilitation ou de construction, Ceebios aide à la prise de décisions en amont des projets et apporte des solutions plus techniques en aval. Il assure également la mise en relation d'experts de différentes disciplines pour favoriser des équipes de conceptions interdisciplinaires.

NOBATEK/INEF4

Pour les 10 prochaines années, NOBATEK/INEF4 axe une partie de sa R&D sur le biomimétisme avec une volonté particulière de développer de nouvelles enveloppes innovantes. Ils ont fondé le groupe de travail interne BioInspired et débuté depuis 2019 une thèse CIFRE sur les enveloppes bio-inspirées portée par Tessa Hubert.
NOBATEK/INEF4 intègre aussi le projet Nature4Cities, un programme eéuropéen de recherche et d'innovation H2020. Le projet vise à créer une plateforme web de références autour des Solutions Fondées sur la Nature (NBS) avec l'objectif de remettre la nature au cœur de la réalisation des projets urbains.

BIOMIM'CITY LAB

Le Biomim'City Lab est un collectif d'acteurs engagés dans la mise en oeuvre du biomimétisme et du design régénératif en ville. Ce collectif envisage fédérer les acteurs de la ville de demain, afin de monter en compétence, co-développer de nouveaux outils, faire évoluer les pratiques, partager les expertises et créer une zone de rencontres et d'expérimentation.
Lancé à la Biomim'Expo 2019 par Béchu & Associés, Ceebios, EIFFAGE, ELAN, ICADE, IN SITU Architecture, New Corp Conseil, NOBATEK/INEF4, Renault et Tangram Architectes, le collectif porte trois missions principales :

- Mettre en œuvre la démarche : Développer collectivement des projets et outils d'appropriation ouverts, co-construits par les différents corps de métiers.
- Se projeter, tracer des voies : Mener une réflexion en amont pour guider la construction en ville dense ; développer des outils d'évaluation, des préconisations et des scénarios prospectifs inspirants.
- Se faire connaître : Mener des actions de communication et diffusion de travaux faits et à venir, et mobiliser les décideurs.

ICADE

Icade est l'un des premiers promoteurs immobiliers à percevoir les opportunités du biomimétisme dans le secteur du bâtiment. En choisissant de s'appuyer sur Ceebios pour tester cette approche dans la conception de ses projets immobiliers, Icade participe à l'intégration et au développement du biomimétisme dans ce secteur.

À PROPOS DES AUTEURS

Ceebios se positionne en structure d'intérêt général, visant à catalyser la richesse des compétences nationales du monde académique, de l'enseignement et de la R&D industrielle dans le domaine de la bio-inspiration autour de 6 axes :

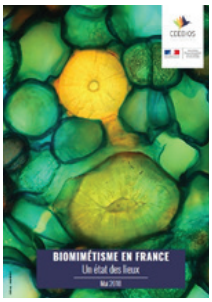
1.Fédérer le réseau de compétences en biomimétisme,
2.Accompagner les projets innovants,
3.Développer les outils méthodologiques et de gestion de la donnée
4. Contribuer à la Formation,
5. Communiquer, influencer,
6. Contribuer au développement de plateformes et démonstrateurs.

Des grands groupes tels que Air Liquide, Eiffage, ICADE, Renault, L'Oréal, LVMH, Rabot Dutilleul, Mäder, EGIS, Rte, EDF, Decathlon, Elan, Engie, Airbus, Suez, Naval Group, CNES, Corning, Faurecia, J&J, Maped, Salomon, Saint-Gobain et de nombreuses PMEs ont déjà adhéré à l'association Ceebios et plusieurs acteurs industriels et universitaires manifestent leur volonté de s'engager dans cette voie sur des enjeux à fort impact sociétal : éco-matériaux innovants, chimie verte, gestion de l'énergie et de l'eau, économie circulaire et nouveaux modèles agricoles.

Ceebios répond ainsi aux recommandations du Commissariat Général du Développement Durable en 2012[6], et celles du Conseil Economique Social et Environnemental en 2015[5] pour la structuration et mise en œuvre d'une feuille de route nationale du biomimétisme.

Ceebios accompagne la Région Nouvelle-Aquitaine depuis 2017 dans le déploiement du biomimétisme sur son territoire [7] : par la cartographie des acteurs du territoire pertinents pour le biomimétisme, par une étude d'impacts économiques autour de l'innovation bio-inspirée et par la mise en place de groupes de travail régionaux.





http://ceebios.com

5- Commissariat Général au Développement Durable, Etude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France, H. Durand, 2012
6- Conseil Economique, Social et Environnemental, Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement, P. Ricard, 2015
7- S'inspirer de la nature pour innover durablement – La Région Nouvelle-Aquitaine sur la voie du biomimétisme - Ceebios, 2016
La Nouvelle-Aquitaine, une région bio-inspirée – Cartographie des acteurs et évaluation des retombées socio-économiques – Ceebios, 2018

GALERIES D'EXEMPLES BIO-INSPIRÉS

BIOMIM'REVIEW

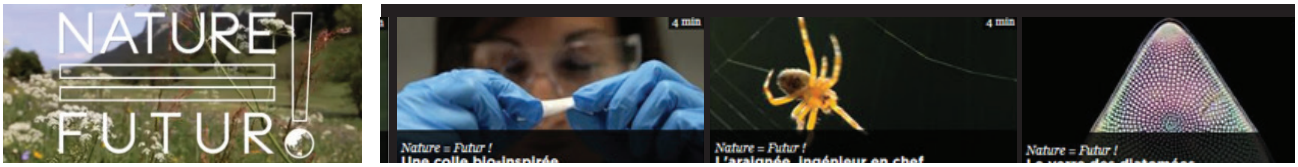
L'organisateur de Biomim'expo (NewCorp Conseil) évènement rassemblant toutes les parties prenantes du biomimétisme en France (recherche, acteurs économiques, responsables politiques, étudiants, grand public…), publie un recueil d'exemples : la Biomim'review.



www.biomimexpo.com
www.flickr.com/photos/biomimexpo

NATURE = FUTUR !

Nature=Futur ! est une série documentaire coproduite par Ceebios, LaBelleSociété Production, le Muséum national d'Histoire naturelle, l'INSERM, le CNRS, Universcience, la Ville de Senlis, France TV Education, A way to wake up productions. Ces films présentent, en 4 minutes, 30 recherches et innovations fondamentales, inspirées de la nature, dans de nombreux domaines : agriculture, alimentation, architecture, urbanisme, transport, santé, industrie, technologie, énergie durable, dépollution, traitement des déchets, urbanisme.



http://www.universcience.tv/categorie-nature-futur-935.html
http://www.mnhn.fr/fr/explorez/dossiers/nature-futur-biomimetisme
https://vimeo.com/channels/naturefutur
https://education.francetv.fr/matiere/developpement-durable/premiere/programme/nature-futur

SÉRIE SUPERNATURE

Supernature, une nouvelle série documentaire accompagne Kalina Raskin, directrice de Ceebios, dans ses rencontres et interactions avec des chercheurs, ingénieurs, designers et entrepreneurs du monde du biomimétisme. Ce sont cinq épisodes de 50 minutes qui explorent chacun un grand thème : l'adhérence, la structure, la mobilité, la résistance et enfin la sensibilité. Elle est produite par PLANÈTE+ et TV ONLY, écrite par Sigrid Clément et Jérôme Scemla et réalisée par Frédéric Planchenault.



https://www.canalplus.com/articles/decouverte/supernature-votre-nouvelle-serie-documentaire-sur-planete

SÉLECTIONS DE RESSOURCES

ONU, « Relever le défi de l'urbanisation durable », [En ligne], consulté le 5 juin 2018, URL : https://unchronicle.un.org/fr/article/relever-le-d-fi-de-l-urbanisation-durable

GODFRAIN, Marie. Le magazine du Monde, « L'architecture vernaculaire quand l' se fond dans l'environnement, 2014 », [En ligne], consulté le 17 mai 2018, URL : http://www.lemonde.fr/m-actu/article/2014/01/24/retour-aux-sources_4353074_4497186.html

FAUCOMPRE, Pascal. Build Green, pour un écologique et pertinent, « Earthship et Géonef, avantages et inconvénnts », 2 mai 2017, [En ligne] consulté le 10 mai 2018, URL: https://www.build-green.fr/earth-ship-et-geonef-avantages-et-inconvenients/

SCHEFFER Olivier, « L'architecture durable : des sources vernaculaires à BedZed 2016 », [En ligne], consulté le 17 mai 2018, URL : http://bit.ly/architecture -durable

CNRS, Le journal, « Les défis de la ville durable », [En ligne], consulté le 5 juin 2017, URL : https://lejournal.cnrs.fr/articles/les-defis-de-la-ville-durable
BADARNAH KADRI Lidia. « Biomimetics in architecture », [En ligne], URL : http://badarnahl.wix.com/ lidiabk

CRUZ, Estelle, « Thèse sur les enveloppes bio-inspirées », [En ligne], consulté le 18 mai 2018, URL : http://ceebios.com/wp-content/uploads/2017/06/THESE_Enveloppe_Bio-inspirees_Estelle_Cruz_CEEBIOS.pdf.

SATASHI Sakai, LIAZWA Isao, ONISHI Masanori, NAKAMURA Miki, KOBAYASHI Kei, MITSUNAGA Makato, KIMIE Furuya, « Fractal geometry of the ground surface and urban heat island ». The seventh International conference on Urban climate. 2009, Japan.

LETARD Anneline, RASKIN Kalina, SCHEFFER Olivier, L'Etat de l'art 2016, « bio-inspiré, Groupe d'innovation stratégique », CEEBIOS

RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE, VERTIGOLAB, CEEBIOS, Rapport, Avril 2018 « La Nouvelle-Aquitaine, une région bio-inspirée, cartographie des acteurs et évaluation des retombées socio-économiques », [En ligne], consulté le 5 juin 2016, URL : https://issuu.com/conseilregional/docs/dossier_aquitaine_compil_impression

CNRS, Communiqué de presse, mars 2013, « LE PROJET DE « BIOFAÇADES » SYMBIO EST LAURÉAT DU 15e APPEL À PROJETS DU FONDS UNIQUE INTERMINISTÉRIEL (FUI 15) », [En ligne], consulté le 6 juin 2018, URL : http://www.cnrs.fr/insis/recherche/docs-actualites/2013/Communique-SymBio2-FUI152.pdf

CHAYAAMOR-HEIL Natasha , GUÉNA François et HANNACHI-BELKADI Nazila, « Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils », Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère [En ligne], consulté le 20 juin 2018, URL : https://journals.openedition.org/craup/309





CEEBIOS
Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis

RÉGION Nouvelle-Aquitaine