



**CEEBIOS**

Centre Européen d'Excellence  
en Biomimétisme de Senlis

# Etat de l'art 2016

## *Habitat bio-inspiré*



# Etat de l'art 2016

## *Habitat bio-inspiré*

### Groupe d'Innovation Stratégique

Anneline Letard, CEEBIOS  
Olivier Scheffer, Biomimicry Europa  
Kalina Raskin, CEEBIOS

**Avec les contributions de :**  
Jac Tortos, Nobatek  
Karim Lapp, Transition 2030  
Rym Mtibaa, Transition 2030  
Estelle Cruz, Biomimicry World Tour

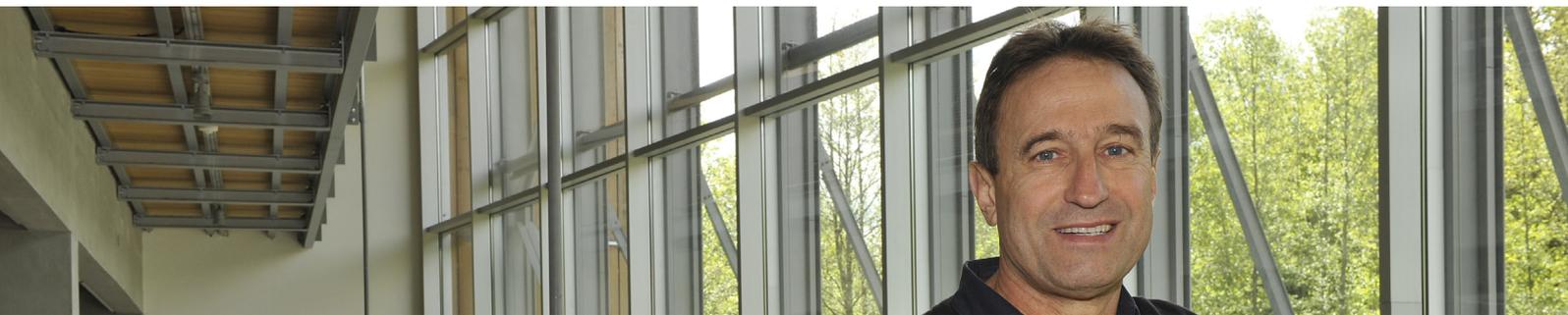


**CEEBIOS**  
Centre Européen d'Excellence  
en Biomimétisme de Senlis

**Etat de l'art 2016**  
**Habitat bio-inspiré**

© 2016 CEEBIOS

# Editorial



Etrange paradoxe que celui du secteur de la construction. Lui qui est fondé sur un système productif devenu un contributeur massif à la crise environnementale : consommation de ressources, d'énergie, production de déchets, de GES ... Lauréat à chaque fois !

Et la nature<sup>1</sup> du haut de ses 3.8 milliards d'années de R&D, construit sans consommer, sans énergie autre que solaire, en recyclant tout et en préservant les équilibres des écosystèmes.

***Sommes-nous donc ces barbares qui brûlent les livres de la connaissance pour un peu de chaleur ?***<sup>2</sup>

L'habitat bio-inspiré interroge ce paradoxe.

***Alors on fait quoi ?***

Ici et là quelques réalisations qui par leur forme ou par un système qu'elles portent seraient bio-inspirées... En observant qu'il s'agit trop souvent de recettes aux impacts limités.

***Alors on fait quoi ?***

Travailler en équipes pluridisciplinaires, format habitat participatif pour des quartiers eco- et co-conçus et où respect des équilibres environnementaux doit aller de pair avec le plaisir d'habiter ensemble, meilleur garant de la durabilité des solutions mises en oeuvre...

En observant que les labels se préoccupent bien peu des utilisateurs et bien plus de communication.

***Alors on fait quoi ?***

Progresser pas à pas avec toutes ces entreprises qui en moins de 15 ans sont passées de la réalisation d'habitats "futurs épaves thermiques" au BBC... En observant que les commandes de chantiers comme une autoroute, ou une voie TGV c'est continuer d'importer massivement des granulats, vrai dans nos provinces comme à Singapour

***Alors on fait quoi ?***

Se retrousser les manches, innover. Et la nature nous dit comment faire, elle qui opère en récompensant la coopération (voie aujourd'hui prouvée de survie des espèces en période de crise) et d'autre part en opérant par juxtaposition de briques élémentaires qui s'associant aboutissent à des systèmes complexes d'une grande efficacité et d'une extrême diversité.<sup>3</sup>

Coopérer, assembler des briques de savoir, est à la base même de l'innovation ouverte théorisée par Chesbrough dans les années 2000.

Cette approche, à laquelle nous invite la nature, est aujourd'hui rendue possible grâce à la convergence entre notre capacité à modéliser des phénomènes physiques complexes et celle permettant d'encapsuler les connaissances en les rendant inter-opérables, l'ensemble rendu opérationnel grâce aux fantastiques avancées des TIC.

***Alors on fait quoi ?***

Modestement Nobatek/INEF4 pratique cette approche d'innovation ouverte avec en particulier des entreprises, des centres de R&D, des maîtres d'ouvrage partageant une même vision pour par exemple développer :

- Des outils de conception "impacts environnementaux natifs".
- Des enveloppes de bâtiments multi-fonctionnelles
- Des bâtiments connectés s'adaptant au comportement de l'utilisateur...

Et le CEEBIOS peut être ce lieu singulier où les acteurs feront ensemble émerger des projets, autant de quantités de solutions bio-inspirées.

L'Etat de l'art, objet de cette publication, montre la voie des possibles quand nous nous mettons en position d'apprendre de la nature.

<sup>1</sup> M. Benyus, Janine. *Biomimétisme: Quand la nature inspire des innovations durables*. Edition Rue de l'échiquier. Traduction Française. 2011.

<sup>2</sup> CESE. *Audition de Idriss ABERKANE (chercheur, Ambassadeur de l'Unitwin/unesco)*. [en ligne]. URL : <http://www.dailymotion.com/video/x2joni8>.

<sup>3</sup> Travaux de Georges Chapoutier neurobiologiste et philosophe, directeur de recherche au CNRS.

Jac Tortos  
Directeur Général  
NOBATEK / INEF4

The logo for Nobatek, featuring a stylized 'N' in grey followed by the word 'obatek' in orange.

The logo for INEF4, featuring the text 'INEF4' in a bold, sans-serif font, with a green and yellow geometric shape to the right. Below it, the text 'INSTITUT POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE' is written in a smaller font.



# Introduction



***Le Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis est une initiative inédite.***

Opérationnel depuis le début 2015, il compte parmi ses membres fondateurs, Gilles Boeuf, ancien Président du Muséum national d'Histoire naturelle, ainsi que trois pôles de compétitivité (MATIKEM, UpTEX et IAR).

Ce centre 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 autour de 5 axes :

- 1. Fédérer le réseau de compétences**
- 2. Accompagner les projets innovants**
- 3. Amorcer des cursus de formations qualifiants mais surtout diplômants**
- 4. Communiquer, influencer**
- 5. Etre un lieu de démonstration**

Plus d'une trentaine de grands groupes industriels, PME et partenaires institutionnels ont déjà rejoint l'aventure CEEBIOS, et ont entrepris dans ce cadre une réflexion collective sur le biomimétisme appliqué à l'habitat.

Le Groupe d'Innovation Stratégique «*Habitat Bio-Inspiré*» a ainsi été lancé en juin 2015 avec deux objectifs principaux :

- Définir le cahier des charges de l'habitat de demain grâce à la bio-inspiration
- Lancer des projets concrets autour de la multifonctionnalité, la qualité de l'air et de l'eau, ainsi que l'efficacité énergétique

Ce rapport a donc été rédigé dans la volonté d'apporter un éclairage sur le contexte général, les réflexions et initiatives déjà engagées dans ce domaine.



**CEEBIOS**  
Centre Européen d'Excellence  
en Biomimétisme de Senlis



# Sommaire

## Problématiques environnementales liées à l'Habitat

### Impacts du développement humain

- Un modèle de développement économique basé sur les énergies fossiles
- Responsabilité humaine et réchauffement climatique
- 5ème rapport du GIEC
- "Grande accélération" des impacts de l'activité humaine depuis 1950
- Les limites planétaires

### Empreinte écologique non soutenable

- Définition
- Empreinte écologique par pays et par habitant
- Evolution de l'empreinte écologique de l'humanité

### Impacts sur la biodiversité

- Définition
- Perte de la biodiversité mondiale: un déclin massif des espèces sauvages
- Principales menaces pour la biodiversité
- Perte de la biodiversité en France: Chiffres clés
- Conséquences de la perte de biodiversité

### Chiffres clés liés à l'habitat

- Augmentation de la population urbaine
- Proportion d'urbains par pays
- Artificialisation des sols (France)
- Répartition des sols artificialisés par usage (France)
- Consommation énergétique
- Analyse du cycle de vie et prise en compte des énergies grises
- Consommation d'eau
- Émissions des gaz à effet de serre par secteur
- Évolution des émissions de CO<sub>2</sub>
- Qualité de l'air intérieur
- Émissions de déchets dans le bâtiment

## Vers un habitat durable

### Evolution du cadre réglementaire

- Synthèse du cadre réglementaire
- Cadre réglementaire pour le bâtiment mondial
- Cadre réglementaire pour le bâtiment en France

### Plan bâtiment durable

- Présentation
- Objectifs environnementaux

### Normes, certifications et labels

- Frise chronologique des principaux labels, normes et certifications
- Comparaison des étapes de d'évaluation des principaux labels
- Analyse comparative des principaux labels et certifications
- Analyse comparative des principaux labels et certifications par la CBRE

### Principaux défis

### Initiatives historiques

- Architecture vernaculaire
- Architecture japonaise
- Architecture organique
- Architecture solaire

### Initiatives actuelles

- Architecture écologique

### Initiatives actuelles : Villes durables, Eco-Quartiers et Eco-Cités

- Le développement des éco-quartiers en Europe et en France

### Initiatives actuelles : Le passage à l'échelle de la ville et du territoire

- Définition
- Le concept de ville durable
- Les EcoCités françaises
- La mise en place d'une approche méthodologique de l'urbanisme durable à l'échelle de la ville
- Les gisements de progrès identifiés dans les expérimentations françaises

### Vers une approche intégrée

- Objectifs communs
- Comment parvenir à ces objectifs communs ?

### Habitat d'espèce en Biologie

# L'apport de l'approche biomimétique

## Introduction au biomimétisme

- Définitions
- Brève histoire du biomimétisme
- Bio-inspiration et architecture
- Le biomimétisme au XXIème siècle
- Les freins à lever
- Les capacités du vivant

## Initiatives existantes

- HOK :
  - Présentation
  - Rapport "Genius of biome"
  - "Genius of biome": Exemple
  - "Fully Integrated Thinking"(FIT)
- Living Building Challenge (LBC) :
  - Présentation
  - Label "DECLARE"
  - Exemple d'application

## Méthodologies

- Introduction
- Biology push/Technology pull
- Guide : K.A.R.I.M
- Bases de données (Choix du modèle biologique)
- AskNature
- Les concours internationaux
  - VDI International Bionic-Award
  - Biomimicry global design challenge

## Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

- Centre SFB-TRR 141
  - Présentation
  - Projets
- SFB-TRR 141 : Prof. AA Dipl. Achim Menges, Modélisation numérique et Architecture computationnel
- SFB-TRR 141 : HYGROSKIN – METEOROSENSITIVE PAVILION1 par Achim Menges
- SFB-TRR 141 : Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser, Textiles et matériaux à base de fibres
- SFB-TRR 141 : Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek, Bétons poreux
- Lidia Badarnah Kadri : Travail sur l'enveloppe des bâtiments
- Dr Maibritt Pedersen Zari : Repenser l'architecture grâce au biomimétisme
- Dr Petra Gruber : De la science à l'architecture bio-inspirée
- Bullitt Center
- Estelle Cruz : Biomimicry World Tour
- Satoshi Sakai : SIERPINSKI FOREST
- BIO-FACADES - Biomimétisme et bio-utilisation
- Lloyd Crossing Project
- Michael Pawlyn : The Biomimetic Office Building
- The living architecture

## Initiative remarquable en cours

- Cartographie des acteurs du biomimétisme

# Annexes

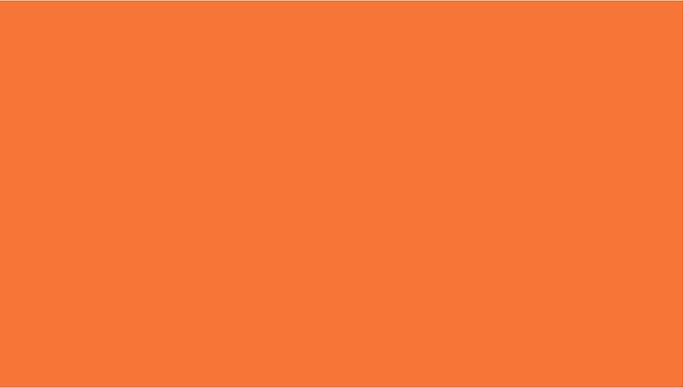
## P2 : Vers un habitat durable

- Rapports et agences identifiés

## P3 : L'apport de l'approche biomimétique

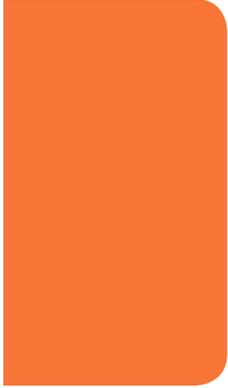
- Living Building Challenge: 20 impératifs
- SFB-TRR 141
  - Les acteurs
  - Programme du colloque 2015

- Autre initiative remarquable du centre SFB-TRR 141
  - SFB-TRR 141 : Prof. Dr. Stanislav Gorb Adhésifs secs, textures de surface
  - SFB-TRR 141 : Dr. rer. nat. Olga Speck, Validation du modèle bio-inspiré et de la durabilité
  - SFB-TRR 141 : Prof. Klaus G. Nickel, PhD, Question d'échelle



# P1

## Problématiques environnementales liées à l'Habitat





# Impacts du développement humain<sup>(1/2)</sup>

## Un modèle de développement économique basé sur les énergies fossiles

Nos sociétés reposent sur les énergies fossiles qui représentent 81% du mix énergétique mondial : pétrole 33%, charbon 27%, gaz naturel 21%, nucléaire 6% - l'hydraulique et les énergies renouvelables ne comptant que pour 11%.<sup>1</sup>

Il faut aussi noter que 78% des émissions totales de gaz à effet de serre sont attribuées à l'usage de combustibles fossiles.<sup>2</sup>

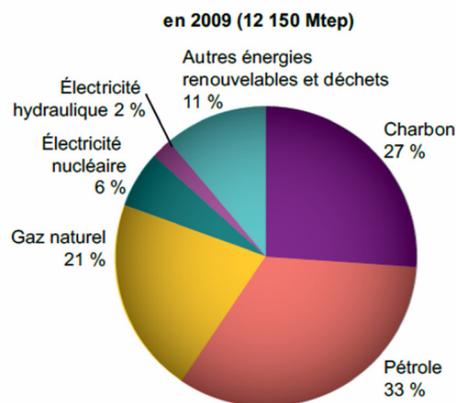


Figure 1 : Gestion des ressources énergétiques  
Source : CGDD chiffres clés climat émissions GES France et monde 2012 (chiffres AIE, et Agence européenne pour l'environnement), 2011

## Responsabilité humaine et réchauffement climatique

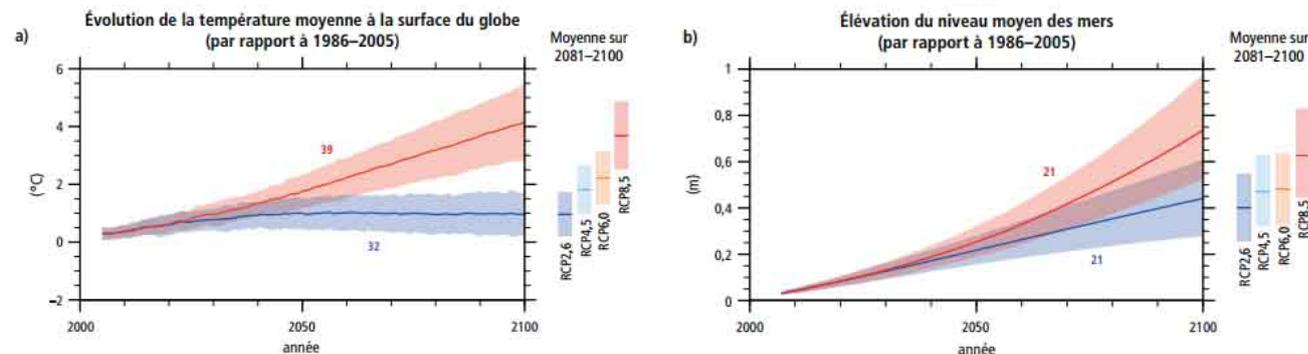
Depuis 1950, les variations de températures ne sont explicables que si l'on intègre les activités humaines. Elles apparaissent comme le principal facteur causant le réchauffement climatique. Le 5ème rapport du GIEC a ainsi renforcé ces certitudes:

LE LIEN ENTRE LES ACTIVITÉS HUMAINES ET L'ACCROISSEMENT DES TEMPÉRATURES EST EXTRÊMEMENT PROBABLE : 95% DE CHANCES.<sup>3</sup>



Figure 2 : La responsabilité humaine  
Source : 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC. [en ligne]. URL : <http://leclimatchange.fr/les-elements-scientifiques/>

## 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC<sup>4</sup>



a) Série chronologique des variations de la température moyenne à la surface du globe entre 2006-2100 (par rapport à la période 1986-2005).

b) Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale entre 2006-2100.

Figure 3 : Changements projetés touchant le système climatique  
Source : GIEC. Changement climatique 2014, Rapport de synthèse. [en ligne]. URL : [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf). consulté le 16 décembre 2015

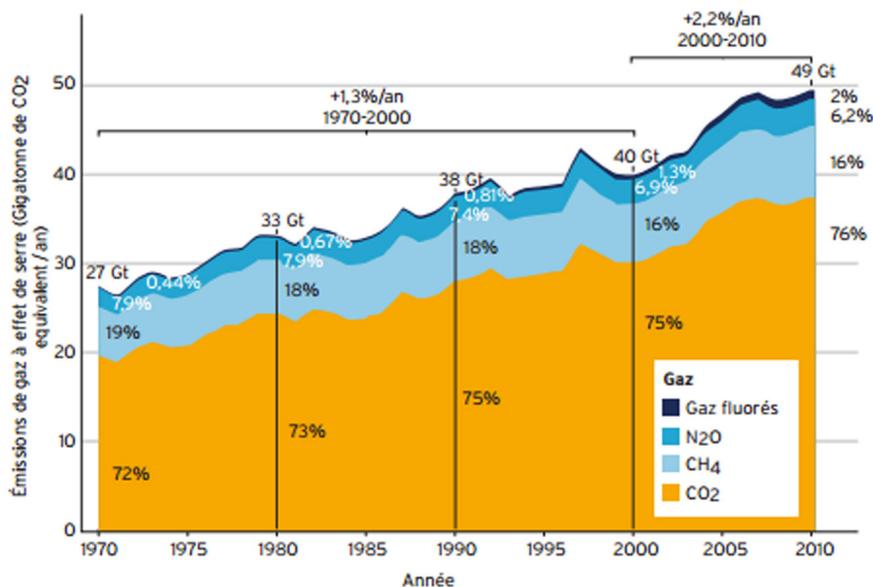


Figure 4 : Évolution des émissions anthropiques de gaz à effet de serre de 1970 à 2010  
 Source : Réseau Action Climat France. kit pédagogique, sur les changements climatiques. 2015. p.42. [en ligne]. URL : <http://www.rac-f.org/IMG/pdf/KIT-2014-V13-web5.pdf>. consulté le 26 mai 2016

Les émissions de gaz à effet de serre sont en hausse régulière, dans tous les secteurs.

Cette hausse des émissions de +2,2%/an entre 2000 et 2010 tient principalement à deux raisons : la croissance économique et la croissance démographique. Selon le GIEC, si on n'agit pas pour réduire nos émissions, on pourrait alors se diriger vers une hausse de la température moyenne d'environ 3,7 à 4,8°C d'ici la fin du XXIe siècle (par rapport aux températures de la fin du XXe siècle).<sup>5</sup>

L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie. Le 5<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation du GIEC a indentifié six impacts principaux observés des changements climatiques actuels et futurs<sup>6</sup> :

- **Impact sur la ressource en eau potable :**

la modification des schémas des précipitations, ainsi que la fonte plus rapide des neiges et des glaces, modifient les systèmes hydrologiques, et perturbent les ressources en eau.

- **Impact sur la biodiversité terrestre et marine :**

Beaucoup d'espèces et de systèmes dotés de capacités d'adaptation limitées encourrent des risques très élevés si la température moyenne globale augmentait de 2 °C, en particulier la banquise de l'Arctique et les récifs coralliens.

- **Impact sur la production alimentaire :**

A quelques rares exceptions près, les changements climatiques ont déjà eu et auront encore plus intensément un impact négatif sur les rendements de la plupart des cultures.

- **Impact sur les inégalités (économique, sociale ...) :**

Les impacts des changements climatiques tendent à creuser les inégalités : ainsi, les peuples marginalisés au niveau social, économique, culturel, ou politique se trouvent d'autant plus exposés lorsqu'ils subissent les effets du changements climatiques. Cette vulnérabilité est rarement due à une cause unique, mais plutôt à une accumulation de facteurs concomitants.

- **Impact sur la santé :**

Le réchauffement entraîne une hausse de la mortalité liée à la chaleur (durant les vagues de chaleur, les canicules, etc.) et une baisse de la mortalité liée au froid dans certaines régions. On constate également des changements dans la répartition géographique de certaines maladies.

- **Augmentation des événements climatiques extrêmes :**

Les évènements extrêmes, tels que les vagues de chaleurs, les inondations, les cyclones, ou encore les feux de forêt, montrent bien à quel point nos populations sont aujourd'hui exposées à la variabilité climatique.

## SOURCES

<sup>1</sup>CGDD chiffres clés climat émissions GES France et monde 2012 (chiffres AIE, et Agence européenne pour l'environnement), 2011

<sup>2</sup>Thibaut Caroli. 5ème Rapport du GIEC. [en ligne] URL : <http://leclimatchange.fr/attenuations-des-changements/> consulté le 16 décembre 2015.

<sup>3</sup>Thibaut Caroli. 5ème Rapport du GIEC. [en ligne] URL : <http://leclimatchange.fr/les-elements-scientifiques/> consulté le 16 décembre 2015.

<sup>4-5-6</sup>GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

## EN SAVOIR PLUS

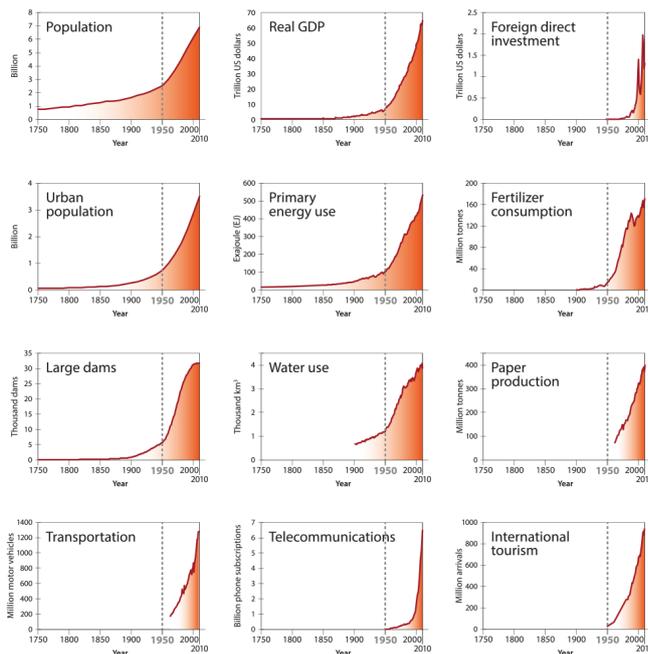
- <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>
- <http://esa.un.org/unpd/wup/>
- [https://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_french.shtml](https://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml)
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2010, *Scénarios de biodiversité : Projections des changements de la biodiversité et des services écosystémiques pour le 21e siècle: Rapport technique pour les Perspectives mondiales de la diversité biologique 3*, Cahier technique n°50, 57 p.

# Impacts du développement humain<sup>(2/2)</sup>

## “Grande accélération” des impacts de l'activité humaine depuis 1950

L'International Geosphere-Biosphere Programme<sup>1</sup> (IGBP) en collaboration avec le Centre de résilience de Stockholm<sup>2</sup> a réévalué et mis à jour les Grands indicateurs d'accélération, initialement publiés dans la synthèse IGBP, “Global Change and the Earth System”<sup>3</sup> en 2004.

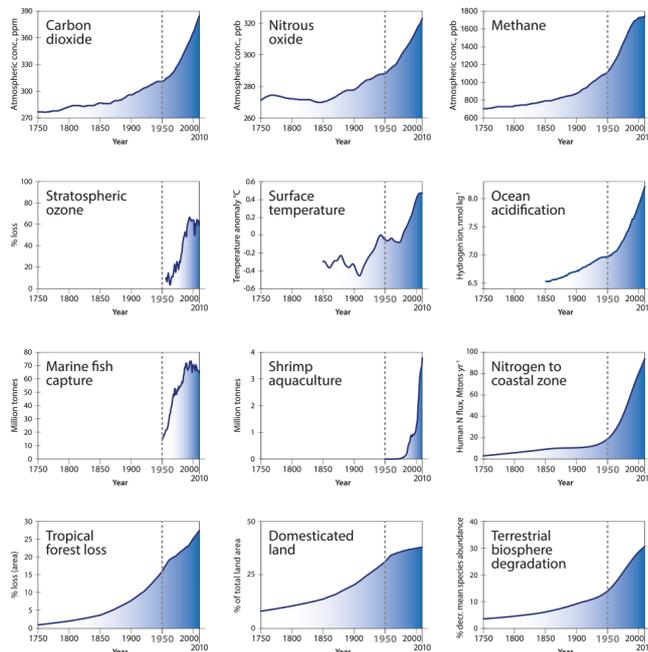
### Socio-economic trends



#### • Tendances Socio-économiques :

Réévaluation de douze indicateurs représentant l'activité humaine, par exemple, la croissance économique (PIB), la population, les investissements directs à l'étrangers, la consommation d'énergie, les télécommunications, le transport et l'utilisation de l'eau.<sup>4</sup>

### Earth system trends



#### • Tendances du système terrestre :

Réévaluation de douze indicateurs montrant les changements dans les principales composantes de l'environnement du système terrestre, par exemple, le cycle du carbone, cycle de l'azote ou encore l'impacts sur la biodiversité.<sup>5</sup>

## Les limites planétaires

Le cadre des limites planétaires a été introduit en 2009, par un groupe de 28 scientifiques de renommée internationale dirigé par Johan Rockström du Centre de résilience de Stockholm et Will Steffen de l' Université Nationale Australienne.<sup>6-7</sup>

- Statut actuel des variables de contrôle pour sept zones sur les neuf limites planétaires.

- Neufs variables :

1. Changements climatiques
2. Acidification des océans
3. Epuisement de la couche d'ozone
4. Limites des flux biogéochimiques
5. Utilisation de l'eau douce
6. Changements d'occupation des sols
7. Perte de biodiversité
8. Charge atmosphérique en aérosols
9. Pollution chimique

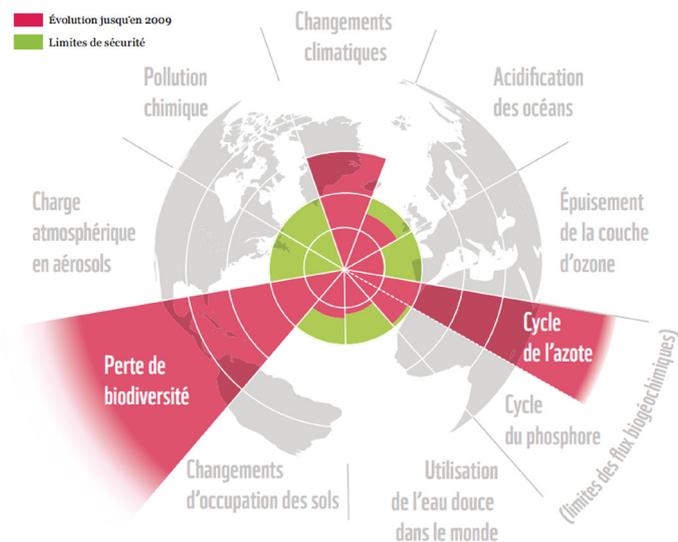


Figure 1: les frontières planétaires

Source: Steffen et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, Science, 16 janvier 2015

## SOURCES

<sup>1</sup>The International Geosphere-Biosphere Programme. Home. [en ligne] URL: <http://www.igbp.net/>, consulté le 16 décembre 2015

<sup>2</sup>Stockholm University. Home. [en ligne] URL: <http://www.stockholmresilience.org/>, consulté le 16 décembre 2015

<sup>3</sup>The International Geosphere-Biosphere Programme. *Global Change and the Earth System*. [en ligne] URL: [http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680007761/1376383137895/IGBP\\_ExecSummary\\_eng.pdf](http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680007761/1376383137895/IGBP_ExecSummary_eng.pdf), consulté le 16 décembre 2015

<sup>4-5</sup>The International Geosphere-Biosphere Programme. [en ligne] URL: <http://www.igbp.net/news/pressreleases/pressreleases/planetarydashboardshowsgreataccelerationinhumanactivitysince1950.5.950c2fa1495db7081eb42.html>, consulté le 16 décembre 2015

<sup>6</sup>Stockholm University. [en ligne] URL: <http://www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries.html>, consulté le 16 décembre 2015

<sup>7</sup>Ecology and Society. *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity* [en ligne] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>, consulté le 16 décembre 2015

## EN SAVOIR PLUS

- Conférence TED, Johan Rockstrom : *Laissons l'environnement guider notre développement*, 2010 <https://www.youtube.com/watch?v=RgqtrlixYR4>

# Empreinte écologique non soutenable

## Définition

**L'empreinte écologique:** est un outil développé par le *Global Footprint Network* qui permet de mesurer la pression qu'exerce l'homme sur la nature.

L'Empreinte écologique fait la somme de tous les services écologiques concurrents consommés par les individus. Elle correspond à la surface biologiquement productive (ou biocapacité) occupée par les terres agricoles, les pâturages, les espaces bâtis, les zones de pêche et les forêts productives, sans oublier les surfaces forestières nécessaires notamment pour absorber les émissions de dioxyde de carbone ne pouvant l'être par les océans. Biocapacité et Empreinte écologique sont exprimées dans une unité commune appelée hectare global (hag).<sup>1</sup>

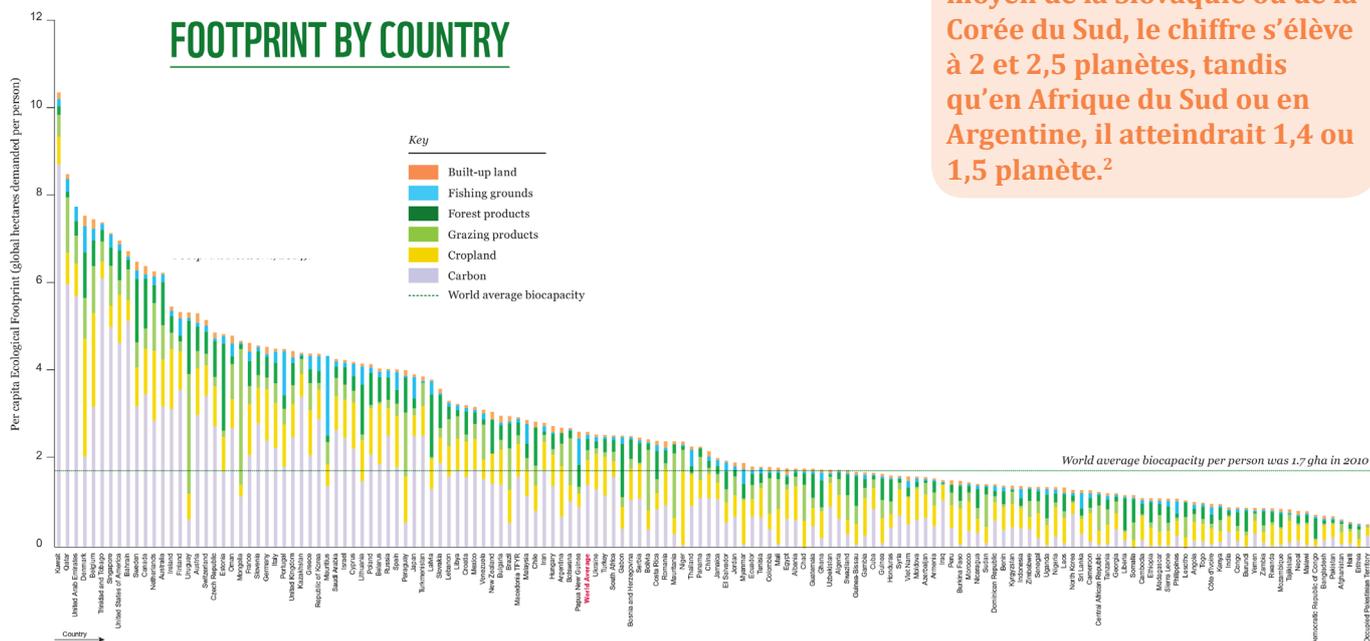


**Figure 1: Empreinte écologique**  
Source: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/living\\_planet\\_report/ecological\\_footprint/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/ecological_footprint/), 16 janvier 2015

## Empreinte écologique par pays et par habitant

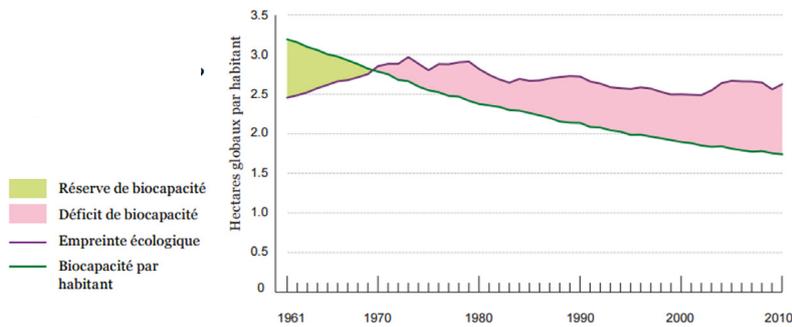
Tous les deux ans, Global Footprint Network, le WWF et la Société zoologique de Londres publient le Living Planet Report. Dans le dernier rapport on apprend que l'empreinte écologique par habitant, en 2010, dépassait la biocapacité globale par personne (1,7 hectares globaux (hag)) dans 91 des 152 pays étudiés. De plus nous remarquons que l'empreinte écologique du bâti est la plus importante.

Si tous les habitants du globe avaient la même Empreinte que celle d'un habitant moyen du Qatar, nous aurions besoin de 4,8 planètes. Pour l'adoption du mode de vie d'un Américain, il nous faudrait 3,9 planètes. Pour un habitant moyen de la Slovaquie ou de la Corée du Sud, le chiffre s'élève à 2 et 2,5 planètes, tandis qu'en Afrique du Sud ou en Argentine, il atteindrait 1,4 ou 1,5 planète.<sup>2</sup>



**Figure 2 : Empreintes écologiques par pays, par habitant, 2010**  
Source: Global Footprint Network. Living Planet Report. [en ligne]. URL: [http://www.footprintnetwork.org/ar/index.php/GFN/page/living\\_planet\\_report2/](http://www.footprintnetwork.org/ar/index.php/GFN/page/living_planet_report2/)

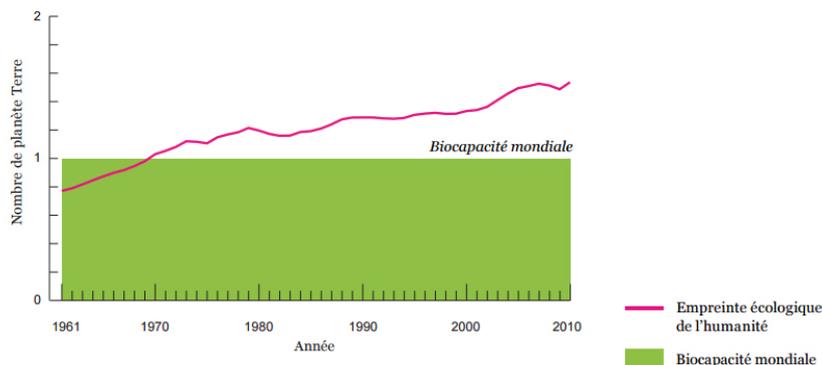
## Evolution de l'empreinte écologique de l'humanité



**Figure 3 : Evolution de l'Empreinte écologique et de la biocapacité par habitant entre 1961 et 2010**

Source : WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. p.57. [en ligne].  
URL : [http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

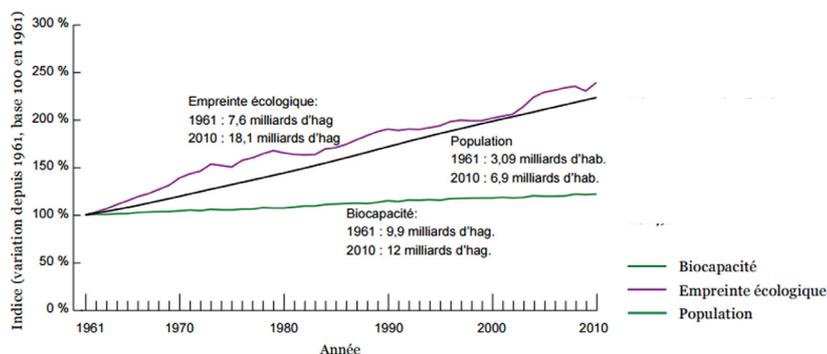
- Entre 1961 et 2010, la population humaine mondiale est passée de 3,1 milliards d'habitants à 6,9 milliards et l'Empreinte écologique par tête de 2,5 à 2,6 hag.<sup>6</sup>



**Figure 4 : Empreinte écologique de l'humanité**

Source : WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. p.12. [en ligne].  
URL : [http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

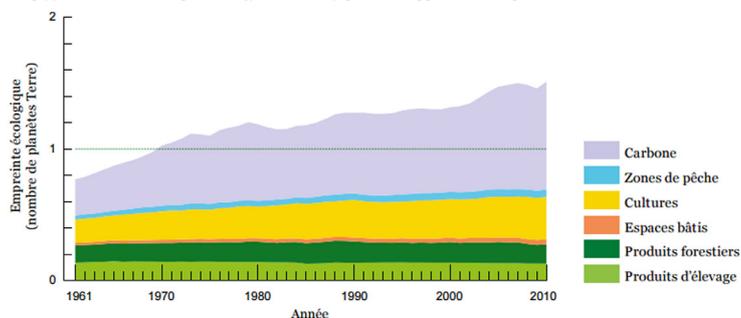
- Une planète et demie serait nécessaire pour répondre à la demande actuelle que l'humanité fait peser sur la nature. Depuis plus de 40 ans, la demande de l'humanité excède la biocapacité de la planète, c'est-à-dire la surface de terres et de mers productives nécessaires pour régénérer ces ressources.<sup>3</sup>



**Figure 5 : Evolution de la biocapacité totale, de l'Empreinte écologique globale, et de la population mondiale de 1961 à 2010**

Source : WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. p.56. [en ligne].  
URL : [http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

- L'Empreinte écologique montre que durant ces 50 dernières années, la biocapacité totale de la planète s'est accrue de 9,9 à 12 milliards d'hag.<sup>5</sup>



**Figure 6 : Empreinte écologique par composante (1961-2010)**

Source : WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. p.32. [en ligne].  
URL : [http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

- Actuellement, la composante carbone est la composante la plus importante de l'Empreinte écologique (53%).<sup>4</sup>

## SOURCES

1-2-3-4-5-6 WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. [en ligne]. URL : [http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwf.fr/panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

## Impacts sur la biodiversité

### Définition

**Biodiversité** : composé des mots *bio* (du grec βίος) et du mot *diversité*. La biodiversité est la diversité, naturelle ou non, des organismes vivants et des végétaux.

Elle s'apprécie en considérant la diversité des écosystèmes, des espèces et des gènes dans l'espace et dans le temps, ainsi que les interactions au sein de ces niveaux d'organisation et entre eux.

Elle est définie dans l'article 2 de la convention sur la diversité biologique comme la « *variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.* »<sup>1</sup>

### Perte de la biodiversité mondiale: un déclin massif des espèces sauvages

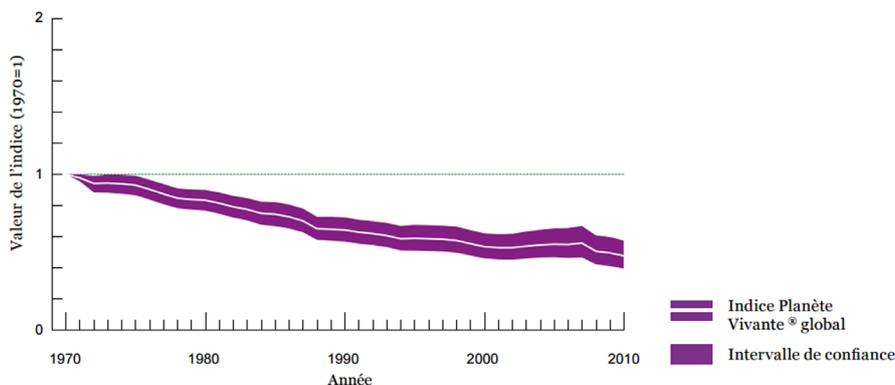


Figure 1: L'indice Planète Vivante®

Source: WWF Rapport Planète vivante 2014, p.16. [en ligne]. URL : [http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf) Steffen et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, Science, 16 janvier 2015

Une espèce animale ou de plante disparaît toutes les 20 minutes soit 26280 espèces disparues chaque année.

Près d'un quart des espèces animales et végétales pourrait disparaître d'ici le milieu du siècle en raison des activités humaines. Le rythme actuel d'extinction est de 100 à 1.000 fois supérieur à ce qu'il a été en moyenne sur des centaines de millions d'années.<sup>2</sup>

Le nombre d'espèces animales a diminué de 52% entre 1970 et 2010. Cette tendance lourde ne donne aucun signe de ralentissement.<sup>3</sup>

### Principales menaces pour la biodiversité

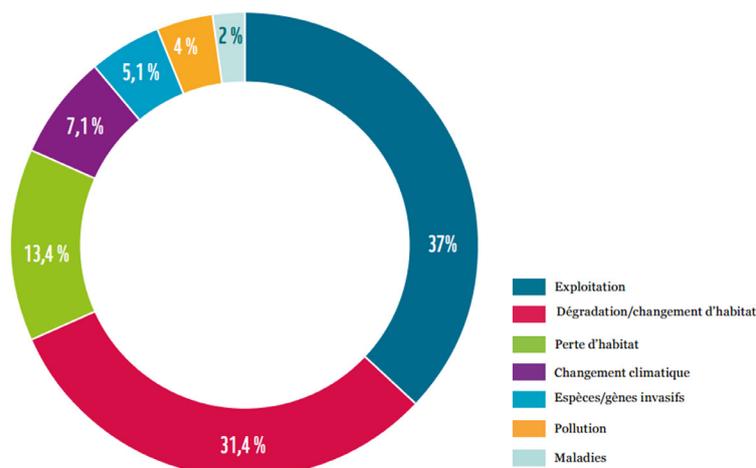


Figure 2 : Principales menaces pour les populations d'espèces de l'Indice Planète Vivante®

Source: WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*, p.20. [en ligne]. URL : [http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

L'exploitation et la dégradation/perte des Habitats écologiques sont les causes principales de déclin de la biodiversité<sup>4</sup>

## Perte de la biodiversité en France: Chiffres clés

Le Plan Bâtiment Durable nous apprend au travers du rapport du groupe de travail « Bâtiment et biodiversité » que le patrimoine français en espèces vivantes est particulièrement vulnérable puisque la France se place au 4ème rang mondial pour les espèces animales menacées et au 9ème rang pour les plantes, selon la liste rouge mondiale de l'IUCN (Union internationale pour la conservation de la nature).

Sur 135 espèces de mammifères terrestres et marins se reproduisant sur le territoire français, 49 ont été recensées comme menacées à divers degrés. Sur 276 espèces d'oiseaux nichant en France, 51 sont considérées comme menacées. Les principales causes et menaces sur la biodiversité sont toutes directement ou indirectement liées à l'urbanisation croissante:

- La superficie des prairies françaises a diminué de 30% en trente ans.
- 60% des zones humides ont disparu au XXe siècle.
- 75% des rivières contiennent des pesticides
- 50% du territoire est pollué par les nitrates.
- En trente ans, la Beauce a perdu plus de 30% des composés organiques de son sol.
- En trente ans, l'urbanisation a détruit 800 km<sup>2</sup> d'espaces naturels durant les années 1980 sur le territoire français.
- 60 % des côtes sont urbanisées contre 39% en 1960.

## Conséquences de la perte de biodiversité

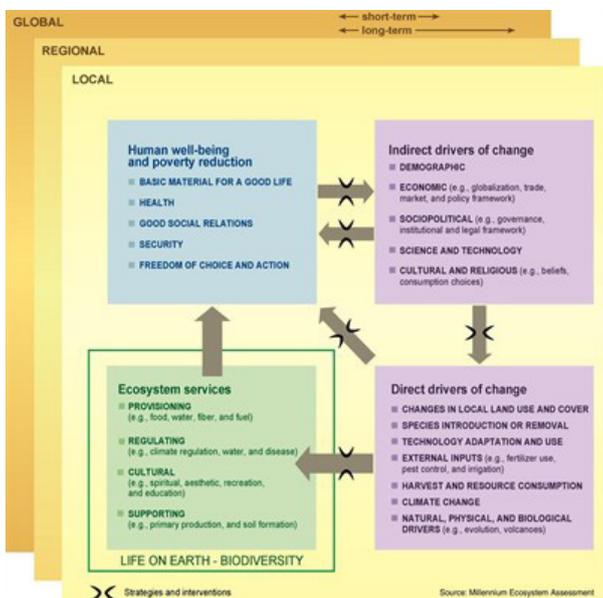


Figure 3 : Cadre conceptuel de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire<sup>5</sup>

Les services écosystémiques représentent les bénéfices offerts aux sociétés humaines par les écosystèmes. L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM) distingue quatre catégories de services<sup>5</sup> :

- **Les services d'approvisionnement**
- **Les services de régulation**
- **Les services de soutien**
- **Les services culturels**

La biodiversité et les services écosystémiques sont indispensables pour la santé et le bien être de l'humanité. Mais l'Homme met en péril leur capacité à répondre aux demandes croissantes en nourritures, énergies ou encore en eau potable.

Les répercussions de ces changements sont multiples :<sup>6</sup>

- **La sécurité** : conflits liés à la diminution des ressources et aux phénomènes climatiques violents de plus en plus fréquents.
- **L'accès aux ressources de base pour vivre sainement** (nourritures, eau)
- **La santé** : liée à la détérioration des services d'approvisionnement et à la répartition des insectes qui transmettent des maladies et des agents pathogènes dans l'eau et l'air.
- **Les relations sociales** : lié à la capacité de cohésion sociale, le respect mutuel, et la capacité d'aider les autres.
- **La liberté de choix et d'action** : l'opportunité d'atteindre ce qu'un individu peut juger valable de faire ou d'être.

## SOURCES

<sup>1</sup> Nation Unies. *Convention sur la diversité biologique*. 1992. [en ligne]. URL : <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>.

<sup>2</sup> Planetscope, Consoblog. *Biodiversité*. [en ligne]. URL : <http://www.planetscope.com/biodiversite>. consulté le 23 mai 2016.

<sup>3</sup> WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. [en ligne]. URL : [http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf). consulté le 23 mai 2016.

<sup>4</sup> WWF Rapport Planète vivante 2014. *Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. [en ligne]. URL : [http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014\\_rapport\\_vf\\_web.pdf](http://awsassets.wwffr.panda.org/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf)

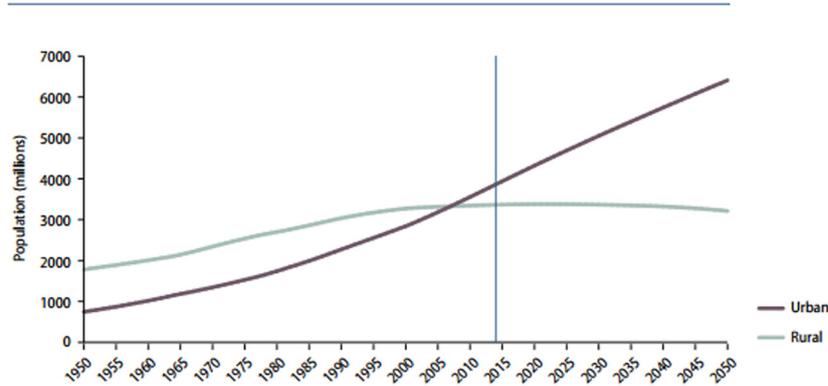
<sup>5-6</sup> Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, « MA Conceptual Framework ». *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. PNUE. 2005. [en ligne]. URL : <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.447.aspx.pdf>. consulté le 23 mai 2016.

# Problématiques environnementales liées à l'Habitat

## Chiffres clés liés à l'habitat<sup>(1/3)</sup>

### Augmentation de la population urbaine<sup>1</sup>

Urban and rural population of the world, 1950–2050



En 2007, pour la première fois dans l'histoire, la population urbaine mondiale a dépassé la population rurale mondiale. Cette tendance se poursuit.<sup>2</sup>

Figure 1 : Population mondiale urbaine et rurale, 1950–2050

Source : World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, United Nations. p.6. [en ligne]. URL : <http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>.

### Proportion d'urbains par pays

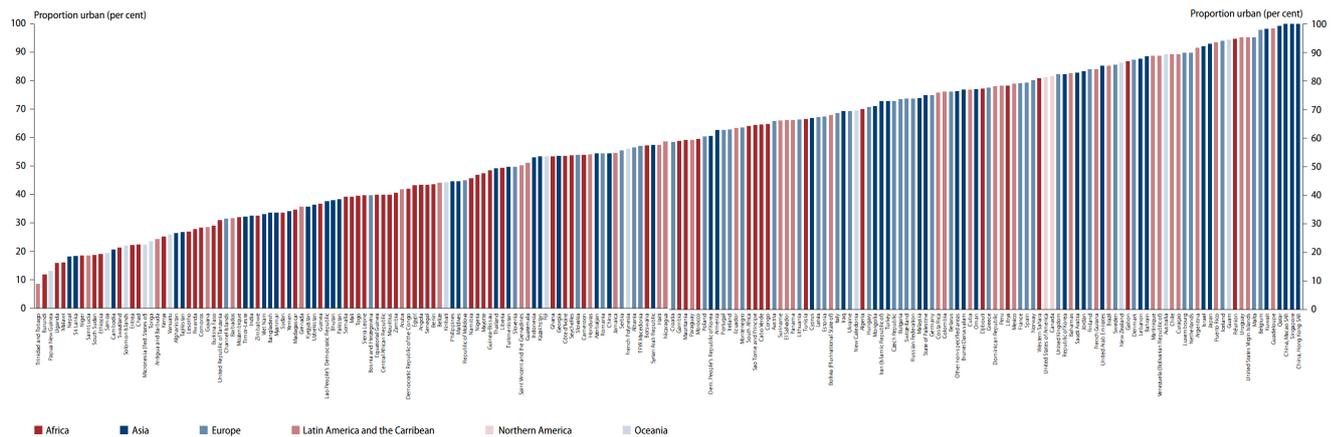


Figure 2 : Pourcentage de la population vivant dans les zones urbaines en 2014

Source : World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, United Nations. p.6. [en ligne]. URL : <http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>.

Le nombre de méga- villes a presque triplé depuis 1990; et d'ici 2030, 41 agglomérations urbaines devraient compter au moins 10 millions d'habitants chacune. La croissance urbaine rapide et non planifiée menace l'environnement et la biodiversité. L'expansion urbaine mal gérées conduit à l'étalement rapide, à l'émission de pollution et à la dégradation de l'environnement, ainsi que la mise en place de modes de production et de consommation non durables.<sup>4</sup>

### Artificialisation des sols (France)

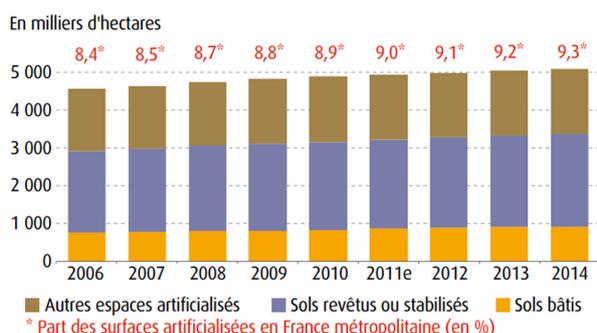


Figure 3 : Évolution des zones artificialisées

Source : SSP, enquête Teruti-Lucas, Mars 2015. Traitement : SOeS 2015

L'artificialisation des sols engendre une perte de ressources naturelles et agricoles généralement irréversible. La destruction et la fragmentation des milieux naturels qu'elle génère sont défavorables à de nombreuses espèces. Les zones artificialisées occupent près de 5,1 millions d'hectares en 2014, soit environ 9,3 % de la métropole.

La moitié correspond à des sols revêtus ou stabilisés, dont l'imperméabilisation a notamment des impacts négatifs sur le cycle de l'eau et son écoulement en cas de fortes précipitations.<sup>5</sup>

## Répartition des sols artificialisés par usage (France)

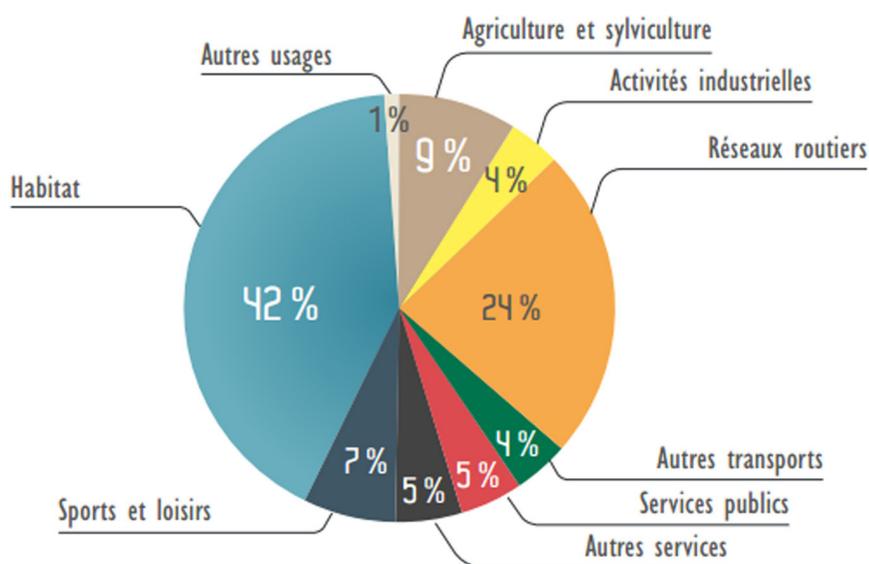


Figure 4 : Répartition des sols artificialisés par usage en France métropolitaine en 2014  
Source : ADEME. *Les sols portent notre avenir*, p.8. 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/sols\\_avenir\\_8387.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/sols_avenir_8387.pdf), consulté le 09 mai 2016

Le développement et l'extension des villes se caractérisent par une consommation de sols agricoles et dans une moindre mesure de sols naturels.

Ces sols perdent alors leurs qualités initiales. Les conséquences de l'artificialisation sont nombreuses :

- Imperméabilisation des sols (*qui ne rendent plus d'autre service que de supporter les constructions et les voies de transport*)
- Fragmentation des milieux
- Impacts sur la biodiversité
- Mitage de l'espace agricole
- Réduction de la viabilité de l'agriculture périurbaine
- Moindre régulation des flux d'eau (aggravation des inondations)
- Températures extrêmes en été en ville (augmentation des îlots de chaleur)<sup>6</sup>

## SOURCES

<sup>1</sup> Olivier Scheffer. *Hyper-urbanisation: la marée grise, L'impact de notre modèle d'urbanisation sur notre biosphère et notre santé*. Novembre 2010. [en ligne] URL: <http://bit.ly/hyperurbanisation>, consulté le 16 décembre 2015.

<sup>2-4</sup> United Nation. *World Urbanization Prospects 2014*. [en ligne] URL: <http://www.compassion.com/multimedia/world-urbanization-prospects.pdf>, consulté le 10 mai 2016.

<sup>3</sup> OMS. *Vieillesse et qualité de la vie*. [en ligne] URL: <http://www.who.int/ageing/about/facts/fr/>, consulté le 10 mai 2016.

<sup>6</sup> ADEME. *Les sols portent notre avenir*. 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/sols\\_avenir\\_8387.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/sols_avenir_8387.pdf), consulté le 09 mai 2016

<sup>5-7</sup> CGDD. *Chiffres clés de l'environnement, Édition 2015*, p. 25. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_environnement\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_environnement_2015.pdf), consulté le 09 mai 2016

# Problématiques environnementales liées à l'Habitat

## Chiffres clés liés à l'habitat (2/3)

### Consommation énergétique

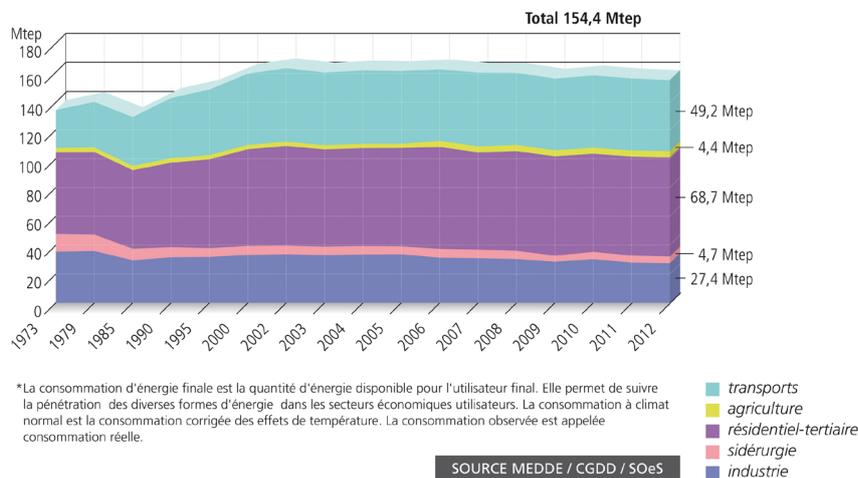


Figure 1 : Evolution de la consommation finale énergétique nationale par secteurs d'activités à climat normal

Source : ADEME. *Chiffres clés du bâtiment*. p. 18. [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-batiment-2013/>, consulté le 09 mai 2016

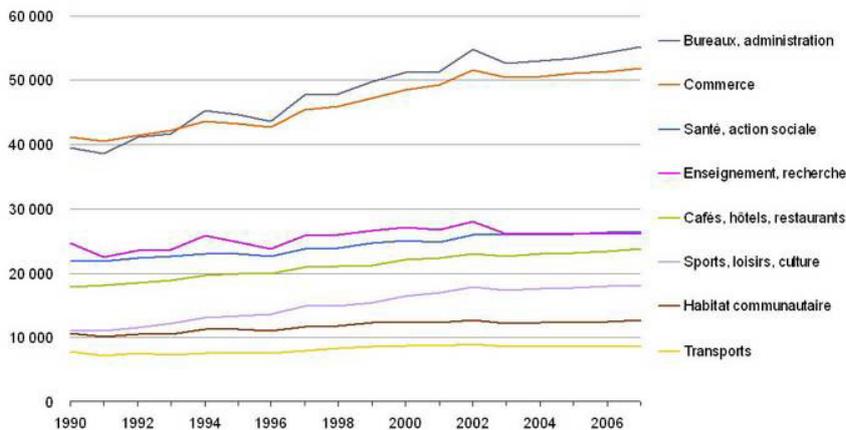


Figure 2 : La consommation d'énergie du secteur tertiaire par branche en GWh

Source : Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer. *L'essentiel sur l'impacts des activités du tertiaire*. [en ligne]. URL : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/354/1221/consommation-denergie-secteur-tertiaire.html>, consulté le 09 mai 2016

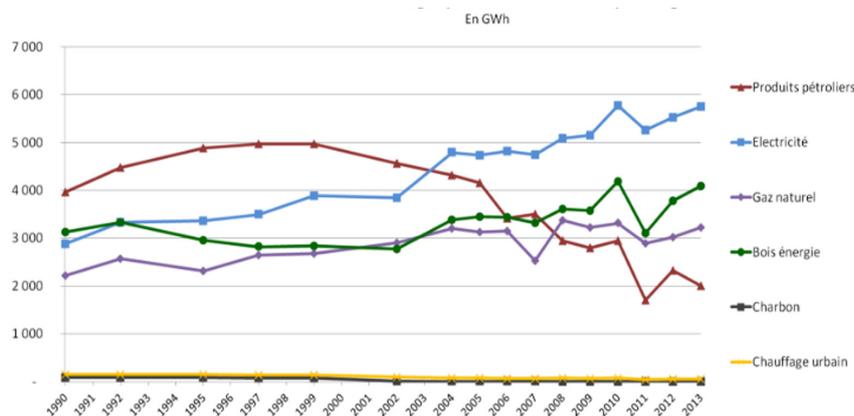


Figure 3 : La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel entre 1990 et 2013 en GWh

Source : Agence Régionale d'évaluation Environnement et Climat. *Résidentiel*. [en ligne]. URL : [http://www.arecpc.com/c\\_13\\_3\\_Fiche\\_1144\\_1\\_Residentiel.html](http://www.arecpc.com/c_13_3_Fiche_1144_1_Residentiel.html), consulté le 26 mai 2016

En France, le secteur du bâtiment est celui qui consomme le plus d'énergie parmi tous les secteurs économiques : 70 millions de tonnes d'équivalent pétrole. Cela représente 43 % de l'énergie finale totale et 1,1 tonne d'équivalent pétrole consommée annuellement par chacun d'entre nous. La consommation moyenne annuelle du secteur du bâtiment est en effet proche de 400 kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> chauffé.<sup>1</sup> Les bâtiments existants représentent des opportunités d'économies d'énergie importantes parce que leur niveau de performance est souvent bien en deçà des potentiels d'efficacité actuels.

Les programmes de "bureaux" et "commerce" du secteur tertiaire sont les plus consommateurs d'énergie. Ils représentent à eux seuls 50% des consommations du tertiaire. La consommation d'énergie de ces deux activités enregistre une croissance continue sur la période 1990-2007.

La loi Grenelle I fixe comme objectif de réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38% d'ici 2020 par rapport à 2007.<sup>2</sup>

## Analyse du cycle de vie et prise en compte des énergies grises

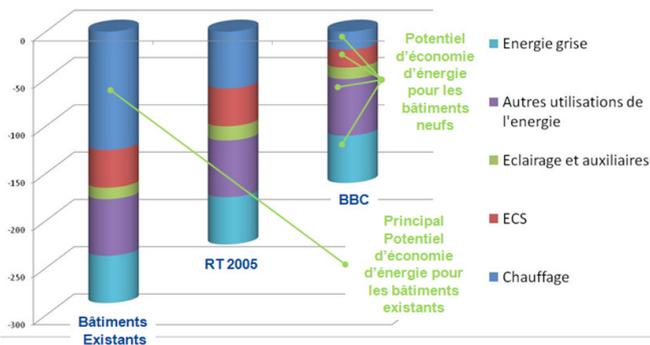


Figure 4: Répartition des consommations d'énergies dans les bâtiments

Source : Université Numérique Ingénierie et Technologie. Deux exemples d'utilisation du BIM en service : EVE BIM et ELODIE (CSTB). [en ligne]. URL : [http://www.unit.eu/cours/bim/u13/co/u13\\_230\\_13-7.html](http://www.unit.eu/cours/bim/u13/co/u13_230_13-7.html). consulté le 26 mai 2016

Les consommations d'énergie grise se calculent sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment.<sup>4</sup>

5 étapes sont prise en compte :

**La production > Le transport > La mise en œuvre > Le fonctionnement du bâtiment > La fin de vie**

## Consommation d'eau

Au niveau mondial, le secteur du bâtiment consomme en moyenne pour son fonctionnement 20% de l'eau douce exploités annuellement, auxquels il faut ajouter environ 5% pour la seule phase de construction, sans compter la fabrication de matériaux comme le ciment par exemple, fort consommateur en eau (les matières premières sont mélangées à une proportion de 30 à 40% d'eau).

Dans les pays développés, à l'instar de la France, les principaux postes de consommation de l'eau sont les bains et douches, suivis des lave-linges et lave-vaisselle puis des sanitaires.

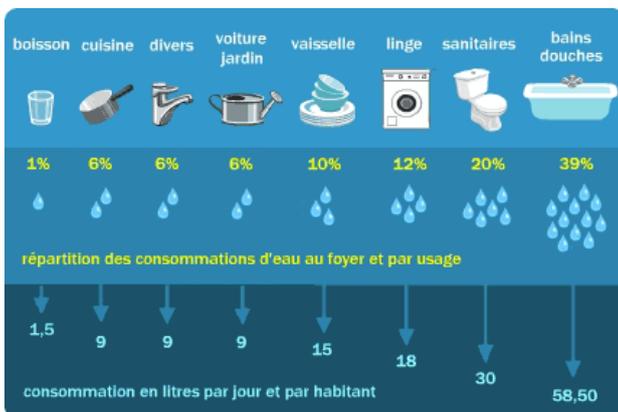


Figure 3: Répartition par usage

Source : Economie d'énergie. La consommation d'eau. [en ligne]. URL : <http://www.economiedenergie.fr/L-eau--nos-consommations.html>. consulté le 26 mai 2016

Jusqu'à présent, les efforts d'économies d'énergie dans le bâtiment se sont portés sur la baisse des consommations liés aux postes réglementaires comme le chauffage, la ventilation, le refroidissement ou la production de l'eau chaude sanitaire (ECS). Grâce à ces efforts, les consommations énergétiques moyennes, sur ces postes, sont passés en quelques années d'environ 250 kWh/m<sup>2</sup>.an à 50 kWh/m<sup>2</sup>.an, pour les bâtiments les plus performants BBC, cibles de la RT2012. Pour faire progresser le bilan environnemental de ces bâtiments, il convient donc de prendre en compte d'autres contributions et par exemple d'analyser les autres consommations d'énergie sur le cycle de vie. L'énergie grise est ainsi relative à l'énergie nécessaire à la fabrication, l'ouvrage, des matériaux et produits de construction qui le compose.<sup>3</sup>

Mais dans les zones arides des pays développés, une proportion importante de l'eau peut être utilisée pour l'arrosage, comme par exemple à Austin au Texas (40%).<sup>5</sup>

De nombreuses sources s'accordent sur une consommation moyenne des ménages basée sur 2/3 d'eau potable (soit 17 % de la consommation d'eau en France), et allant d'environ 100l/personne (milieu rural, collectif HLM) à 150 l/personne (milieu urbain, pavillonnaire).

Le secteur tertiaire utilise environ 1/3 de l'eau potable (soit 8 % de la consommation d'eau en France).

Le graphique ci-contre montre la répartition des usages des 460 millions de m<sup>3</sup> consommés en France par ans (sources Min. de l'Ecologie et Agences de l'Eau)<sup>6</sup>

## SOURCES

<sup>1</sup> ADEME. Chiffres clés du bâtiment. 2013. [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-batiment-2013/>. consulté le 09 mai 2016

<sup>2</sup> Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer. L'essentiel sur l'impacts des activités du tertiaire. [en ligne]. URL : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/354/1221/consommation-denergie-secteur-tertiaire.html>. consulté le 09 mai 2016

<sup>3</sup> Université Numérique Ingénierie et Technologie. Deux exemples d'utilisation du BIM en service : EVE BIM et ELODIE (CSTB). [en ligne]. URL : [http://www.unit.eu/cours/bim/u13/co/u13\\_230\\_13-7.html](http://www.unit.eu/cours/bim/u13/co/u13_230_13-7.html). consulté le 26 mai 2016

<sup>4</sup> ARENE, ICEB. L'énergie grise des matériaux et des ouvrages. p. 40. 2012 [en ligne]. URL : [http://www.asso-iceb.org/wp-content/uploads/2014/07/guide\\_bio\\_tech\\_lenergie\\_grise\\_des\\_materiaux\\_et\\_des.pdf](http://www.asso-iceb.org/wp-content/uploads/2014/07/guide_bio_tech_lenergie_grise_des_materiaux_et_des.pdf). consulté le 09 mai 2016

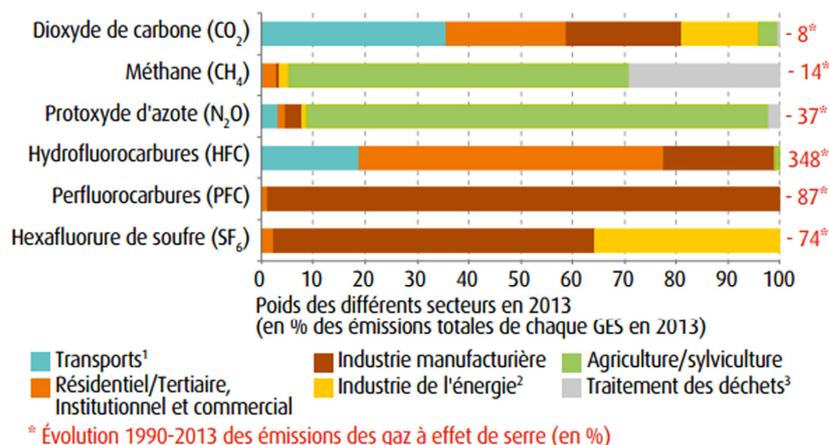
<sup>5</sup> Olivier Scheffer. Hyper-urbanisation: la marée grise, L'impact de notre modèle d'urbanisation sur notre biosphère et notre santé. Novembre 2010. [en ligne] URL : <http://bit.ly/hyperurbanisation>. consulté le 16 décembre 2015.

<sup>6</sup> Marc ROSSO GESPER La gestion de l'eau dans le bâtiment : Cosommation, gaspillages et solutions d'économie. p.3. 2007. [en ligne] URL : <http://bit.ly/hyperurbanisation>. consulté le 24 mai 2016.

# Problématiques environnementales liées à l'Habitat

## Chiffres clés liés à l'habitat (3/3)

### Émissions des gaz à effet de serre par secteur



Notes : hors utilisation des terres, leur changement et la forêt ; les % présentés sont calculés à partir des quantités de GES exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> ; <sup>1</sup> trafic domestique uniquement ; <sup>2</sup> y compris incinération des déchets avec récupération d'énergie ; <sup>3</sup> hors incinération des déchets avec récupération d'énergie.

Champ : France métropolitaine et outre-mer hors pays et territoires d'outre-mer.

Source : Citepa, données Plan climat, juin 2015

Figure 1: Émissions des gaz à effet de serre par secteur

Source : CGDD. Chiffres clés de l'environnement, Édition 2015. p. 7. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_environnement\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_environnement_2015.pdf), consulté le 09 mai 2016

Les émissions des GES pris en compte dans le Protocole de Kyoto diminuent entre 1990 et 2013, à l'exception des HFC dont les rejets sont en très forte progression (+ 348 %).

Ces produits sont de plus en plus utilisés comme fluide frigorigène et dans les aérosols, en remplacement des CFC interdits d'utilisation et de production par le Protocole de Montréal depuis 1993.

À l'inverse, les émissions de PFC baissent fortement suite aux progrès accomplis pour maîtriser leurs rejets lors de la production d'aluminium et à l'arrêt de deux sites de production d'aluminium.

Enfin, les rejets de l'industrie manufacturière et de l'industrie de l'énergie, tous GES confondus, baissent de 40 % et 27 % alors que ceux des secteurs résidentiel, tertiaire, institutionnel et commercial et des transports augmentent respectivement de 11 % et 12 %.<sup>1</sup>

### Évolution des émissions de CO<sub>2</sub>

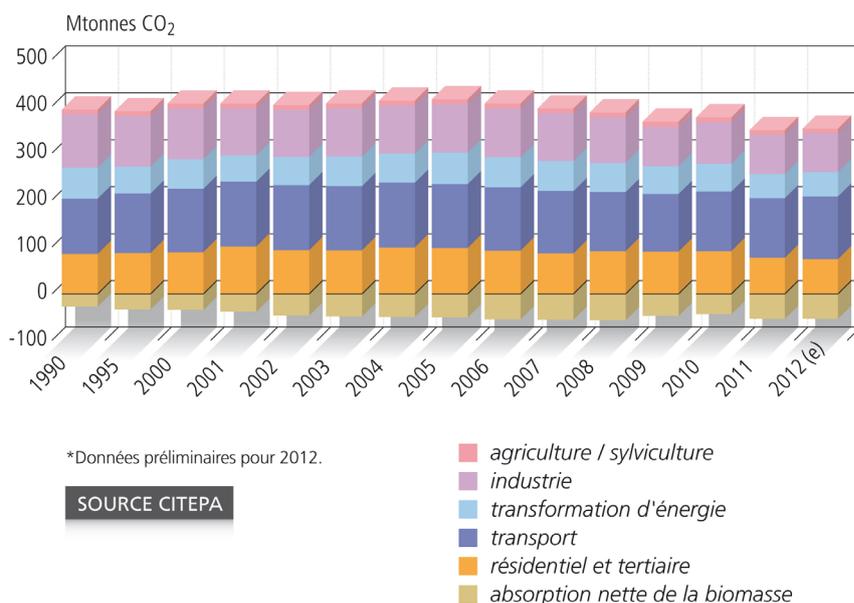


Figure 2: Evolution des émissions de CO<sub>2</sub>

Source : ADEME. Chiffres clés du bâtiment. p. 26. [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-batiment-2013/>, consulté le 09 mai 2016

En 2011, les émissions de CO<sub>2</sub> (hors puits) ont diminué de 7.4%, à 352 MT.

Le puit de carbone constitué par la biomasse ramène cette quantité à 299Mt, sachant que le Protocole de Kyoto ne retient qu'une proportion limitée de cette absorption. Les estimations pour 2012 indiquent une légère augmentation des émissions.

Le secteur résidentiel-tertiaire (22%) fait partie des principaux secteurs émetteurs de ce gaz à effet de serre avec l'industrie (24%) et le transport (37%).

Les rejets de CO<sub>2</sub> liés à l'utilisation de l'énergie représentent de l'ordre de 95% des émissions totales hors puits de carbone.<sup>2</sup>

## Qualité de l'air intérieur

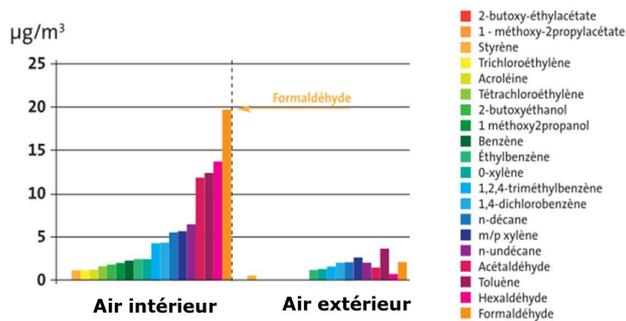


Figure 3: Etude des polluants gazeux de type COV dans les habitats en France

Source : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, 2010. [en ligne]. URL : [http://www.oqai.fr/oqai.aspx?idarchitecture=8&Country=united\\_kingdom](http://www.oqai.fr/oqai.aspx?idarchitecture=8&Country=united_kingdom), consulté le 26 mai 2016

Nous vivons 80% du temps dans des espaces intérieurs clos. Dans ces lieux confinés, l'air peut être 5 à 10 fois plus pollué que l'air extérieur : l'augmentation de l'étanchéité des bâtiments entraîne un problème de renouvellement de l'air dans nos logements. L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) estime que 36% des maladies respiratoires sont directement liées à la mauvaise qualité de l'air intérieur, et que 2 millions de personnes en meurent chaque année dans le monde.<sup>4</sup>

## Émissions de déchets dans le bâtiment

Les déchets de la construction regroupent les déchets du bâtiment, des travaux publics ainsi que ceux des ouvrages de bâtiment (démolition, réhabilitation et constructions neuves).

En 2008, ce secteur est à l'origine de 254,5 millions de tonnes de déchets, soit près des 3/4 de la masse totale de déchets produits en France. Les déchets inertes (terre, gravats, pierres, béton...) représentent quant à eux plus de 90 % des déchets de la construction, soit 239 millions de tonnes.

Les deux-tiers sont utilisés comme remblaiement, ou bien, une fois transformés en granulats après concassage, le sont en sous-couches routières sur un autre site que le chantier où ils ont été produits. Le tiers restant est acheminé en centres de stockage. Les matériaux réutilisés sur le même chantier ne sont pas considérés comme des déchets.<sup>3</sup>

Le BTP représente donc une part très importante du tonnage de déchets généré en France.

Les déchets liés à l'activité du bâtiment et des travaux publics sont en fait plus importants que les 340 millions de tonnes annoncées car il faut considérer qu'une partie des déchets des ménages sont issus de l'activité de bricolage.

Secteur	Quantité totale produite (millions de tonnes)	Répartition par type		
		Déchets inertes	Déchets non dangereux non inertes	Déchets dangereux
Bâtiment	38,2	72,4%	26,1%	1,5%
Gros œuvre	28,1	81%	18%	1%
Second œuvre	10,1	49%	49%	2%
Travaux publics	216,3	97,6%	1,5%	0,9%
Ensemble	254,5*	94%	5%	1%

Note : \* le règlement statistique européen sur les déchets recense 253 millions de tonnes, du fait d'une méthodologie de comptage différente.

Source : SOeS (enquête sur les déchets produits par l'activité de construction en France en 2008).

Figure 4: Répartition des types de déchets produits par les secteurs de la construction en 2008

Source : Statistiques développement durable. *Les déchets du secteur de la construction*. [en ligne]. URL : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/essentiel/ar/326/1097/dechets-secteur-construction.html>, consulté le 24 mai 2016

Autant l'impact sur la catégorie inerte est faible autant l'impact sur la catégorie déchets non dangereux et dangereux est très forte. On considère par exemple que 20 % des déchets de plâtre sont générés par des particuliers.

La majorité des déchets viennent du secteur de la démolition. On avance le chiffre de 93%, le reste venant de la construction.

Environ 50% des déchets non dangereux du BTP sont en mélange et donc non triés sur le chantier (distinction B et TP non disponible).<sup>5</sup>

## SOURCES

<sup>1</sup> CGDD. *Chiffres clés de l'environnement, Édition 2015*, p. 7. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_environnement\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_environnement_2015.pdf), consulté le 09 mai 2016

<sup>2</sup> ADEME. *Chiffres clés du bâtiment*. 2013. [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-batiment-2013/>, consulté le 09 mai 2016

<sup>3</sup> Statistiques développement durable. *Les déchets du secteur de la construction*. [en ligne]. URL : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/essentiel/ar/326/1097/dechets-secteur-construction.html>, consulté le 24 mai 2016

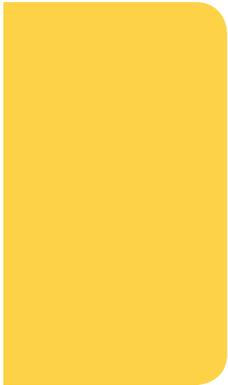
<sup>4</sup> Air serenity. *Qualité de l'air intérieur : un réel problème de santé publique*. [en ligne]. URL : [http://www.air-serenity.com/health\\_fr/7/](http://www.air-serenity.com/health_fr/7/), consulté le 26 mai 2016.

<sup>5</sup> Planetscope, Consoblog. *Production de déchets par l'industrie du BTP et du bâtiment en France*. [en ligne]. URL : <http://www.planetscope.com/recyclage-dechets/1428-production-de-dechets-par-l-industrie-du-btp-et-du-batiment-en-france.html>, consulté le 24 mai 2016.



# P2

**Vers un habitat  
durable**

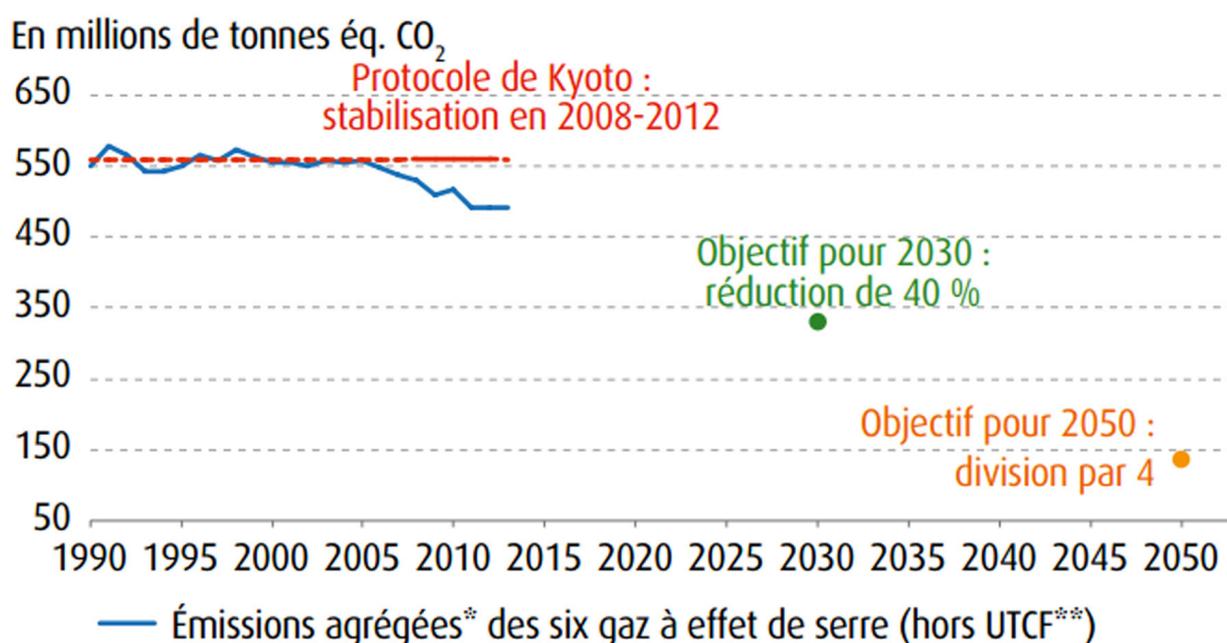




# Evolution du cadre réglementaire (global)

## Synthèse du cadre réglementaire contre le réchauffement climatique

Depuis 2007, la tendance des émissions des GES de l'ensemble des secteurs est à la baisse. L'objectif pour l'horizon 2030 est une réduction des émissions de 40 % par rapport à leur niveau de 1990, et pour l'horizon 2050 une division par 4 (loi de transition énergétique pour la croissance verte de 2015).<sup>1</sup>



Notes : données non corrigées des variations climatiques ; \* dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>), protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), hydrofluorocarbures (HFC) et perfluorocarbures (PFC) ; \*\* UTCF : utilisation des terres, leurs changements et la forêt.  
Champ : métropole et outre-mer, hors PTOM (périmètre du protocole de Kyoto).

Source : Citepa, données Plan climat, juin 2015

Figure 1 : Comparaison des émissions des gaz à effet de serre et des objectifs internationaux

Source : CGDD. Chiffres clés de l'environnement, Édition 2015.  
p. 5. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_environnement\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_environnement_2015.pdf), consulté le 09 mai 2016

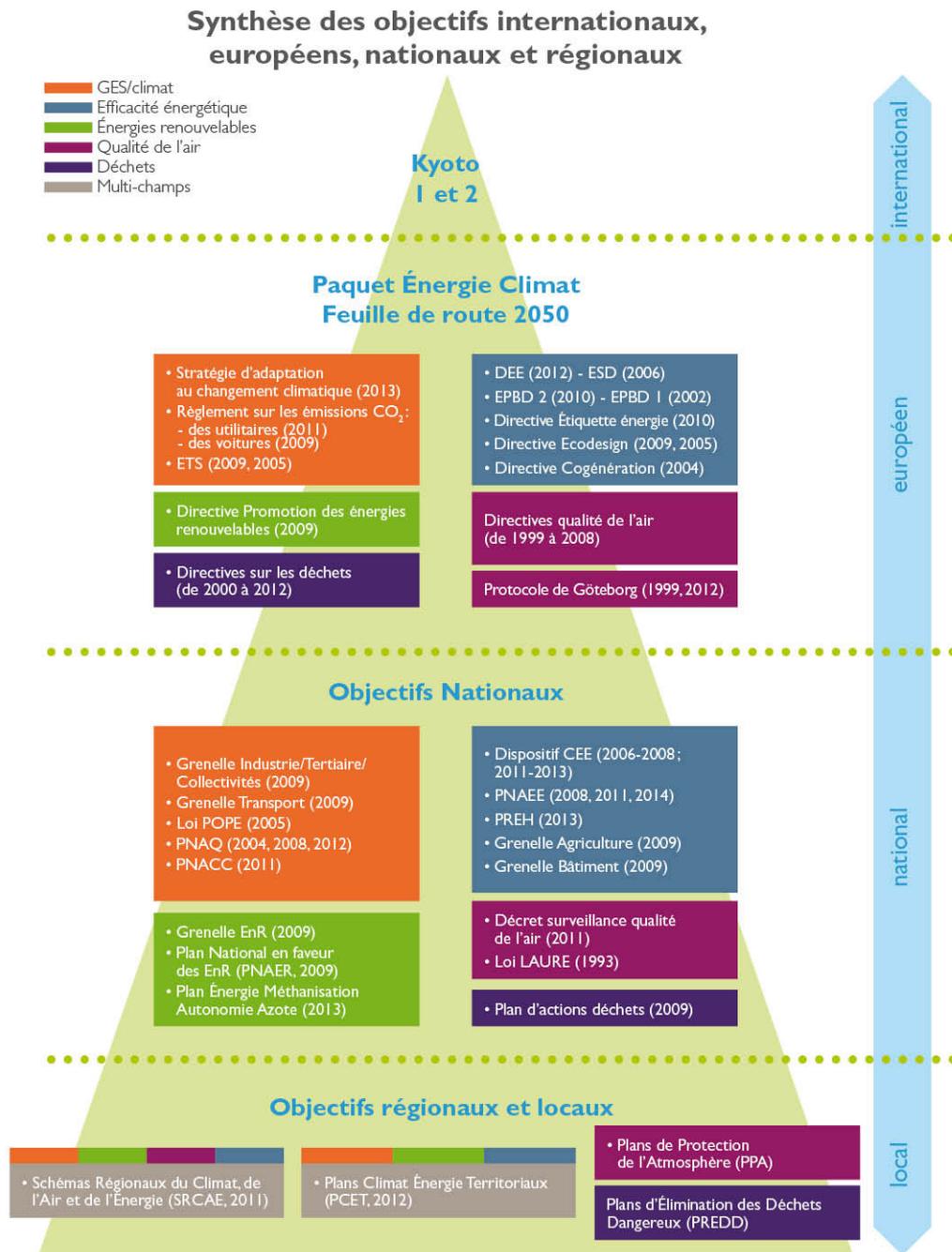


Figure 2 : Synthèse des objectifs internationaux, européens, nationaux et régionaux <sup>2</sup>

Source: ADEME, 2014, *Climat, Air et Énergie: Chiffres clés*, p.15 [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-climat-air-energie-2014/appli.html>, consulté le 17 décembre 2015

## SOURCES

<sup>1</sup> CGDD. *Chiffres clés de l'environnement, Édition 2015*, p. 7. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_environnement\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_environnement_2015.pdf), consulté le 09 mai 2016

<sup>2</sup> ADEME. *Climat, Air et Énergie Edition 2014*. [en ligne] URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-climat-air-energie-2014/appli.html>, consulté le 17 décembre 2015

# Evolution du cadre réglementaire (bâtiment)

## Cadre réglementaire pour le bâtiment mondial

Au regard de l'évolution du cadre réglementaire mondial, européen et français, on remarque depuis les années 2000 une croissance importante de la réglementation contraignante relative au secteur du bâtiment, d'abord sur les dimensions purement énergétiques, puis de plus en plus sur l'ensemble des dimensions environnementales.

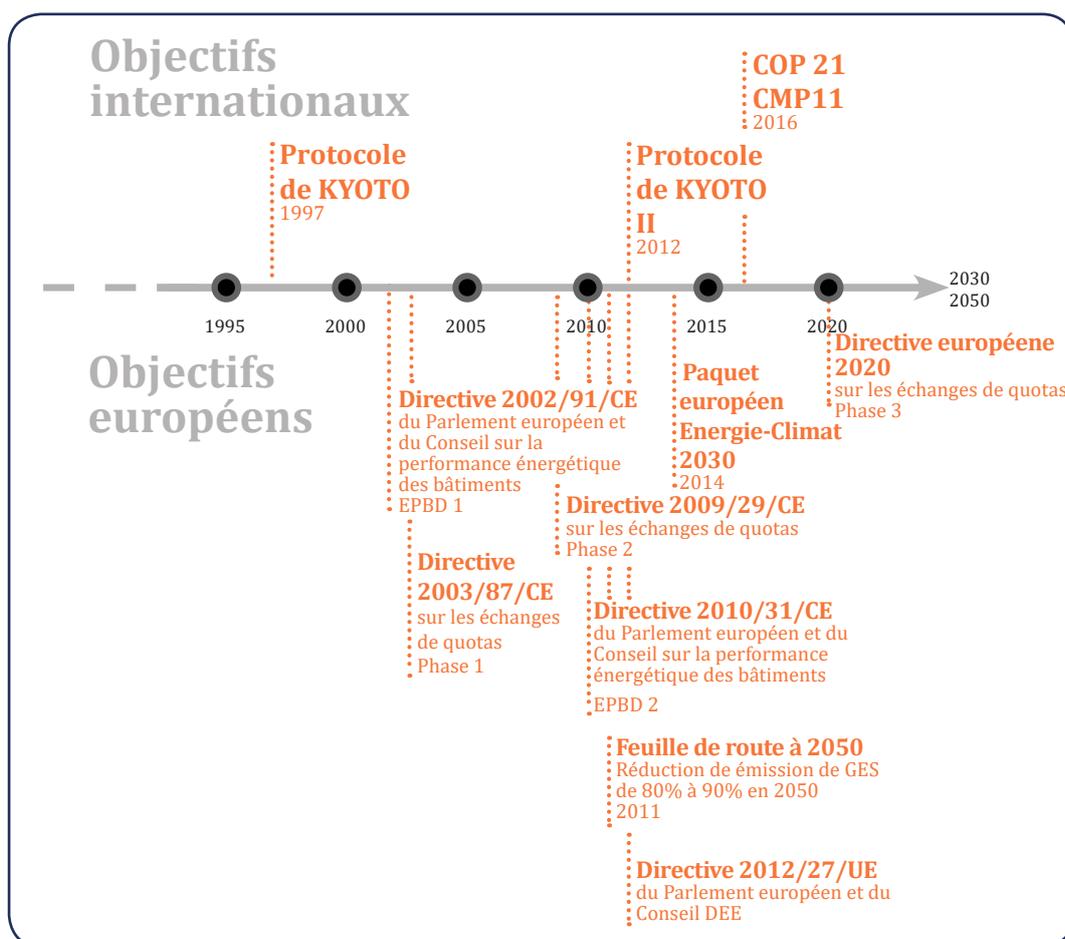


Figure 1 : Frise chronologique du cadre réglementaire européen et mondial pour le secteur du bâtiment  
Source: CEEBIOS

## Cadre réglementaire pour le bâtiment en France

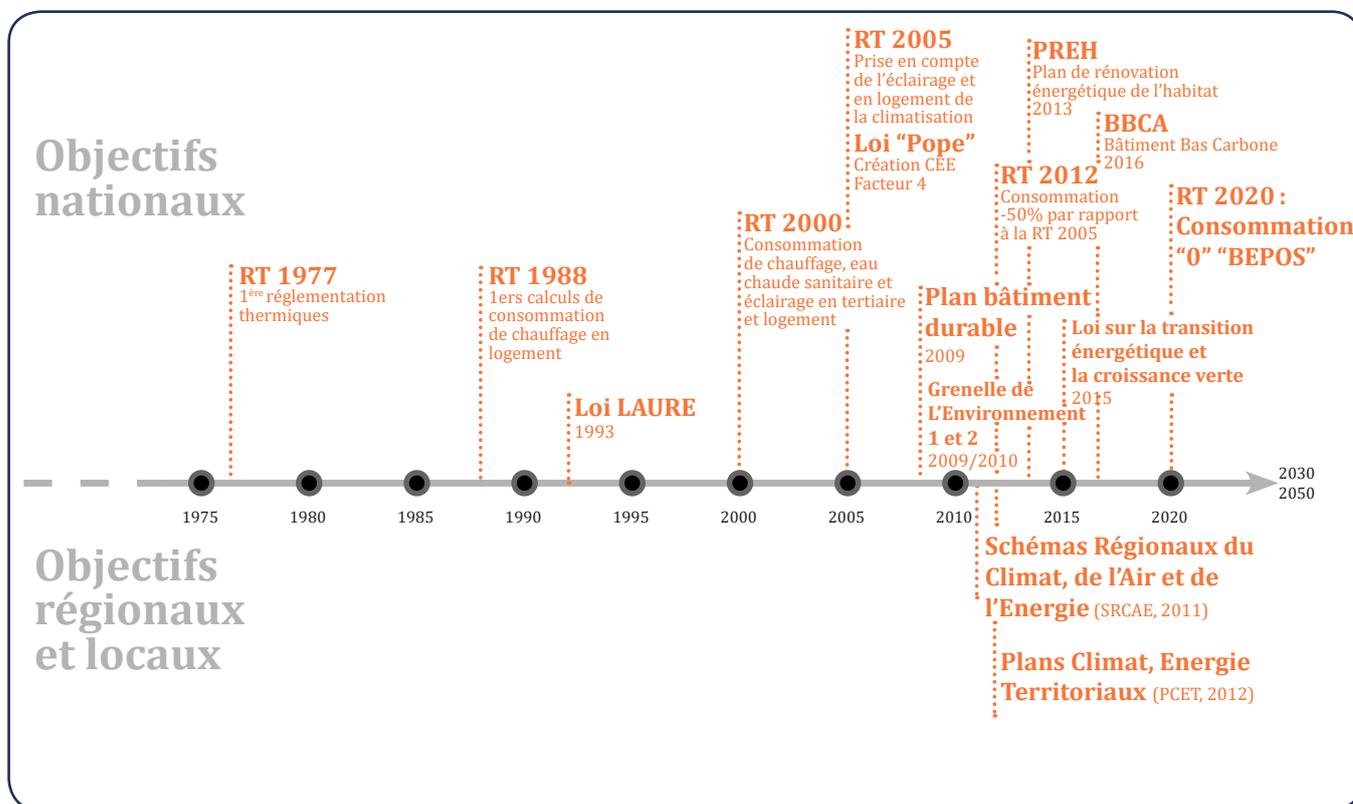


Figure 2 : Frise chronologique du cadre réglementaire français pour le secteur du bâtiment  
Source: CEEBIOS

### EN SAVOIR PLUS

- <http://www.rt-batiment.fr/>
- <http://www.rt-2020.com/index.php>
- <https://www.legifrance.gouv.fr/>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-Grenelle-de-l-environnement-de-.html>
- <http://www.logement.gouv.fr/le-plan-de-renovation-energetique-de-l-habitat>
- <http://www.srcae-idf.fr/>
- <http://www.pcet-ademe.fr/>
- <http://www.ademe.fr>
- [http://unfccc.int/portal\\_francophone/essential\\_background/kyoto\\_protocol/text\\_of\\_the\\_kyoto\\_protocol/items/3275.php](http://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/kyoto_protocol/text_of_the_kyoto_protocol/items/3275.php)
- <http://www.cop21.gouv.fr/>
- <http://www.horizon2020.gouv.fr/>
- <http://www.certivea.fr/certifications/label-bbca-batiment-bas-carbone>
- <http://www.chabbi.fr/2012/07/rt2012-reglementation-thermique/>

# Plan bâtiment durable

## Présentation<sup>1</sup>

Lancé en janvier 2009, 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 de ce secteur.**

Rattaché à la Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM) et du Ministère du Logement et de l'Habitat durable (MLH), le Plan Bâtiment Durable a pour objectif :

- **La mise en place de la transition énergétique dans le secteur du bâtiment.**

Pour cela la mission :

- **Informe des évolutions réglementaires.**
- **Sensibilise aux nouveaux enjeux.**
- **Accompagne les acteurs dans leurs projets.**
- **Assure le lien permanent avec les cabinets ministériels et les administrations concernées.**
- **Mesure le bon déploiement du Plan Bâtiment Durable.**
- **Organise la concertation nécessaire dans l'élaboration des textes législatifs et réglementaires.**
- **Veille à ce que les mesures proposées soient en bonne adéquation avec les attentes des professionnels et de la société civile.**



Rapports importants identifiés :

- **Rapport d'activité du Plan Bâtiment Durable 2015<sup>2</sup>**
- **Rapport du groupe de travail "Bâtiment et biodiversité"<sup>3</sup>**
- **Note RBR 2020-2050 "Bepos, PV et réseau électrique"<sup>4</sup>**
- **Note RBR 2020-2050 "Vers des bâtiments bas carbone"<sup>5</sup>**
- **Rapport "Rénovation Énergétique et Filière Bâtiment".<sup>6</sup>**

## Objectifs environnementaux <sup>7</sup>

Jusqu'en 2015, les objectifs nationaux en matière d'efficacité énergétique étaient définis par les lois Grenelle I et II du 3 août 2009 et du 12 juillet 2010, qui reprenaient les engagements du protocole de Kyoto et plaçaient l'action dans un temps long, jusqu'en 2050.

Avec l'adoption de la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), publiée au Journal Officiel du 18 août 2015, la France possède de nouveaux objectifs :

- **Diminuer de 40 % les gaz à effet de serre (d'ici 2030).**

*Loi Pope* (diviser par 4 les GES par rapport à 1990 (facteur 4))  
*LTECV* (- 40 % de GES en 2030 par rapport à 1990)

- **Augmenter la proportion des énergies renouvelables à un tiers de la production d'énergie.**

*Directive européenne* (23 % en 2020)  
*LTECV* (32 % en 2030)

- **Diviser par deux la consommation d'énergie en 2050.**

*Loi Grenelle 1* (-38 % avant 2020)  
*LTECV* (-50 % en 2050 par rapport à 2012)

- **Construire des bâtiments neufs aux performances énergétiques et environnementales élevées.**

*Loi Grenelle 1/Loi Grenelle 2*  
*Directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments* (2010)  
*LTECV* (niveau Bâtiment Basse Consommation en 2012 et bâtiment à énergie positive en 2020)

- **Massifier la rénovation énergétique.**

*Loi Grenelle 2* :  
Secteur résidentiel : 500 000 rénovations lourdes par an d'ici à 2017  
Secteur tertiaire : obligation de rénovation du parc tertiaire public et privé avant 2020

*LTECV* :  
Rénover entièrement le parc immobilier aux normes « BBC rénovation » d'ici 2050.  
500 000 logements rénovés à partir de 2017.  
Baisse de la précarité de 15 % d'ici 2020.  
Rénovation des logements privés résidentiels les plus énergivores d'ici 2025.  
Secteur tertiaire : obligation de rénovation du parc tertiaire public et privé avant 2020, objectifs revus tous les 10 ans jusqu'à 2050 pour atteindre -60 % de consommation énergétique en 2050 par rapport à 2010.

- **Mieux maîtriser les consommations liées aux comportements et à l'utilisation d'électricité spécifiques**

*Directive européenne* (éco-conception et étiquetage)  
*LTECV* (communication sur les consommations cachées, identification des appareils les moins performants sur internet, déploiement des compteurs intelligents connectés, ...)

- **COP21 : limiter le réchauffement de la planète entre 1,5 et 2 degrés.**

## SOURCES

<sup>1</sup> Plan Bâtiment Durable. *Qui sommes-nous ?*. [en ligne]. URL : <http://www.planbatimentdurable.fr/qui-sommes-nous-r113.html>. consulté le 10 mai 2016.

<sup>2</sup> Plan Bâtiment durable. *Rapport d'activité 2015*. Février 2016. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport\\_Batiment\\_et\\_Biodiversite\\_liens\\_actifs-2.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport_Batiment_et_Biodiversite_liens_actifs-2.pdf). consulté le 06 mai 2016.

<sup>3</sup> Plan Bâtiment durable. *Rapport du groupe de travail "Bâtiment et biodiversité"*. Décembre 2015. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport\\_Batiment\\_et\\_Biodiversite\\_liens\\_actifs-2.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport_Batiment_et_Biodiversite_liens_actifs-2.pdf). consulté le 06 mai 2016.

<sup>4</sup> Plan Bâtiment durable. *Note RBR 2020-2050: Bepos, PV et réseau électrique*. septembre 2015. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Telecharger\\_la\\_note\\_RBR\\_2020-2050\\_BEPOS\\_PV\\_et\\_Systeme\\_electrique\\_-Septembre\\_2015-3.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Telecharger_la_note_RBR_2020-2050_BEPOS_PV_et_Systeme_electrique_-Septembre_2015-3.pdf). consulté le 06 mai 2016.

<sup>5</sup> Plan Bâtiment durable. *Note RBR 2020-2050 : Vers des bâtiments bas carbone*. Juillet 2015. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/RBR2020\\_vers\\_des\\_batiments\\_bas\\_carbone\\_version\\_finale-3.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/RBR2020_vers_des_batiments_bas_carbone_version_finale-3.pdf). consulté le 06 mai 2016.

<sup>6</sup> Plan Bâtiment durable. *Rapport « Rénovation Énergétique et Filière Bâtiment »*. Juillet 2014. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/140703\\_-\\_Rapport\\_REFB\\_Plan\\_Batiment\\_Durable\\_version\\_definitive.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/140703_-_Rapport_REFB_Plan_Batiment_Durable_version_definitive.pdf). consulté le 06 mai 2016.

<sup>7</sup> Plan Bâtiment Durable. *Objectifs*. [en ligne]. URL : <http://www.planbatimentdurable.fr/objectifs-r115.html>. consulté le 10 mai 2016.

# Normes, certifications et labels (1/2)

## Frise chronologique des principaux labels, normes et certifications

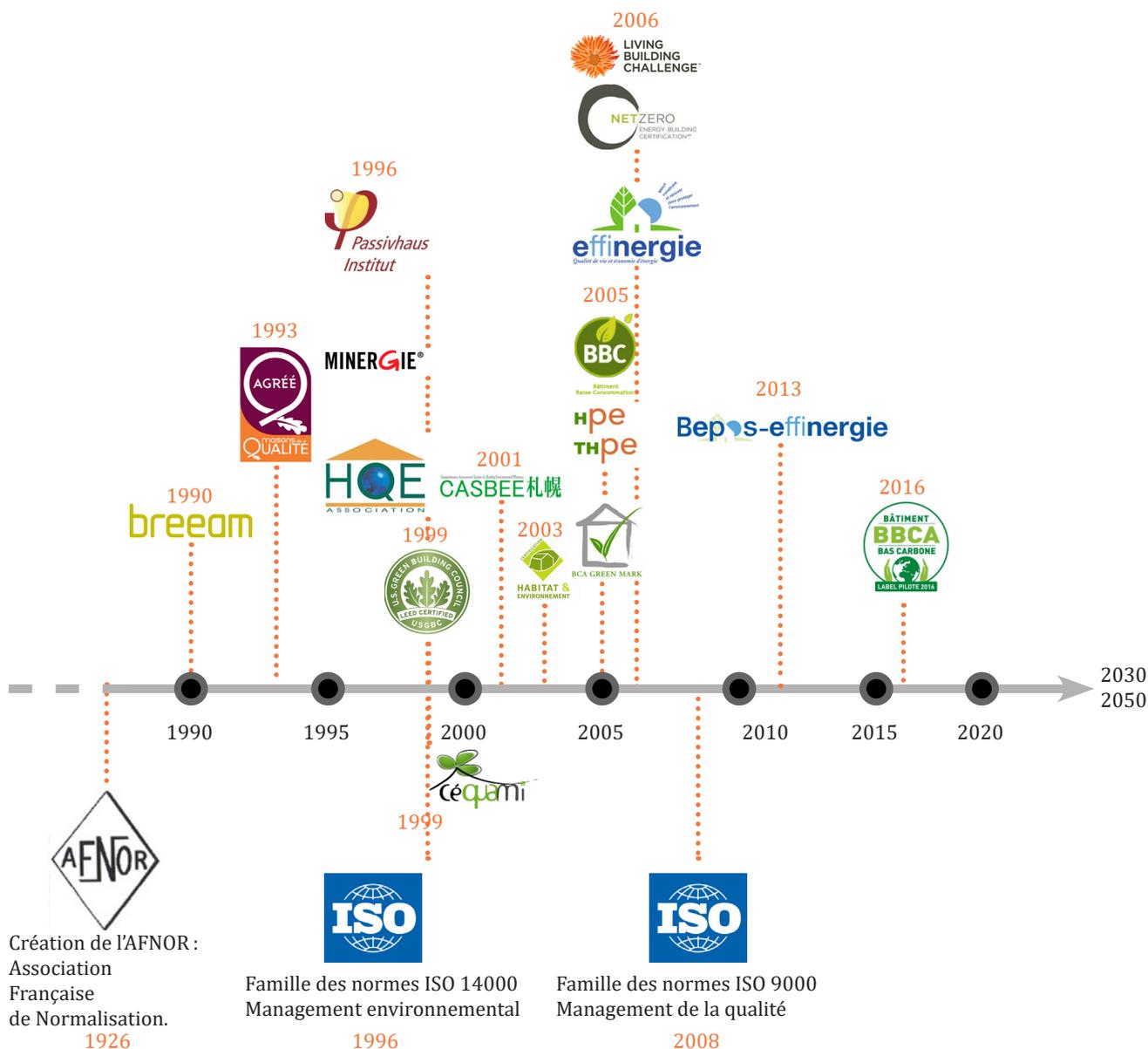


Figure 1 : Frise chronologique des principaux labels, normes et certifications du secteur du bâtiment  
Source: CEEBIOS

Les méthodes d'évaluation environnementale, normes, certification et labels, des bâtiments font partie des outils ayant connu un essor important depuis le début des années 1990, reflet des nouvelles attentes et défis d'un secteur en pleine évolution. Ces outils ayant pour volonté de standardiser et d'améliorer la performance environnementale et énergétique dans le secteur du bâtiment, tendent à devenir de plus en plus contraignant.<sup>1</sup>

## Comparaison des étapes d'évaluation des principaux labels

Label	Planification	Conception	Construction	Fonctionnement
PASSIVHAUS		•		
HQE	•	•	•	
LEED			•	•
MAISON DE QUALITE			•	
H&B	•	•	•	
BBC	•	•	•	
MINERGIE ECO		•	•	•
CASBEE		•	•	•
BREEAM		•		•
GREEN MARK	•	•		•

Figure 2 : Étapes de l'évaluation par les labels

Source : Jonathan Villot, Natacha Gondran et Valérie Laforest, « Labels de la construction : quelle contribution possible au facteur 4 ? », Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 2, n° 1 | Mars 2011, mis en ligne le 07 mars 2011. URL : <http://developpementdurable.revues.org/8834> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.8834. consulté le 17 décembre 2015

Un bâtiment peut être labellisé à différentes étapes de son cycle de vie: durant la planification, son fonctionnement en passant par les phases de conception et de construction.

Les moments de la labellisation jouent un rôle très important sur les résultats et objectifs attendus. Au regard de la figure 2 on remarque le délaissement des phases de planification et de fonctionnement pour un certain nombre de labels.<sup>2</sup>

### SOURCES

<sup>1-2</sup>Jonathan Villot, Natacha Gondran et Valérie Laforest, « Labels de la construction : quelle contribution possible au facteur 4 ? », Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 2, n° 1 | Mars 2011, mis en ligne le 07 mars 2011. URL : <http://developpementdurable.revues.org/8834> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.8834. consulté le 17 décembre 2015

### EN SAVOIR PLUS

- <http://www.afnor.org/>
- <http://www.breeam.com/>
- <http://www.maisons-qualite.com/>
- <http://www.assohqe.org/accueil/>
- <http://www.minergie.fr/>
- <http://www.passiv.de/>
- <http://www.iso.org/iso/fr/iso14000>
- [http://www.iso.org/iso/fr/iso\\_9000](http://www.iso.org/iso/fr/iso_9000)
- <http://www.usgbc.org/leed>
- <http://www.cequami.fr/>
- <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>
- [http://www.bca.gov.sg/greenmark/green\\_mark\\_buildings.html](http://www.bca.gov.sg/greenmark/green_mark_buildings.html)
- <http://www.effinergie.org/web/>
- <http://living-future.org/lbc/certification>
- <http://www.effinergie.org/index.php/les-labels-effinergie/1265-le-label-bepos-effinergie-2013>
- <http://www.certivea.fr/certifications/label-bbca-batiment-bas-carbone>

# Normes, certifications et labels (2/2)

## Analyse comparative des principaux labels et certifications

CERTIFICATION	HQE	BREEAM	LEED	MINERGIE ECO	GREEN STAR	CASBEE	SBTool
							
Origine	France	Grande-Bretagne	États-Unis	Suisse	Australie	Japon	Canada
Année	1993	1990	1999	1996	2003	2001	1996
Notoriété*	150	65 000	7 000	16	65	23	NA
Approche	Démarche	Label	Label	Label	Label	Outil	Cadre générique Auto-évaluation
<b>PROJETS</b>							
Bureau							
Commerce							
Industriel							
Résidentiel							
Éducatif							
Médical							
Autres							
Quartier							
<b>PHASE DU CYCLE DE VIE CONSIDÉRÉE</b>							
Conception		BRE		ECO-DEVIS Fiches ECO-BAU		CASBEE - PD	
Construction		SMART		Ökologisch Bauen - Planung, Projektierung		CASBEE - NC	
Exploitation		Management & Operation				CASBEE - EB	
Fin de vie et Rénovation		BRE + SMART				CASBEE - RN	
<b>CIBLES PRINCIPALES (NOMBRE)</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>28</b>
Site							
Environnement intérieur							
Énergie							
Ressources et matériaux							
Eau							
Transport							
Santé							
Confort							
Gestion							
Qualité d'usage							
Esthétisme							
Fonctionnalité							
<b>COUVERTURE DES ENJEUX</b>							
Enjeux SOCIAUX							
Enjeux ÉCONOMIQUES							
Analyse en COÛT GLOBAL							
Intégration des spécificités LOCALES							
FLEXIBILITÉ de l'analyse							
Vision LONG TERME							
<b>SPÉCIFICITÉS</b>	Importance relative des critères de bien-être de l'utilisateur	Analyse systématique des surcoûts Nombreux outils associés	Moteur d'innovation	Analyse systématique des surcoûts	Moteur d'innovation	Introduit le concept de «BEE», Building Environmental Efficiency	Exhaustivité de l'analyse des enjeux Évolutivité forte
<b>NIVEAUX D'ÉVALUATION</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

 Pris en compte par le label.

\* Notoriété : nombre de projets certifiés (données 2007).

Figure 1 : Analyse comparative des principaux labels et certifications

Source : Utopies Consulting, *Construction durable : Panorama des solutions technique*. [en ligne].  
URL : <http://www.constructiondurable.com/docs/RapportConstruction2009.pdf>, consulté le 17 décembre 2015

Dans le rapport « *Construction durable : Panorama des solutions technique* » paru en 2009, la société de conseil Utopies propose un état des lieux des champs d'étude et des éléments de mise en œuvre des 7 principaux référentiels internationaux (Figure 3)

L'environnement et l'énergie, reste des critères d'évaluation commun aux certifications, mais elles sont de plus en plus nombreuses à intégrer les paramètres de confort et de qualité sanitaire à leur référentiel, à l'image de HQE.<sup>1</sup>

## Analyse comparative des principaux labels et certifications par la CBRE

Il est très difficile de comparer les labels de performance énergétique. Le CBRE nous propose une comparaison des principaux labels et certifications en prenant en compte 8 critères comme les modes de calcul, les postes de consommation pris en compte ou encore les différentes méthodes d'évaluation.<sup>2</sup>

LE MATCH  
 LABELS PERFORMANCE ÉNERGETIQUE

#13  
Juin 2015

**LES LABELS DE PERFORMANCE ÉNERGETIQUE - BÂTIMENTS TERTIAIRES DE BUREAUX**

Les labels d'origine française sont connus et reconnus toutefois les labels suisse et allemand sont de plus en plus présents et pas seulement sur les secteurs géographiques transfrontaliers



Sources : CERTIVÉA, OBSERVATOIRE BBC, MINERGIE, PRESTATERRRE, LA MAISON PASSIVE, PASSHAUSS INSTITUTE

	FRANCE				SUISSE		ALLEMAGNE	
	Haute / Très Haute Performance énergétique	BC Effinergie Rénovation Effinergie Rénovation	BBC Effinergie 2005	Effinergie + / BEPOS	MINERGIE-Standard®	MINERGIE P® (passif)	Bâtiment Passif	EnerPHit
	 / 							
APPLICABLE POUR : Rénovation ↑ Neuf ↓ ET EN FRANCE DEPUIS...	↑ 2007 <small>N'est plus applicable</small>	↓ 2009	↑ 2007 <small>N'est plus applicable</small>	↓ 2013	↑ 2000	↓	↑ 2007	↓
COÛT APPROXIMATIF POUR 10 000m <sup>2</sup>	10 700 €				23 000 €		6 000 €	
OPÉRATIONS EN FRANCE / DONT IDF	106 / 60	79 / 56	415 / 113	7 / 3	39 / 3		18 / 3	
ORGANISME CERTIFICATEUR								
MÉTHODE DE CALCUL	 Moteur de calcul de la réglementation thermique française RT				Outil Excel Minergie		Logiciel PHPP Outil Excel Passive House	
POSTES DE CONSOMMATION	     				   		      	
PROCÉDURE	  				  		 	
PERFORMANCE	RT2005 -10% / -20%		RT Existant globale -40%		RT2005 -50%		RT2012 -40% / Production d'énergie > Consommation	
					38 kWh/an/m <sup>2</sup> / 60 kWh/an/m <sup>2</sup>		30 kWh/an/m <sup>2</sup> / + kWh/an/m <sup>2</sup> < 15	
							< 120 kWh/m <sup>2</sup> /an	
							+ kWh/m <sup>2</sup> /an < 15 / + kWh/m <sup>2</sup> /an < 25	

Figure 2 : Analyse comparative des principaux labels et certifications (CBRE)

Source : CBRE. Match #13 des labels de performance énergétique. [en ligne].

URL : <http://www.cartonspleins.fr/match-13-des-labels-de-performance-energetique/>. consulté le 09 mai 2015

## SOURCES

<sup>1</sup>Utopies Consulting, *Construction durable : Panorama des solutions technique*, [en ligne].

URL : <http://www.constructiondurable.com/docs/RapportConstruction2009.pdf>. consulté le 17 décembre 2015

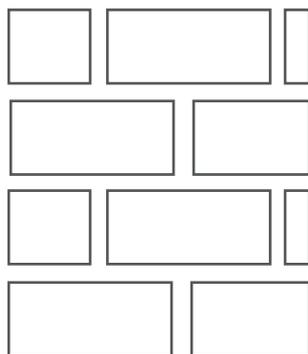
<sup>2</sup>CBRE. Match #13 des labels de performance énergétique. [en ligne]. URL : <http://www.cartonspleins.fr/match-13-des-labels-de-performance-energetique/>. consulté le 09 mai 2015

# Principaux défis

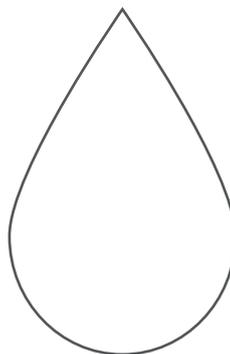
Au regard des tendances climatiques, démographiques, sociétales et réglementaires 8 défis ont été identifiés<sup>1</sup> :



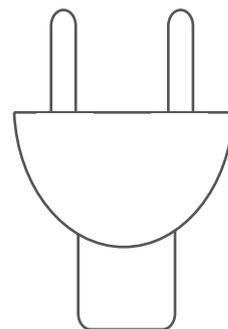
Site



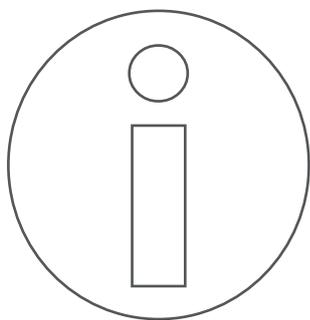
Matériaux de construction



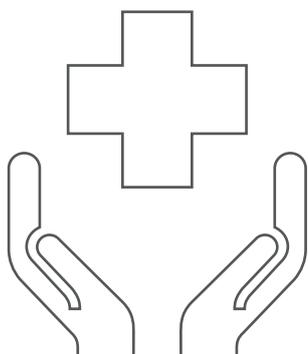
Qualité de l'eau



Energie



Information



Santé  
Bien-être



Equité



Identité



Ecosystème



Defi transversal

## **SOURCES**

<sup>1</sup>CEEBIOS. 2016. Cahier des charges "Habitat bio-inspiré".

# Initiatives historiques<sup>1</sup>

## Architecture vernaculaire

L'architecture vernaculaire, en raison de l'économie de moyens imposée par des civilisations longtemps basées sur l'agriculture, l'élevage ou la pêche, a permis de créer des maisons et des villes particulièrement respectueuses de l'environnement et des hommes :

- Matériaux locaux naturels
- Main d'oeuvre et savoir-faire locaux
- Choix idoine de l'emplacement pour exploiter au mieux les ressources naturelles du site (soleil, eau, vent, végétation,...)
- Architecture bioclimatique
- Habitat entretenu facilement et évolutif
- Habitat totalement biodégradable (dont de nombreux exemplaires sont encore debout après plusieurs milliers d'années).

Ce savoir-faire ancestral a perduré jusque dans nos campagnes où les paysans construisaient leurs fermes en appliquant des principes de bon sens qui semblent aujourd'hui oubliés :

- Implantation hors des zones à risques .
- Proche de points d'eau (parfois présents dans la maison elle-même).
- Exploitation des matériaux disponibles aux alentours, pour minimiser les transports.
- Pas d'ouverture au Nord, pas ou peu d'ouverture à l'Est ou à l'Ouest, en raison de la plus grande chaleur du soleil l'après-midi.
- Murs épais en pierre, en terre ou en madriers, apportant une forte isolation et grande inertie thermique au bâti.
- Végétation sur la façade Sud.
- Pièces tampons adossées ou à l'intérieur de la ferme de la ferme, telles que le cellier ou l'étable.
- Cheminées dans les murs de refend, permettant de chauffer et de ne pas perdre la chaleur.

- Puits canadiens ou provençaux, amenant l'air extérieur pour la réchauffer en hiver et la rafraîchir en été.
- Cheminées provençales permettant d'évacuer l'air chaud et refroidissant la maison.
- Zones d'occupation variant avec les heures de la journée ou des saisons.

Selon l'article *"L'architecture vernaculaire, quand l'habitat se fond dans son environnement"* publié en 2014 dans *Le Monde*, l'architecte Philippe Madec estime que la réactualisation du vernaculaire *"s'inscrit pleinement dans notre époque et répond parfaitement aux questions actuelles sur l'avenir de la planète en s'appuyant sur le recyclage de matériaux locaux aux vertus bioclimatiques"*



**Figure 1 : Ville de Shibam au Yémen**

Source : [http://architecturalmetabolism.blogspot.fr/2012/07/blog-post\\_30.html](http://architecturalmetabolism.blogspot.fr/2012/07/blog-post_30.html)  
la ville de Shibam est entièrement auto-construite avec les principes de construction de l'architecture vernaculaire elle est composée de 500 immeubles qui datent pour la plupart du XVI<sup>e</sup> siècle et dont certains atteignent 8 étages et 30 mètres de haut, entièrement construits à la main, sans outil, à partir de la technique de la brique de terre moulée appelée adobe.

## Architecture japonaise

L'architecture vernaculaire construisait en harmonie avec son environnement, mais dans une logique rationnelle et anthropocentrique: il fallait optimiser les ressources disponibles, qu'elles soient humaines, matérielles ou naturelles.

La nature était dès lors avant tout une ressource et souvent une contrainte dont il fallait se protéger. L'architecture traditionnelle japonaise diffère en cela qu'elle accorde une dimension spirituelle à la nature.

L'espace présent entre les zones naturelles sauvages qui abritent les *kami* (traduction japonaise du mot "esprit") et les zones habitées par les hommes s'appelle le *kekkaï*, et serait à l'origine du jardin japonais.

Le *kekkaï* représente l'importance de la connexion entre l'intérieur et l'extérieur, et l'équilibre entre nature et architecture. Empruntant ses matériaux à la nature, le jardin japonais fait l'objet de tous les soins afin de respecter les éventuels *kami* qui y seraient hébergés.



**Figure 2 : Intérieur de maison traditionnelle japonaise**

Source : Kanazawa city, JNTO

## Architecture organique

L'architecture organique est souvent considérée comme une source d'influence importante de l'architecture durable en raison du concept d'intégration du bâtiment dans son environnement qu'elle développa. Or il se trouve que son fondateur, le célèbre architecte américain *Frank Lloyd Wright* (1867-1959), découvrit très tôt dans sa carrière (à 26ans) l'architecture japonaise lors de l'exposition colombienne de 1893 à Chicago où était reconstitué un temple Shinto, le palais Katsura, qui fût pour lui une véritable révélation. Ce n'est pas avant 1939 que *Frank Lloyd Wright* inventa le concept d' « *Organic Architecture* », mais il prôna tôt l'harmonie entre l'habitat humain et la Nature.

Il considérait la nature comme l'ultime modèle où « *forme et fonction ne font plus qu'un* » et concevait ses bâtiments comme des organismes parfaitement intégrés à leur environnement. Pour lui, le bâtiment devait croître de l'intérieur vers l'extérieur, comme une plante se développe, et générer un flux organique entre les espaces intérieurs et extérieurs.

Choix de l'emplacement, optimisation des apports lumineux, cadrage des vues, grands espaces ouvrants sur la nature,...la maison devait donner l'impression à ses habitants de ne faire qu'un avec leur environnement naturel.



Figure 2 : *Maison sur la cascade, 1936-39, Pensylvanie – architecte Frank Lloyd Wright*

Source : <http://www.laurelhighlands.org/things-to-do/arts-culture/frank-lloyd-wright/>

## Architecture solaire

Face aux idées rationalistes et fonctionnalistes des grands architectes de l'après-guerre, les premières expériences d'architecture durable seront en grande partie motivées par des préoccupations politiques, tant celles de l'autonomie sociale et de l'indépendance vis-à-vis d'un Etat et d'un système industriel aliénant l'individu, que celles d'une nouvelle relation à la nature, qui mèneront de nombreuses personnes dans les années 70 vers l'auto-construction et l'architecture solaire.

Des pionniers de l'architecture douce comme Richard Buckminster Fuller avec ses dômes géodésiques ou encore Steve Baer (1938), inventeur américain de technologies solaires, ont défendu avant tout le retour au travail manuel, considéré comme clé de l'indépendance et source de réalisation personnel.

Nombre d'auto-constructeurs de cette période prônent également un retour aux techniques de l'architecture vernaculaire, à l'ethno-architecture et renouent avec les principes de matériaux naturels (bois, bambou, pisé, brique de balle de riz...).

Il ne s'agit pas pourtant de renier le progrès scientifique et technologique, bien au contraire : on cherche par exemple à théoriser l'architecture bioclimatique tant pour lui donner un fondement scientifique que pour apporter plus d'autonomie à l'auto-constructeur vis-à-vis des architectes et professionnels du bâtiment.

Il en va ainsi également de l'emploi de nouvelles technologies comme par exemple le photovoltaïque, l'hydroélectricité ou encore la géothermie.

Il en est également de même pour certains matériaux de construction comme la mousse polyuréthane, le béton ou encore l'amiante, dont la notion d'empreinte écologique ou les effets nocifs sur la santé ne sont pas encore pris en compte.

Ces expériences débouchent sur de nombreuses innovations autour du concept « d'architecture solaire » et de « maison solaire », comme par exemple la maison solaire passive de Karen Terry au Nouveau-Mexique (1974), conçue par l'architecte David Wright. En France, Guy Rottier (1922), architecte et ingénieur, conceptualisera la maison solaire comme une maison dont toutes les parois (murs, cloisons, plafonds, toitures) sont composées de fenêtres comportant trois panneaux coulissants de sorte de permettre tous les degrés d'ouverture à l'habitation en fonction de la régulation thermique souhaitée ou de la communication avec la nature. Aujourd'hui, les Earthships de l'architecte américain Mike Reynolds, dont les premiers exemplaires datent aussi des années 70, représentent peut-être l'exemple le plus illustratif de ces démarches.

La philosophie des maisons Earthships est basée sur trois principes :

1. Être construites avec des matériaux les plus abondants (la terre) ou des matériaux recyclés (pneus, bouteilles, canettes,...)
2. Être totalement autonomes et déconnectées des réseaux d'énergie et d'eau (« off grid »)
3. Être constructibles par des personnes à revenus modestes et sans qualification spécialisée en bâtiment.

## SOURCES

<sup>1</sup> Olivier Scheffer. *L'architecture durable: des sources vernaculaires à BedZed*. 2016. [en ligne]. URL: <http://bit.ly/architecture-durable>. consulté le 25 mai 2016.

# Initiatives actuelles<sup>1</sup>

## Architecture écologique

Si le gaspillage énergétique reste au coeur des préoccupations pendant les années 80 à 2000, la période voit également s'inviter dans le débat de l'architecture écologique deux nouveaux problèmes :

- Les atteintes à la nature et à la biodiversité
- La prise de conscience des effets des activités humaines sur la biosphère (gaz à effet de serre, pollutions), et la santé de l'homme dans son habitat, suite notamment aux scandales de l'amiante, des formaldéhydes et autres produits chimiques utilisés dans la construction.

Pour limiter les effets du premier, les énergies renouvelables, et notamment le photovoltaïque et l'éolien, reviennent sur le devant de la scène, après avoir été éclipsées dans les années 80 par la baisse du prix du pétrole et la reprise de la croissance. Les énergies fossiles sont traquées jusque dans les matériaux de construction à travers les concepts d'énergie grise et de bilan carbone. Le bois ressort alors comme le matériau écologique par essence.

De nouvelles filières industrielles se créent en Finlande, Scandinavie, Allemagne, Suisse et Autriche, autour du concept de « Maison passive ».

En France, Roland Schweitzer (1925), élève d'Auguste Perret et de Jean Prouvé à l'École Nationale Supérieure des Beaux-Arts de Paris, réintroduit l'usage du bois dans la construction durant les années 80.

Il réalise en particulier en 1984 le Pavillon de Direction de l'Auberge de Jeunesse du Moulin-Blanc, à Brest, maison à ossature bois, en structure poteaux-poutres sur pilotis, dont l'énergie provient des apports directs par les baies vitrées et un shed orienté sud.

En 1980, *Françoise-Hélène Jourda* (1955-2015) ouvrent avec *Gilles Perraudin* (1949) à Lyon une agence d'architecture spécialisée dans les constructions écologiques et le développement durable.

L'architecte a livré avant son décès en 2015 la réhabilitation de la Halle Pajol à Paris, opération qui se veut un projet pilote et manifeste pour la ville de Paris, avec une empreinte écologique minimale, grâce à un traitement particulièrement attentif des éléments suivants :

1. Flexibilité, démontabilité, déconstructibilité
2. Un bâtiment à énergie positive, des besoins en chauffages quasiment nuls.
3. Economie et bonne gestion des ressources, en air, en eau, en matériau.
4. Le confort lumineux.
5. Préservation de la biodiversité.
6. Chantier propre.
7. L'entretien et la maintenance.
8. Le carnet de suivi technique du bâtiment.
9. Communication et pédagogie.

Cette période de développement de l'architecture écologique culminera avec le Beddington Zero Energy Development, plus connu sous le nom de « BedZED », écoquartier résidentiel construit au sud de Londres en 2001-2002 par l'architecte Bill Dunster.

Une Analyse du cycle de vie (ACV) mesure l'impact environnemental de tous les produits et services du quartier, de la construction aux besoins énergétiques, des transports aux activités économiques, sociales et culturelles, et jusqu'à la gestion des déchets, de l'eau et de l'air. Premier ensemble de cette taille à zéro émission à avoir été construit au Royaume-Uni, combinant principes de l'habitat écologique et objectif social, BedZED est devenu rapidement une référence mondiale.



Figure 1 : Pavillon de direction de l'Auberge de jeunesse du Moulin-Blanc - Architecte Roland Schweitzer

Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Auberge\\_de\\_jeunesse\\_de\\_Brest](https://fr.wikipedia.org/wiki/Auberge_de_jeunesse_de_Brest)



Figure 2 : Centre de formation du Mont-Cenis, Herne Sodingen - Architectes Françoise-Hélène Jourda avec Gilles Perraudin et HHS

Source : <http://www.fotocommunity.de/photo/akademie-mont-cenis-herne-3-martin-lindberg/24456605>



Figure 3 : Halle Pajol

Source : [http://www.villaschweppes.com/article/la-halle-pajol-un-coup-de-jeune-dans-le-18e\\_a6261/1](http://www.villaschweppes.com/article/la-halle-pajol-un-coup-de-jeune-dans-le-18e_a6261/1)

De nombreux autres architectes français, tels que *l'Atelier de l'Entre* (Yves Perret, Marie-Renée Desages, Aline Duverger), *Patrick Bouchain* (1945), *Patrice Genet* (1954), *Philippe Madec* (1954), *Edouard François* (1958), ou plus récemment *Sonia Cortesse et Bruno Mader*, ont développé une approche écoresponsable du projet architectural.

A l'étranger, l'agence danoise Tegnestuen Vandkunsten, pionnière en son pays, les américains de Rural Studio exploitant les matériaux recyclés, les autrichiens Martin Rauch, spécialiste des constructions en terre, et Wolfgang Ritsch, spécialiste des constructions bois, l'anglaise Sarah Wigglesworth, et sa maison-atelier-bureau en paille, ou encore le finlandais Olavi Koponen, s'inscrivent tous dans cette voie d'une architecture durable respectueuse de l'homme et de l'environnement.

Cette période de développement de l'architecture écologique culminera avec le Beddington Zero Energy Development, plus connu sous le nom de « BedZED », écoquartier résidentiel construit au sud de Londres en 2001-2002 par l'architecte Bill Dunster. Une Analyse du cycle de vie (ACV) mesure l'impact environnemental de tous les produits et services du quartier, de la construction aux besoins énergétiques, des transports aux activités économiques, sociales et culturelles, et jusqu'à la gestion des déchets, de l'eau et de l'air. Premier ensemble de cette taille à zéro émission à avoir été construit au Royaume-Uni, combinant principes de l'habitat écologique et objectif social, BedZED est devenu rapidement une référence mondiale.



Figure 4 : *L'immeuble qui pousse* - Architecte Édouard François - Montpellier France

Source : <http://www.edouardfrancois.com/projets/tous-les-projets/article/256/limmeuble-qui-pousse/#.V0wwNpGLShc>



Figure 5 : *Beddington Zero Energy Development (BedZED)*

Source : <https://en.wikipedia.org/wiki/BedZED>

## SOURCES

<sup>1</sup> Olivier Scheffer. *L'architecture durable: des sources vernaculaires à BedZed*. 2016. [en ligne]. URL: <http://bit.ly/architecture-durable>. consulté le 25 mai 2016.

# Initiatives actuelles : Villes durables, Eco-Quartiers et Eco-Cités

## Le développement des éco-quartiers en Europe et en France

Dans la lignée de BedZed, de nombreux autres éco-quartiers ont vu le jour en Europe : Kronsberg à Hanovre, Hammarby Sjöstad à Stockholm, Vesterbro à Copenhague, Eco-Viiki à Helsinki, EVA-Lanxmeer à Culemborg (Pays-Bas), et bien-sûr les trois éco-quartiers de Freiburg (Vauban, Rieselfeld, Weingarten).<sup>1</sup>

En France, on dénombre à ce jour quelques dizaines d'éco-quartiers aménagés (Les Brichères à Auxerre, la ZAC de Bonne à Grenoble, l'Eco-quartier du Peyrouat à Mont-de-Marsan, Wagner à Mulhouse, ou encore la Courrouze à Rennes), ainsi que plusieurs centaines en projets<sup>2</sup>, suite notamment à la dynamique mise en place par la démarche nationale EcoQuartier<sup>3</sup> en 2008 : trois vagues d'appels à projets EcoQuartiers (2008 à 2015), création du label EcoQuartier en décembre 2012, et 39 EcoQuartiers officiellement labellisés au 1er janvier 2016 (soit plus de 55.000 logements) et 98 diplômés « Engagé dans la labellisation »<sup>4</sup>, sur 500 candidatures au total - ainsi qu'un accompagnement assuré par le groupe Caisse des Dépôts.<sup>5</sup>

La démarche nationale EcoQuartier se veut répondre à des enjeux larges d'urbanisme durable :

- La transition écologique en milieux urbains
- L'égalité des territoires
- L'objectif des 500.000 logements annuels

La charte EcoQuartier<sup>6</sup> menant au Label National EcoQuartier<sup>7</sup>, s'appuie sur quatre piliers déclinés en vingt engagements (voir figure 2 ci-contre) :

- L'implication de tous les acteurs et la concertation
- L'amélioration du cadre de vie
- La contribution au dynamisme économique et territorial
- La gestion responsable des ressources et l'adaptation au changement climatique

Les 20 engagements seront évalués durant la durée de vie de l'EcoQuartier par des experts sur la base d'une grille de critères adaptés en-cours de développement par le Ministère du Logement et de l'Habitat Durable (due courant 2016).

A la démarche nationale EcoQuartier se sont ajoutées d'autres appels à projet régionaux, comme par exemple celui des Nouveaux Quartiers Urbains (NQU) en Ile-de-France (2009 – 2011 : 77 projets)<sup>8</sup>.

A noter également, les multiples appels à projet sur les briques technologiques et bâtiments et quartiers démonstrateurs, proposés par le MEDDE, l'ADEME ou les régions<sup>9</sup>.



Figure 1 : Les écoQuartier en France

Source : Ministère du logement et de l'habitat durable. Éco Quartiers Ensemble vers la ville durable. [en ligne]. URL: [http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/eco-quartiers\\_brochure\\_web.pdf](http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/eco-quartiers_brochure_web.pdf). consulté le 02 juin 2016

### Les 20 engagements de la Charte des EcoQuartiers

1	Réaliser les projets répondant aux besoins de tous en s'appuyant sur les ressources et contraintes du territoire	6	Travailler en priorité sur la ville existante et proposer une densité adaptée pour lutter contre l'étalement urbain	11	Contribuer à un développement économique local équilibré et solidaire	16	Produire un urbanisme permettant d'anticiper et de s'adapter aux changements climatiques et aux risques
2	Formaliser et mettre en œuvre un processus de pilotage et une gouvernance élargie	7	Mettre en œuvre les conditions de la mixité (sociale et intergénérationnelle), du bien-vivre ensemble et de la solidarité	12	Favoriser la diversité des fonctions dans l'optique d'un territoire des courtes distances	17	Viser la sobriété énergétique et la diversification des sources au profit des énergies renouvelables et de récupération
3	Intégrer l'approche en coût global des choix d'investissement	8	Assurer un cadre de vie sain et sûr	13	Optimiser la consommation des ressources et développer les filières locales et les circuits courts	18	Limiter la production des déchets, développer et consolider des filières de valorisation et de recyclage
4	Prendre en compte les pratiques des usagers et les contraintes des gestionnaires dans les choix de conception	9	Mettre en œuvre une qualité architecturale et urbaine qui concilie intensité et qualité de vie	14	Privilégier les mobilités douces et le transport collectif pour réduire la dépendance à l'automobile	19	Préserver la ressource en eau et en assurer une gestion qualitative et économique
5	Mettre en œuvre des démarches d'évaluation et d'améliation continues	10	Valoriser le patrimoine local (naturel et bâti), l'histoire et l'identité du quartier	15	Favoriser la transition numérique en facilitant le déploiement des réseaux et des services innovants	20	Préserver et valoriser la biodiversité, les sols et les milieux naturels

Figure 2 : Les 20 engagements de la Charte des EcoQuartiers

Source : Ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité. Dossier de Labellisation. 2015. [en ligne]. URL: [http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/150213\\_dossier\\_labellisation2015.pdf](http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/150213_dossier_labellisation2015.pdf). consulté le 02 juin 2016

## SOURCES

- <sup>1</sup> ADEME. *Urbanisme - énergie : les éco-quartiers en Europe*. Janvier 2008. [en ligne]. URL: [http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/ademe\\_eco\\_quartiers\\_fr.pdf](http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/ademe_eco_quartiers_fr.pdf). consulté le 02 juin 2016.
- <sup>2</sup> Wikipedia. *Écoquartier*. [en ligne]. URL: <https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89coquartier#Projets>. consulté le 02 juin 2016.
- <sup>3</sup> Ministère du logement et de l'habitat durable. *Les EcoQuartiers*. Décembre 2015. [en ligne]. URL: <http://www.logement.gouv.fr/les-ecoquartiers>. consulté le 02 juin 2016.
- <sup>4</sup> Ministère du logement et de l'habitat durable. *Éco Quartiers Ensemble vers la ville durable*. [en ligne]. URL: [http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/eco-quartiers\\_brochure\\_web.pdf](http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/eco-quartiers_brochure_web.pdf). consulté le 02 juin 2016.
- <sup>5</sup> Caisse des Dépôts. *Démarche écoquartiers de la Caisse des Dépôts*. 2009. [en ligne]. URL: <http://www.comite21.org/docs/actualites-adherents/actu-entreprises/dp-ecoquartier-caissedesdepots1.pdf>. consulté le 02 juin 2016.
- <sup>6</sup> Ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité. *La charte des ÉcoQuartiers*. 2015. [en ligne]. URL: [http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/charte\\_ecoquartier\\_2015.pdf](http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/charte_ecoquartier_2015.pdf). consulté le 02 juin 2016
- <sup>7</sup> Ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité. *Dossier de Labellisation*. 2015. [en ligne]. URL: [http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/150213\\_dossier\\_labellisation2015.pdf](http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/150213_dossier_labellisation2015.pdf). consulté le 02 juin 2016
- <sup>8</sup> L'Encyclopédie du développement durable. *Quartiers durables, premières analyses franciliennes*. [en ligne]. URL: <http://encyclopedie-dd.org/encyclopedie/territoires/quartiers-durables-premieres.html>. consulté le 02 juin 2016.

## EN SAVOIR PLUS

- [http://www.energy-cities.eu/spip.php?page=recherche&id\\_rubrique=67&recherche=%C3%A9coquartiers&ok.x=0&ok.y=0&ok=OK](http://www.energy-cities.eu/spip.php?page=recherche&id_rubrique=67&recherche=%C3%A9coquartiers&ok.x=0&ok.y=0&ok=OK)

# Initiatives actuelles : Le passage à l'échelle de la ville et du territoire <sup>(1/2)</sup>

## Définition

“La notion de « ville durable » invite les acteurs territoriaux à repenser la ville dans une approche intégrée, prenant en compte les principes de cohérence, d'amélioration continue et de gouvernance partagée et respectant l'interdépendance des exigences environnementales, économiques et politiques. Les différents usages d'une ville : déplacements, habitat, activités économiques, loisirs, etc. doivent être envisagés selon la prise en compte des finalités du développement durable comme la lutte contre le changement climatique, la préservation des ressources, l'économie sociale et environnementale, la santé et le bien-être de tous, la coopération internationale, l'éducation au développement durable.”<sup>1</sup>

## Le concept de ville durable

Un large mouvement mondial se développe autour de la transition énergétique et écologique des villes et des territoires, et de nombreuses villes comme Copenhague, Berlin, Stockholm, Portland ou encore Durban ont mis en place des initiatives liées tant à l'utilisation des sols, aux transports, à la construction, à l'énergie ou encore à la gestion des déchets, comme en atteste l'étude « Going Green : How cities are leading the next economy » de la London School of Economics<sup>2</sup>.

En Europe, l'association *Energy Cities*<sup>3</sup>, créée en 1990, regroupe aujourd'hui 1.000 villes dans 30 pays d'Europe autour des questions de transition énergétique et environnementale, dans le but de partager les meilleures pratiques.

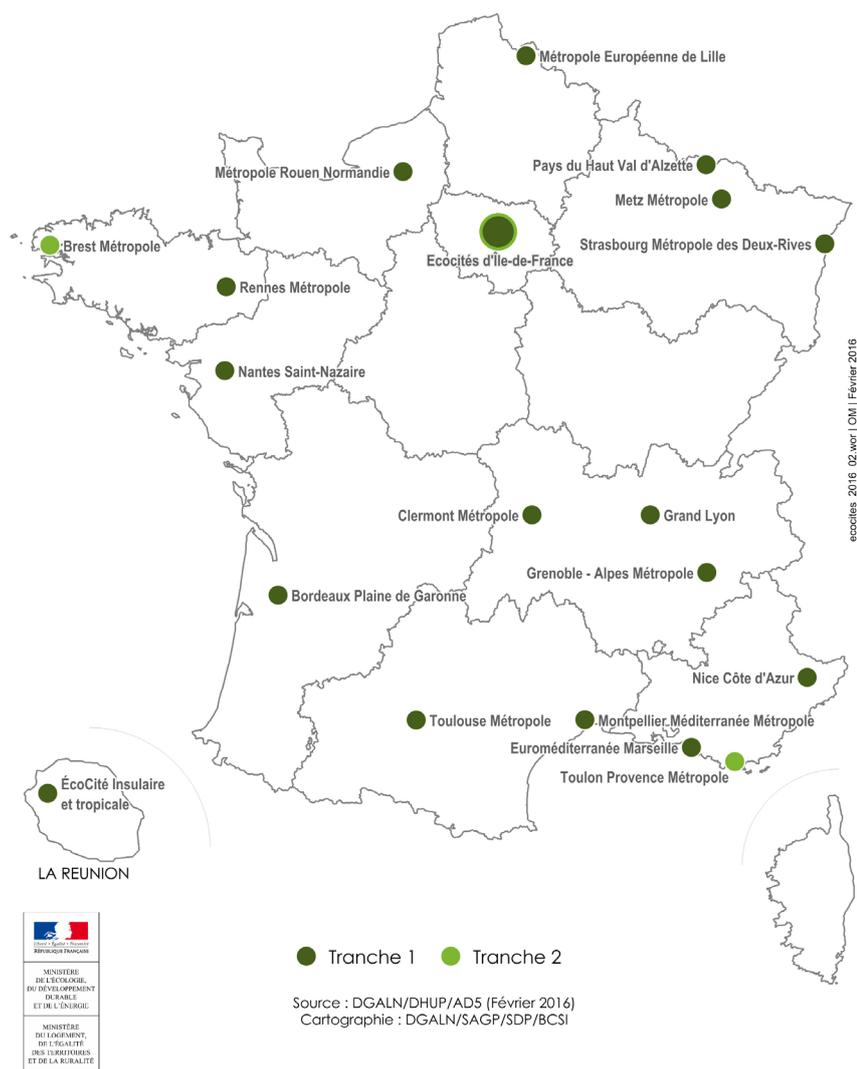
En France, dans la continuité du Grenelle de l'Environnement, le plan d'actions « *Ville Durable* » de 2008 du MEDDE se décline en quatre actions<sup>4</sup> :

- A l'échelle du quartier, la démarche EcoQuartier (voir plus haut)
- A l'échelle de la ville, la démarche EcoCité, avec appui financier et opérationnel de l'Etat<sup>5</sup>, ainsi que l'appel à projets « Démonstrateurs Industriels pour la Ville Durable » (2015)<sup>6</sup>
- Un appel à projets Transports Collectifs permet d'aider les collectivités locales à accélérer le développement des transports collectifs en site propre (TCSP)
- Enfin une grande réflexion nationale préalable au plan « Restaurer et valoriser la nature en ville » se tient depuis juin 2009

Ces réflexions sont menées avec notamment l'appui à la recherche au travers du Pôle Scientifique et Technique Paris-Est, en collaboration avec les pôles de compétitivités Advancity et Cap Digital.

## Les EcoCités françaises

En France 31 territoires ont été sélectionnés pour être soutenus par le programme d'investissements d'avenir (PIA) « Ville de Demain » 2015-2017 (668 M €, piloté par le Commissariat Général à l'Investissement).<sup>7</sup>



## SOURCES

<sup>1</sup> Comité 21. *Le réseau des acteurs du développement durable*. [en ligne]. URL: <http://www.comite21.org/>. consulté le 02 juin 2016.

<sup>2</sup> LSE Cities. *Going Green, How cities are leading the next economy*. [en ligne]. URL: [http://www.globalurban.org/Going-Green-Final-Edition\\_LSE\\_Cities.pdf](http://www.globalurban.org/Going-Green-Final-Edition_LSE_Cities.pdf). consulté le 02 juin 2016.

<sup>3</sup> Energy cities. *L'Association*. [en ligne]. URL: <http://www.energy-cities.eu/-NOUS-CONNAITRE-> consulté le 02 juin 2016.

<sup>4</sup> Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *Le plan d'actions Ville durable*. Revue en 2014. [en ligne]. URL: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-plan-d-actions-Ville-durable.html>. consulté le 02 juin 2016.

<sup>5</sup> Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. *ÉcoCités : les villes du développement durable*. 2008. [en ligne]. URL: [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipwwwmedad/pdf/DGALN-EcoCites\\_-\\_Les\\_villes\\_du\\_developpement\\_durable\\_cle7f576a.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipwwwmedad/pdf/DGALN-EcoCites_-_Les_villes_du_developpement_durable_cle7f576a.pdf). consulté le 02 juin 2016.

<sup>6</sup> Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *11 lauréats de l'appel à projets « Démonstrateurs industriels pour la ville durable »*. 2015. [en ligne]. URL: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/11-laureats-de-l-appel-a-projets.html>. consulté le 02 juin 2016

<sup>7</sup> Ministère du développement Durable, Caisse des dépôts. *Éco cité, territoires soutenus par le programme d'investissements d'avenir Ville de demain, 2015-2017*. [en ligne]. URL: [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DP\\_Ecocite\\_fevrier2016\\_v2.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DP_Ecocite_fevrier2016_v2.pdf). consulté le 02 juin 2016

# Initiatives actuelles : Le passage à l'échelle de la ville et du territoire (2/2)

## La mise en place d'une approche méthodologique de l'urbanisme durable à l'échelle de la ville

L'Etat, les collectivités territoriales et leurs agences, ont développé avec les experts du domaine un certain nombre d'outils et référentiels méthodologiques pour accompagner la conception et l'évaluation de l'aménagement urbain durable à l'échelle de la ville<sup>1</sup>:

- "Reference Framework for Sustainable Cities" européen<sup>2</sup>
  - Grille ÉcoQuartiers du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (en-cours d'élaboration)
  - Démarche HQE aménagement<sup>3</sup>
  - Approche environnementale de l'urbanisme (AEU) de l'ADEME<sup>4</sup>
  - Appel à projets Nouveaux Quartiers Urbains (NQU) de la Région IDF
  - Méthode d'aménagement durable® de la DRIEA
  - Plus globalement le développement durable dans les projets d'aménagement (travaux MEDDE / CGDD)
- Ces outils méthodologiques et référentiels s'enrichissent progressivement des premiers retours d'expériences sur des démonstrateurs urbains, tels que les 60 réalisations du PREBAT.<sup>5</sup>

## Les gisements de progrès identifiés dans les expérimentations françaises

- Les 39 EcoQuartiers représentent 55.000 logements sur les 35 millions que compte la France, dont 12 M de résidences principales en logement collectif. La rénovation du parc existant reste donc un enjeu majeur, notamment des quartiers défavorisés (PNRU2<sup>6</sup>).
- Avec 23% de production d'énergies renouvelables et 20% d'économies d'énergie, les EcoQuartiers sont déjà en phase avec les objectifs européens 3 x 20, mais encore loin des objectifs plus ambitieux à 2050, or ces bâtiments seront toujours là en 2050...
- Les consommations hors réglementation sont celles qui croissent le plus : « Les consommations liées aux équipements mobiliers (informatiques, multimédia...) et immobiliers non réglementés (ascenseurs par exemple) sont équivalentes à la consommation des postes réglementés pour les bureaux et de l'ordre de 70 kWh/m<sup>2</sup>.an dans les habitations. » (PREBAT), d'où la nécessité d'intégrer tous les usages dans l'évaluation des performances.<sup>7</sup>
- Les températures de consigne réellement pratiquées, qui apparaissent dans la moitié des cas supérieures aux températures envisagées à la conception, font ainsi varier la consommation jusqu'à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an sur l'échantillon, mettant en exergue tout l'importance du comportement responsable des usagers.<sup>8</sup>
- Enfin, l'intégration du cahier des charges « ville durable » dans les différents documents d'orientation politiques et de planification urbaine (agendas 21, PCET, SCOT, PLU, PDU,...) reste encore une gageure pour beaucoup d'élus.<sup>9</sup>

## SOURCES

- <sup>1</sup> Cerema. *Référentiels écoquartiers : de la théorie au projet*. [en ligne]. URL: [http://www.ile-de-france.cerema.fr/IMG/pdf/DTerIdF\\_VD-VEEE\\_ecoquartier.pdf](http://www.ile-de-france.cerema.fr/IMG/pdf/DTerIdF_VD-VEEE_ecoquartier.pdf). consulté le 02 juin 2016
- <sup>2</sup> RFSC. *European cities face challenges and opportunities*. [en ligne]. URL: <http://rfsc.eu/european-challenges/>. consulté le 02 juin 2016
- <sup>3</sup> HQE Association. *La démarche HQE™- Aménagement*. [en ligne]. URL: <http://www.assohqe.org/wp-content/uploads/2011/11/2011-11-Guide-HQE-Am%C3%A9nagement-HD-actualis%C3%A9-.pdf>. consulté le 02 juin 2016.
- <sup>4</sup> ADEME. *Réussir la planification et l'aménagement durables. LAEU2 pour une approche en coût global dans les projets d'aménagement*. 2015. [en ligne]. URL: <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/CTmethodo/index.html>. consulté le 02 juin 2016.
- <sup>5-7-8</sup> CEREMA. *Bâtiments démonstrateurs à basse consommation d'énergie - Enseignements opérationnels tirés de 60 constructions et rénovations du programme PREBAT*. 2012-2015. [en ligne]. URL: <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/batiments-demonstrateurs-basse-consommation-energie-8680.pdf>. consulté le 02 juin 2016.
- <sup>6</sup> Gouvernement. *La nouvelle géographie prioritaire*. [en ligne]. URL: <http://www.gouvernement.fr/action/la-nouvelle-geographie-prioritaire>. consulté le 02 juin 2016
- <sup>9</sup> Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et des logements. *Note Développement durable et requalification urbaine*. 2011. [en ligne]. URL: [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/note\\_DD\\_et\\_requalification\\_urbaine10\\_11.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/note_DD_et_requalification_urbaine10_11.pdf). consulté le 02 juin 2016.
- <sup>10</sup> Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *Colloque international "Faire la ville durable. Inventer une nouvelle urbanité"*. 20 et 21 Janvier 2011. [en ligne]. URL: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-colloque-Faire-la-ville-durable.html>. consulté le 02 juin 2016.

## Textes de référence ville durable et écoquartiers : documents historiques de référence

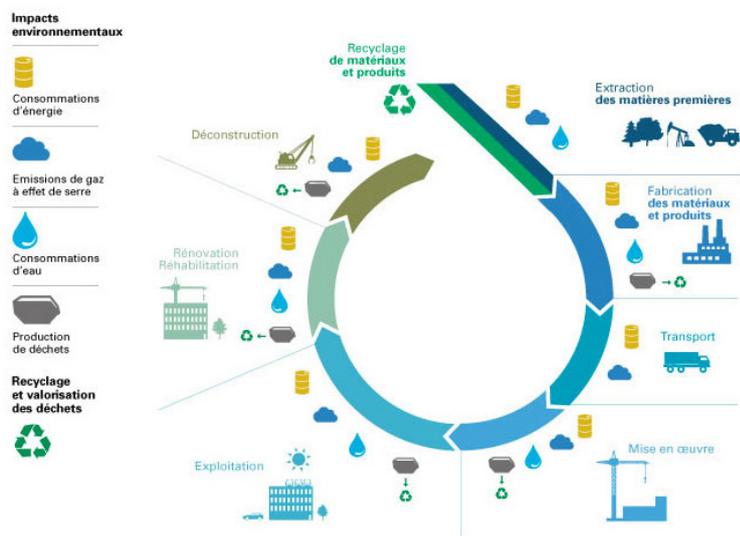
Concevoir une ville durable nécessite de concilier des paramètres – et des exigences - pouvant parfois entrer en contradiction : le court terme et le long terme, le local et le global, l'innovation et la gestion de l'existant.<sup>10</sup>

Il existe néanmoins de grands textes fondateurs et des engagements nationaux, qui posent les principes de base de la Ville durable, notamment :

- *Le rapport Brundtland « Notre avenir à tous »* (1987) : rapport publié par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies, qui a permis le lancement d'un mouvement mondial en faveur du développement durable selon les trois acceptations : équité sociale, efficacité économique et qualité du cadre de vie.
- *La Charte d'Aalborg* (17 mai 1994 - Danemark) : signée par les participants à la conférence européenne sur les villes durables, cette charte affirme l'importance de la ville comme échelle d'action pertinente : la ville en tant que mode d'organisation de la vie en société, perdue en Europe depuis des siècles, et constitue l'autorité locale compétente la plus proche des citoyens.
- *Les accords de Bristol*, conclusion d'une rencontre ministérielle informelle sur les quartiers durables en Europe (6 et 7 décembre 2005 – Royaume-Uni) : accords pris par les ministres européens en charge de l'urbanisme pour définir les grands principes d'une « sustainable community », que l'on peut traduire par quartier durable, et réaffirmer l'intérêt de les expérimenter et d'échanger, afin de créer des lieux de vie de qualité.
- *La charte d'Aalborg + 10* (juin 2004) : second sommet des Nations Unies sur le développement durable qui s'est tenu à Aalborg et donna lieu à une nouvelle Charte des villes et territoires durables. Signée par les 27 ministres des Etats membres de l'Union européenne compétents pour le développement urbain, qui se sont pour la première fois mis d'accord sur des stratégies et des principes communs en faveur du développement urbain durable.
- *Le cadre de référence européen pour la ville durable (Reference Framework for European Sustainable Cities)* : adoption par les ministres des Etats membres de l'Union européenne compétents pour le développement urbain le 25 novembre 2008 - 2011 en cours. Il constitue la mise en œuvre opérationnelle et concrète de la Charte de Leipzig.

# Vers une approche intégrée

## Objectifs communs



• Au regard des différentes lois, rapports, initiatives ou encore agences identifiés comme leviers d'amélioration visant à aller vers des habitats durables on peut retrouver des objectifs communs :

- **Gérer la consommation énergétique et d'eau.**
- **Limiter/supprimer les émissions de GES.**
- **Diminuer et valoriser les déchets.**
- **Diminuer des impacts environnementaux.**

Figure 1 : Cycle de vie d'un bâtiment

Source : FFB. Un référentiel commun et objectif. [en ligne]. URL : <http://www.batirpourlaplanete.fr/chiffres-cycle-de-vie-batiment-infographie-environnement-recyclage-dechets/> consulté le 10 mai 2016 consulté le 17 décembre 2015

## Comment parvenir à ces objectifs communs ?

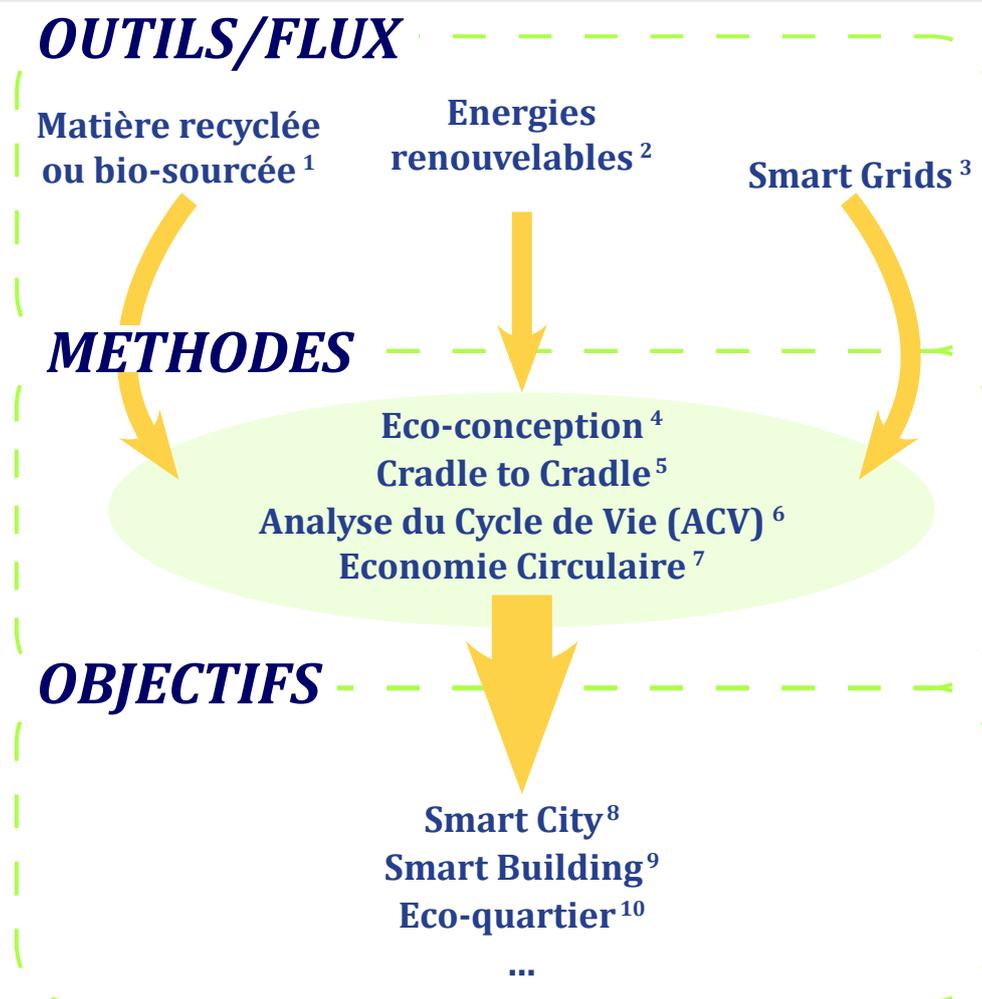


Figure 2 : Méthodologie - Leviers identifiés

Source : CEEBIO consulté le 17 décembre 2015

## EN SAVOIR PLUS

- <sup>1</sup> **Matériaux bio-sourcés** : *Matériaux issus de la biomasse d'origine végétale ou animale.*  
Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *Produits de construction et matériaux bio-sourcés.* 27 octobre 2010. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Produits-de-construction-et.html>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>2</sup> **Energies renouvelables** : *Energie solaire (photovoltaïque, solaire basse température, solaire thermique haute température); énergie éolienne; énergie hydraulique - hydroélectricité (grande/petite hydraulique, énergies marines); la biomasse (bois énergie, le biogaz, biocarburants) et la géothermie.*  
ADEME. *Énergies renouvelables - EnR : production, réseaux et stockage.* [en ligne]. URL : <http://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>3</sup> **Smart grids** : *Les réseaux intelligents ou « smart grids » sont des réseaux d'électricité qui, grâce à des technologies informatiques, ajustent les flux d'électricité entre fournisseurs et consommateurs. En collectant des informations sur l'état du réseau, les smart grids contribuent à une adéquation entre production, distribution et consommation.*  
CDE, Connaissance Des Energies. *Réseau intelligent (Smart Grid).* [en ligne]. URL : <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reseau-intelligent-smart-grid>. consulté le 06 mai 2016.  
CRE, Commission de régulation de l'énergie. *Définition des Smart grids.* [en ligne]. URL : <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=definition-smart-grids>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>4</sup> **Eco-conception** : *L'éco- construction c'est aujourd'hui, atteindre une haute performance sur plusieurs cibles touchant à l'environnement, au confort et la santé des occupants d'un bâtiment, en particulier la préservation des ressources énergétiques (matières premières, eau), la lutte contre le changement climatique, la réduction des déchets et de la pollution, la qualité de l'air intérieur, le confort des occupants (acoustique, visuel), la qualité environnementale et sanitaire des produits de construction.*  
Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *Eco-construction.* [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Eco-construction-.html>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>5</sup> **Cradle to Cradle** : *“Du berceau au berceau” en français est une branche de l'écoconception et une philosophie environnementale qui consiste à tout les niveaux de la production industrielle d'intégrer une exigence écologique de zéro pollution et 100 % recyclage*  
Michael Braungart, William McDonough. *Cradle to Cradle.* Edition Alternatives. 2011. 240 p.
- <sup>6</sup> **Analyse du Cycle de vie (ACV)** : *Outil d'aide à la décision qui : recense et quantifie, tout au long du cycle de vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines ; en évalue les impacts potentiels ; puis interprète les résultats obtenus en fonction de ses objectifs initiaux.*  
AFNOR. *Analyse du cycle de vie - La série des normes ISO 14040.* [en ligne]. URL : <http://www.boutique.afnor.org/recueil/analyse-du-cycle-de-vie-la-serie-des-normes-iso-14040/article/804794/fa092881#info>. consulté le 06 mai 2016.  
ISO. *ISO 14040:2006 Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre.* [en ligne]. URL : [http://www.iso.org/iso/fr/catalogue\\_detail.htm?csnumber=37456](http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=37456). consulté le 06 mai 2016.
- <sup>7</sup> **Economie circulaire** : *Concept économique qui s'inscrit dans le cadre du développement durable et dont l'objectif est de produire des biens et des services tout en limitant la consommation et le gaspillage des matières premières, de l'eau et des sources d'énergie.*  
Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *L'économie circulaire.* [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-economie-circulaire,45403.html>. consulté le 06 mai 2016.  
Institut de l'économie circulaire. *Accueil.* [en ligne]. URL : <http://www.institut-economie-circulaire.fr/#>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>8</sup> **Smart city** : *La “Ville intelligente” en français cherche, ainsi, à concilier les piliers sociaux, culturels et environnementaux à travers une approche systémique qui allie gouvernance participative et gestion éclairée des ressources naturelles afin de faire face aux besoins des institutions, des entreprises et des citoyens*  
CRE, Commission de régulation de l'énergie. *Les caractéristiques d'une ville intelligente.* [en ligne]. URL : <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smartcities-caracteristiques>. consulté le 06 mai 2016.  
Smart City, ville créative et durable. *Présentation.* [en ligne]. URL : <http://www.smartcity.fr/europe/presentation>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>9</sup> **Smart building** : *Le concept de “smart buildings” correspond à l'intégration de solutions actives et passives de gestion énergétique, visant à optimiser la consommation, mais également à favoriser le confort et la sécurité des utilisateurs tout en respectant les réglementations en vigueur.*  
Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. *Les smart buildings : définition.* [en ligne]. URL : <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/les-smart-buildings-definition-a1858.html>. consulté le 06 mai 2016.
- <sup>10</sup> **Eco-quartier** : *Projet d'aménagement urbain qui respecte les principes du développement durable tout en s'adaptant aux caractéristiques de son territoire.*  
Ministère du logement et de l'habitat durable. *Les EcoQuartiers.* [en ligne]. URL : <http://www.logement.gouv.fr/les-ecoquartiers>. consulté le 06 mai 2016.

# Habitat d'espèce en Biologie<sup>1</sup>

De nos jours la notion d'habitat nous renvoie essentiellement à une conception « immobilière » de l'acte d'habiter. Une fois que la question du lieu est résolue, c'est essentiellement le mode d'occupation qui compte, alors, **propriétaires ou locataires ?**

Que ce soit pour des besoins familiaux ou professionnels les enjeux de l'habitat sont extrêmement importants dans nos sociétés par leur caractère indispensable et la difficulté d'accès. En prenant le regard de l'écologie scientifique les habitats soulèvent d'autres enjeux.

Dans le monde vivant l'habitat est une notion d'apparence simple. L'habitat peut se définir comme l'ensemble des éléments de l'environnement qui permettent à une espèce de vivre, c'est-à-dire se nourrir, se reproduire, se protéger et se reposer. Ainsi, l'habitat et l'espace plus ou moins étendu où toutes les étapes du cycle de vie doivent se conjuguer.

*(en fonction des espèces les habitats sont de tailles très différentes : dans une grotte par exemple des espèces vivent leur cycle biologique dans un espace réduit, les félins ont des territoires de chasse, des zones de repos et des espaces pour protéger leur petits dans leur habitat qui représentent plusieurs km<sup>2</sup>)*

### **Seul ou en communauté ?**

Il est à noter qu'un habitat n'est jamais celui d'une seule espèce mais d'une multitude d'espèces qui le partagent en optimisant l'accès aux ressources suivant des modalités très différentes : partage du temps (des espèces vivent le jour d'autres la nuit), partage des différentes ressources dans la coexistence (des herbivores dans une savane par exemple), ou par des interactions qui vont du commensalisme à la prédation en passant par la symbiose...

### **Fixe ou nomade ?**

Cette notion immobilière inclut l'immobilité de l'habitat dans l'espace mais aussi dans le temps et de plus en plus spécialisée : habitat social, bureau, industrie, loisir... Les habitats sont fixes même si le monde contemporain inclut de plus en plus de mobilité dans les modes de vie et de travail. Dans le vivant il y a des habitats imbriqués les uns dans les autres répartis dans l'espace et à différentes échelles. Cette organisation n'est d'ailleurs pas statique. Car avec les habitats définis par leurs paramètres physiques, milieu marin, sol, forêts, etc, s'ajoute le fait que de nombreux êtres vivants sont eux-mêmes des habitats pour d'autres organismes : les arbres, les coraux et même notre propre peau ou notre tube digestif, sont des habitats pour d'autres espèces.

### **Pour quelques jours ou pour toujours ?**

L'habitat dans le vivant est une notion dynamique dont les conditions sont temporairement stables et en perpétuel ajustement. Ces variations sont d'ailleurs plus ou moins perceptibles en fonction de l'échelle. Pour une termite, l'arbre en cours de décomposition est un milieu stable à son échelle alors qu'elle contribue elle-même à la disparition de celui-ci. Quand l'habitat évolue les animaux ont la possibilité de se déplacer pour trouver des conditions plus adaptées à leurs besoins. Les plantes se déplacent également par le transport de leurs graines pour retrouver les conditions idéales.

L'habitat naturel est donc multifonctionnel, composite, interactif, évolutif et non hiérarchisé. Si l'on peut se risquer à penser qu'il y a des principes d'organisation dans le vivant il n'y a pour autant pas de système de décision ou tout du moins pas centralisé. Il n'y a pas non plus d'architecte ou de commande, pourtant il y a un cahier des charges qui assure l'homéostasie, la capacité de cet ensemble d'habitats à permettre le développement de la vie dans des conditions stables.



**Figure 1 : Termitière**

Source : Photo prise par Brian Voon Yee Yap. [en ligne]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Structures\\_built\\_by\\_animals#/media/File:Termite\\_Cathedral\\_DSC03570.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Structures_built_by_animals#/media/File:Termite_Cathedral_DSC03570.jpg), consulté le 22 juin 2016

## ***S'abriter et/ou s'adapter ?***

En construisant leur propre habitat les humains ont cherché à s'extraire des contraintes liées aux habitats naturels et aux interactions avec les autres espèces pour se mettre à l'abri des prédateurs ou encore contre les intempéries. Cette capacité à produire un artéfact (modification volontaire de l'environnement) pour satisfaire un besoin est un phénomène qui traverse toute l'évolution en particulier chez les animaux.

Construire, transformer son environnement en détournant les productions d'autres espèces n'est pas le propre de l'Homme mais des stratégies adoptées par de nombreuses espèces. Certaines araignées ne tissent-elle pas de toile à l'intérieur d'une bulle d'eau comme une charpente ? Les termites construisent des cités climatisées qui sont de véritables mégapoles. Les abeilles façonnent leur rayonnage de stockage et leur pouponnière. Chez le bernard-l'ermite la fonction d'abri se fait par recyclage de coquilles abandonnées. Les oiseaux tisserands fabriquent des nids tissés d'une grande complexité.

Construire, transformer son environnement détourner les productions d'autres espèces (comme les fourmis qui élèvent des pucerons ou cultivent des champignons) n'est pas le propre de l'Homme mais des stratégies adoptées par de nombreuses espèces. Ce qui différencie l'espèce humaine des autres est sa capacité à mobiliser des ressources non locales et en quantité importante grâce aux énergies fossiles et en produisant des déchets.

Les problématiques spécifiques à l'espèce humaine sont liées au fait que pour se préserver de son environnement, notre espèce l'a si profondément transformé que des espèces disparaissent chaque jour et que cet environnement devient également défavorable à l'humanité. Nous sommes à l'ère de l'anthropocène, où l'être humain est devenu la force de la nature qui déplace le plus de sédiments que toutes les autres forces de biogéochimiques réunies. Ainsi le changement climatique, l'érosion de la biodiversité, l'épuisement des ressources naturelles viennent s'ajouter au bilan lourd de la production des habitats humains. Cela interroge notre façon d'aménager le territoire. Alors que dans nos sociétés occidentales modernes, les citoyens expriment de plus en plus le désir d'un habitat qui s'apparente plus à un habitat vivant, la réponse apportée par les projets d'aménagement du territoire se compose d'une offre d'un habitat inerte.

A un moment où nous passons la barre des 50% de la population mondiale vivant en zone urbaine, intégrer la multifonctionnalité de l'habitat dans les projets d'aménagement du territoire est indispensable pour ne pas dire vitale. N'oublions pas qu'en cas d'arrêt de l'approvisionnement de Rungis en nourriture, la ville de Paris ne contient pas plus de quelques jours de réserves de nourriture !

***Que sera alors notre habitat ce jour-là ? Se limitera-t-il aux 50m2 de notre appartement et ceux du bureau et des magasins vides ? Comment se nourrir alors ? Qu'allons-nous choisir comme mode d'organisation la coopération ou la prédation ?***

Il est clair qu'aujourd'hui il faut reposer la question de l'habitat et la Ville de Paris a été une des premières en France à s'intéresser à la question via son appel à projet « *réinventer Paris* » mais aussi par d'autres projets pour encourager l'agriculture urbaine, les jardins partagés et la végétalisation de la ville. Il s'agit d'une prise de conscience que l'habitat pensé à long terme dans les métropoles denses ne peut pas se limiter à une réflexion de flux entrants (importation de l'alimentation, de l'énergie, des biens de consommation), il faut que ce métabolisme soit en capacité de s'autogérer pour subvenir à ses besoins les plus basiques en particulier pour garantir sa robustesse en cas de crise.

La métropole est un habitat, un monstre glouton en ressources et qu'il faut progressivement transformer. Ces enjeux sont importants tant du point de vue économique, permettre aux acteurs de la production urbaine de proposer de nouvelles offres adaptées, créer de l'emploi non dé-localisable et répondre aux enjeux de durabilité pour assurer la prospérité de nos sociétés en proie à des tensions sociales et politiques grandissantes.

Dans cette période où la planète se réunit autour de la question des habitats dans le cadre de la conférence "Habitat III", le vivant est une véritable source d'inspiration pour répondre aux enjeux sociétaux :

***Comment construire des habitats sains pour tous les êtres vivants ?***

***Comment faire des habitats des espaces multifonctionnels ?***

***Comment faire des habitats avec des matériaux locaux renouvelables, recyclables ou réutilisables ?***

***Comment rendre l'habitat adaptable à l'évolution des paramètres environnementaux ?***

***Comment rendre accessible ces résultats au plus grand nombre ?***



**Figure 1 : Nid de Tisserin**

Source : Photo prise par Bluesnap. [en ligne]. URL: <https://pixabay.com/fr/nid-oiseau-weaver-241910/>

## **SOURCES**

<sup>1</sup>Texte de Karim Lapp (Transition 2030), co-auteur Rym Mtibaa (Transition 2030)



# **P3**

**L'apport  
de l'approche  
biomimétique**





## Définitions

---

### Termes de la norme ISO 18458:

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, issus de la norme ISO 18458, s'appliquent :

#### **Bio ingénierie**

application des connaissances issues des sciences de l'ingénieur aux domaines de la médecine ou de la biologie.

#### **Bio-inspiration**

approche créative basée sur l'observation des systèmes biologiques.

#### **Biomimétique**

coopération interdisciplinaire de la biologie et de la technologie ou d'autres domaines d'innovation dans le but de résoudre des problèmes pratiques par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles ainsi que le transfert et l'application de ces modèles à la solution.

#### **Bionique**

discipline technique qui cherche à reproduire, améliorer ou remplacer des fonctions biologiques par leurs équivalents électroniques et/ou mécaniques.

#### **Biomimétisme**

philosophie et approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable (social, environnemental et économique).

#### **Durabilité/développement durable**

mode de développement répondant aux besoins d'aujourd'hui sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

#### **Système biologique**

groupe cohérent d'éléments observables issus du monde vivant, allant de l'échelle nanométrique à l'échelle macro-métrique.

#### **Fonction**

rôle joué par le comportement d'un système dans un environnement

#### **Modèle**

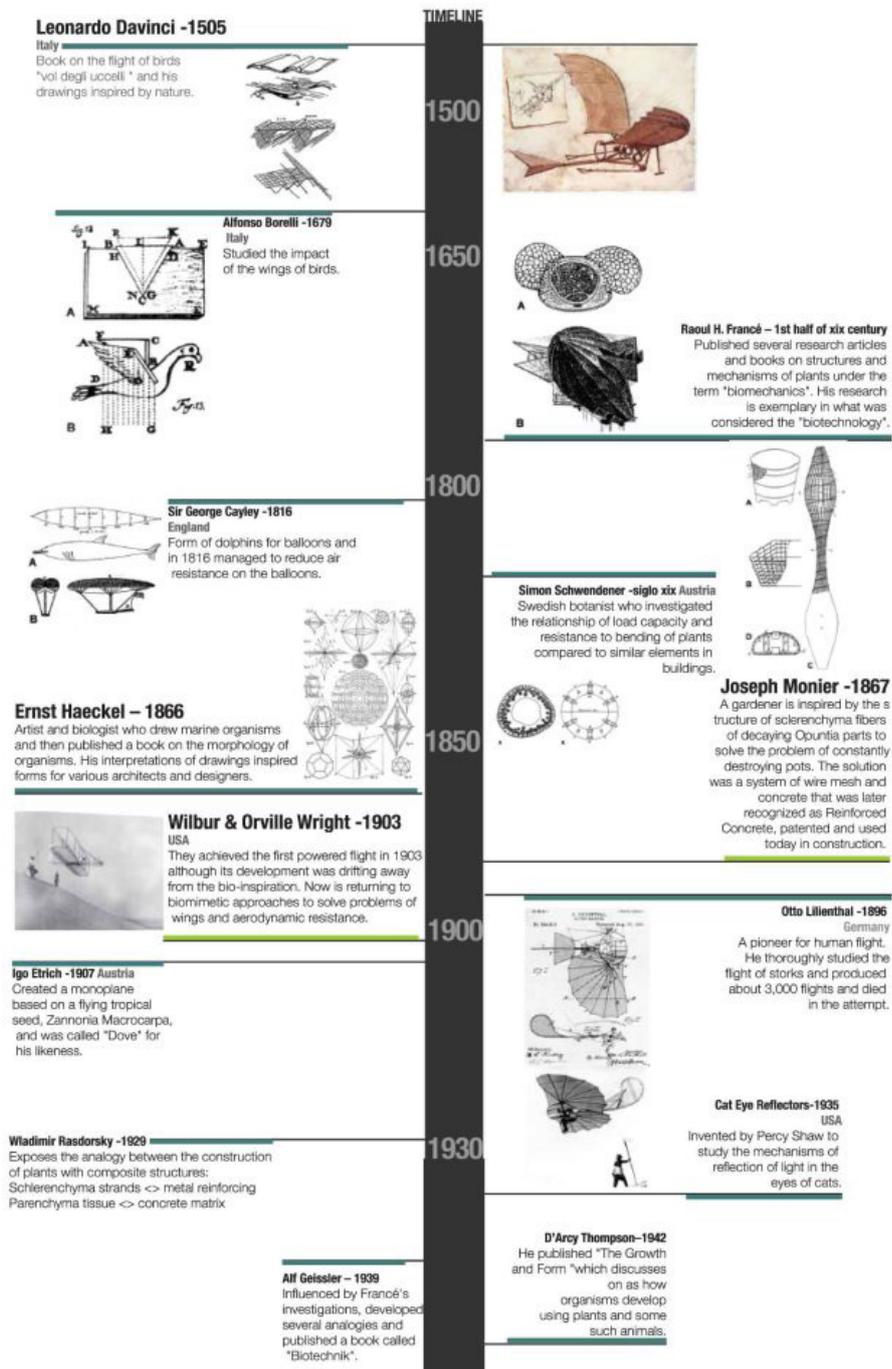
abstraction cohérente et utilisable issue de l'observation des systèmes biologiques

## SOURCES

<sup>1</sup>ISO/TC 266/SC, *ISO 18458:2015(F) : Biomimétique — Terminologie, concepts et méthodologie*. Publié le 26 Janvier 2015. [en ligne]. URL : <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:18458:ed-1:v1:fr> consulté le 05 mars 2016

# Brève histoire du biomimétisme

## Frise chronologique<sup>1</sup> :





## SOURCES

<sup>1</sup>Edlyn Garcia La Torre. Thèse. *Biomimetic Influences in the Passive Strategies of Bioclimatic Architecture*. ETSAM Université de Madrid. 2012. [en ligne]. URL : <https://bioclimatic-skins.com/2013/05/04/biomimicry-is-not-new/>. consulté le 05 mars 2016

# Bio-inspiration et architecture<sup>1</sup>

*« L'architecte du futur construira en imitant la nature, parce que c'est la plus rationnelle, durable et économique des méthodes. »*

Antonio Gaudí<sup>2</sup>

Les éléments naturels ont été une source d'inspiration pour de nombreux artistes et architectes, tout d'abord comme apports décoratifs et stylistiques tel que le mouvement **Arts & Crafts** à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle ou encore dans celui de **l'Art Nouveau** au début du XX<sup>ème</sup> siècle.

Parmi les précurseurs, nous pouvons citer les scientifiques **Ernst Haeckel** (1834-1919), avec son ouvrage **Kunstformen der Natur** (1904), et **D'Arcy Thompson**, avec son livre **On Growth and Form** (1917), qui ont travaillé sur l'intérêt des formes et du processus structurel du vivant.

Plusieurs architectes se sont penchés sur l'étude de ces structures issues du vivant afin de les appliquer à leurs bâtiments.

Un des pionniers dans le domaine de la bio-inspiration comme mimétisme de structure fût **Antonio Gaudí** (1852-1926) qui toute sa vie à puisé son inspiration dans les éléments naturels. Il fut 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, utilisé notamment pour la conception des piliers de la célèbre **Sagrada Familia** de Barcelone<sup>3</sup>.

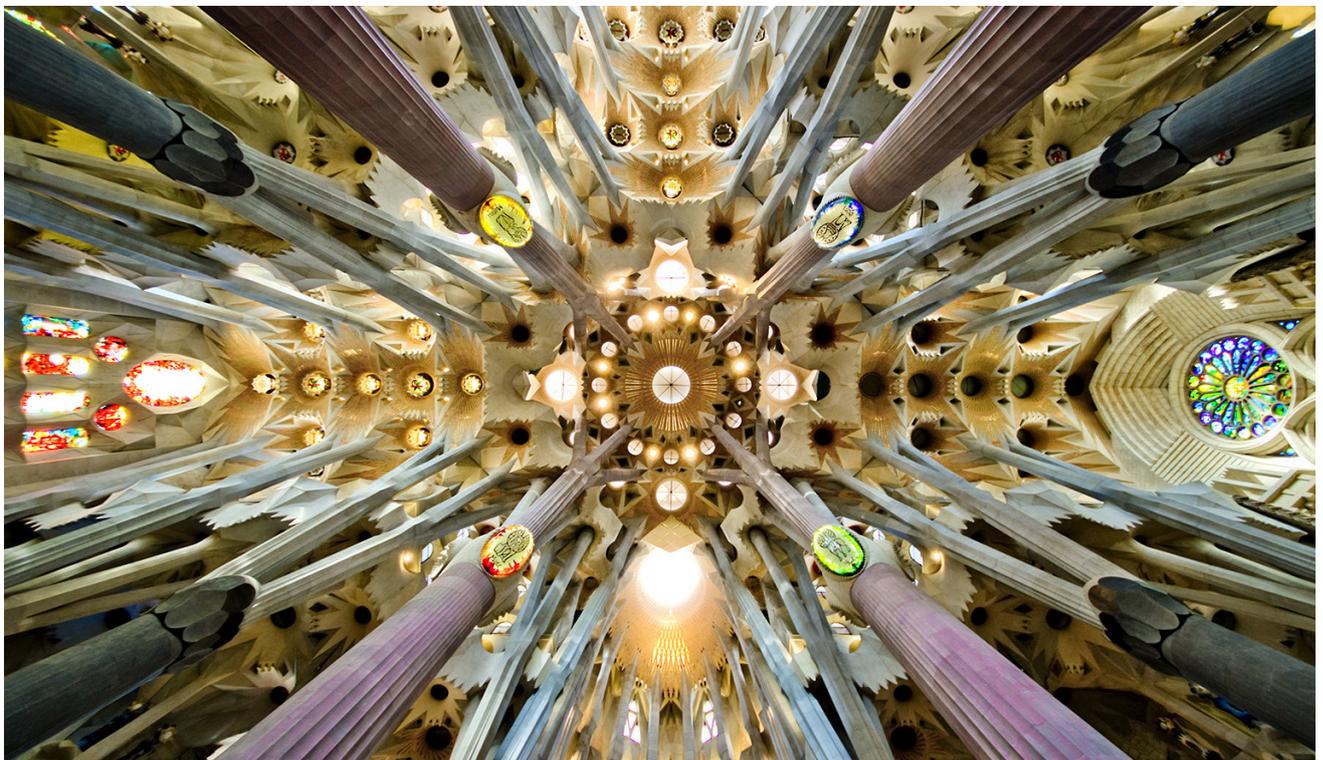


Figure 1 : Détail du toit de la Sagrada Familia conçu par l'architecte catalan Antonio Gaudí

Source : Sabadell, Catalunya

**Richard Buckminster Fuller** (1895-1983) fut aussi l'une des figures majeures de cette démarche biomimétique 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 autoportantes. Fasciné par les structures naturelles R. Buckminster Fuller passera sa vie à théoriser ces structures mathématiques issues du vivant pour les appliquer à l'architecture.

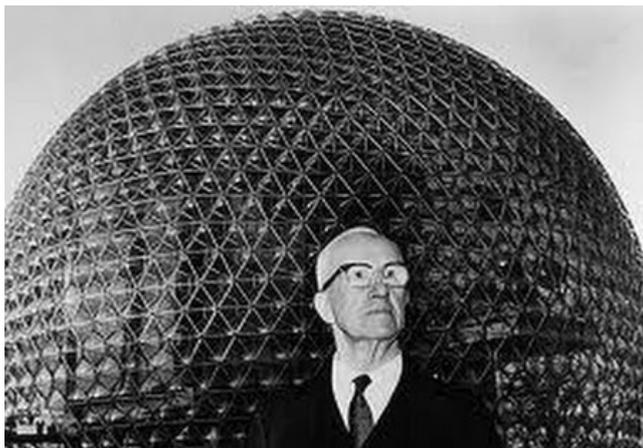


Figure 2 : **Richard Buckminster Fuller**  
Source: <https://www.youtube.com/watch?v=L2wC569A9qw>

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). Tout comme Buckminster Fuller, il était passionné par l'optimisation et la légèreté des structures, c'est pour cela qu'il se spécialisa dans l'étude des surfaces minimales et des structures légères tendues. C'est dans les structures naturelles comme celle des toiles d'araignées ou encore des cellules des plantes qu'il puisa son inspiration. On retiendra notamment ses structures tendues 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**. Bien plus qu'un simple architecte, Frei Otto était un pédagogue et un chercheur à part entière. Il fonde en 1957 à Berlin le Entwicklungsstätte für den Leichtbau (Centre de développement des constructions légères) qui sera transféré en 1964 à Stuttgart en devenant **Institut für Leichte Flächentragwerke**<sup>4</sup> (Institut des structures légères). Ce centre est toujours actif aujourd'hui sous le nom de **ILEK**<sup>5</sup> (Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren).



Figure 3 : **Frei Otto**  
Source: Atelier Frei Otto Warmbronn

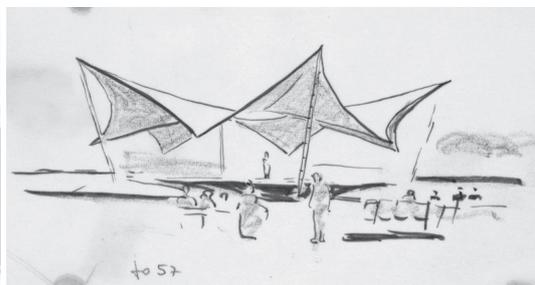


Figure 4 : **"Tanzbrunnen", Jardin à Cologne, 1957.**  
(collaborateurs : **Edwald Bubner, Siegfried Lohs, Diether R. Frank**)  
Source: Atelier Frei Otto Warmbronn

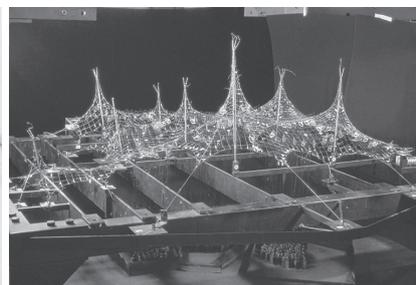


Figure 5 : **Modèle pour calculer les forces des câbles au sein du réseau.**  
**Pavillon allemand à Montréal, 1967**  
(collaborateurs : **Rolf Gutbrod, Fritz Leonhardt**)  
Source: Atelier Frei Otto Warmbronn

Les contraintes technologiques ont par la suite freiné le développement de l'approche biomimétique dans l'architecture. Récemment, architectes et acteurs du secteur du bâtiment s'orientent à nouveau vers la bio-inspiration en s'inspirant non seulement des structures des éléments naturels mais aussi des processus et de leurs relations à leur environnement.

## SOURCES

<sup>1</sup> Scheffer, Olivier. *L'architecture biomimétique, Quand l'architecture s'inspire de la nature*. Edition SymbioPolis. 2011. [en ligne]. URL : <http://bit.ly/architecture-biomimetique>. consulté le 12 Janvier 2016

<sup>2</sup> SupBiotech. *Conférence : Le biomimetisme, lorsque le vivant inspire*. [en ligne]. URL : <http://blogs.supbiotech.fr/2015/03/conference-naturlab-biomimetisme.html>. consulté le 12 Janvier 2016

<sup>3</sup> Sagrada Familia. *Accueil*. [en ligne]. URL : <http://www.sagradafamilia.org/>. consulté le 12 Janvier 2016

<sup>4</sup> Institut de structure et des construction légère

<sup>5</sup> ILEK. *Home*. [en ligne]. URL : <http://www.uni-stuttgart.de/ilek/>. consulté le 12 Janvier 2016

# Le biomimétisme au XXI<sup>ème</sup> siècle

---

*« Si nous pouvions commencer à penser nos villes comme des écosystèmes vivants avec leurs propres métabolismes, dans lequel chaque composante est dépendante et reste interconnectée à une autre, nous aurions beaucoup plus de possibilités pour construire des villes résilientes et adaptables. »*

Marc Swackhamer<sup>1</sup>

## Pourquoi un tel regain d'intérêt pour le biomimétisme et sa mise en œuvre ?

Augmentation des connaissances du vivant

Les premiers éléments de réponse sont à rechercher dans l'évolution significative de nos technologies d'exploration du vivant ainsi que dans la mise en place d'équipes pluridisciplinaires au sein des groupes de recherche, permettant de faciliter l'accès aux connaissances biologiques.<sup>2</sup>

Evolution des technologies de conception

En parallèle nous constatons une évolution très importante des technologies de conception grâce notamment aux algorithmes de modélisation qui peuvent simuler artificiellement des processus de formation et de croissance propres au règne du vivant<sup>3</sup>. Sans oublier l'essor des technologies de fabrication, additives notamment, comme par exemple l'impression 3D, permettant d'envisager la copie de structures issues du vivant.

Prise de conscience des enjeux sociétaux et environnementaux

Cette coévolution entre nos connaissances, nos techniques d'exploration du vivant (observation nano et macroscopique, évolution des algorithmes de modélisation ...) et nos technologies pour pouvoir les reproduire, offre une opportunité d'expansion des innovations issues de la biomimétique, qui n'aurait pas été possible il y a 10 ans.

Nécessité d'une innovation de rupture

La France a accueilli la COP21 en décembre 2015, accélérant la prise de conscience et s'engageant dans l'action pour répondre aux grands enjeux sociétaux. Cette transition ne peut se faire que dans le cadre d'un changement de paradigme et donc d'une innovation de rupture, dont le biomimétisme fait partie

## SOURCES

<sup>1</sup>Zygote Quaterly zq<sup>12</sup>. *People: Interview with Blaine Brownell, Marc Swackhamer*. 2015. Volume 1. p. 98-107

<sup>2</sup>Pour J. Benyus la connaissance biologique double tous les 5 ans.

<sup>3</sup>Exemple de logiciel de modélisation : Grasshopper/Rhinoceros

## EN SAVOIR PLUS

- Frédéric Migayrou, Marie-Ange Brayer. *Naturaliser l'architecture Archilab 2013*. HYX Edition. 2013. 296 p.

# Introduction au biomimétisme

## Les freins à lever

---

Le CESE a adopté à l'unanimité, en septembre 2015, un rapport et avis : *Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement*, mettant en avant de nombreux freins au déploiement de l'approche biomimétique<sup>1</sup> :

### **Absence de pluridisciplinarité :**

Cette préconisation est particulièrement vraie pour les formations et les acteurs en relation avec le bâtiment, qui font très rarement appel aux compétences des biologistes. L'échange d'informations et la confrontation des retours d'expériences permettront une évolution et une augmentation des connaissances, en particulier dans le domaine de la biologie fonctionnelle applicable au bâtiment, primordiale pour le développement de solutions biomimétiques.

### **Développement sur le long terme :**

Le temps de développement est long pour les innovations de ruptures comme celles proposées par le biomimétisme. Cela représente un frein pour les entreprises désireuses d'investir dans ce secteur prometteur et en particulier dans le secteur du bâtiment aujourd'hui plus focalisé sur la réduction des coûts de production que sur l'investissement à long terme pour les solutions innovantes. La mutualisation de moyens de prospective et de développement produits permet de palier à cette problématique.

### **Développement de nouvelles technologies :**

Bien que les techniques aient beaucoup évolué ces dernières années, elles restent souvent insuffisantes pour le développement de produit bio inspiré. Le développement de la conception assistée par ordinateur et de nouvelles voies de manufacture additive permettrait de lever certains des verrous existants.

### **Un réseau de compétences éparpillé :**

La France est forte de nombreux acteurs, laboratoires ou associations dans le domaine du biomimétisme, mais ceux-ci travaillent encore de façon isolée et le manque de collaboration structurée entre ces acteurs et entreprises dans ce domaine limite la capacité de l'industrie française à utiliser le biomimétisme comme véritable outil d'innovation.

Il s'agit d'un obstacle significatif à la création des projets pluridisciplinaires indispensables à l'innovation biomimétique. La cartographie des compétences et la constitution de groupes de travail et projets fédérant les expertises requises pour capitaliser les recherches et produits existants mais aussi envisager le transfert de connaissances scientifiques de la biologie vers d'autres disciplines est une action essentielle pour accélérer le processus d'appropriation par les acteurs du bâtiment.

### **Absence de formation :**

L'inventaire des formations existantes et des besoins en formation, reste incomplet. Le développement de formations de sensibilisation, formations métiers et de formations universitaires dans les prochaines années, à l'instar de cursus proposés aujourd'hui en Allemagne ou en Autriche devraient permettre de proposer une offre de formations qualifiantes et diplômantes sur le territoire national.

### **Engagement politique :**

En France le positionnement politique, qui permettrait de structurer un réseau, d'organiser la communication et de réaliser les études françaises sur le potentiel et les perspectives des innovations bio inspiré est balbutiant, contrairement à nos voisins allemands notamment. La mise en place de financement des actions structurantes en faveur du réseau national de compétences et de mesures incitatives, type investissements d'avenir, en faveur des entreprises permettrait d'accélérer le développement de produits bio-inspirés dans le domaine du bâtiment.

### **Freins réglementaires :**

La réglementation française actuelle du secteur du bâtiment, présentée au début de ce rapport, est très stricte et figée. Cette réglementation est un des freins principaux aux innovations biomimétiques.

### **Méthodologie :**

S'il existe aujourd'hui plusieurs expérimentations méthodologiques pour la mise en œuvre opérationnelle du biomimétisme, aucune ne permet encore une autonomie dans le transfert de connaissances issues de la biologie vers d'autres disciplines. La mise en place de groupes pluridisciplinaires, reposant sur un réseau d'expertises structuré ainsi que le développement d'outils spécifiques pour l'aide à la prise de décision et au choix de modèles biologiques, en partenariat avec des structures telles que le MNHN, sont une amorce de solutions opérationnelles pour les entreprises.



## SOURCES

<sup>1</sup>Patricia Ricard, Avis du Conseil Economique Sociale et Environnemental.

*Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement*. Septembre 2015. 138 p.

<sup>2</sup> Mick Pearce Architect. *Eastgate development harare*. [en ligne]. URL : <http://www.mickpearce.com/works/office-public-buildings/eastgate-development-harare/>. consulté le 14 Janvier 2016

# Les capacités du vivant

*« Il y a de la grandeur dans cette vision de la vie, et tandis que notre planète ne cesse, depuis l'origine, de tourner sur son orbite, obéissant à la loi fixe de la gravitation, de très belles et de très merveilleuses formes vivantes, issues d'un commencement tout à fait simple, sont apparues et continuent sans fin d'apparaître par évolution »*

Charles Darwin, *L'Origine des espèces* (1859 (1<sup>re</sup> éd.) — 1872 (6<sup>e</sup> éd., traduite en 1876))

Avec ses près de 8,7 million<sup>1</sup> d'espèces estimées la biodiversité représente près de 3.8 milliards d'années de R&D.

En effet, chaque espèce observable aujourd'hui a subi un processus de sélection naturelle par essais et erreurs, retenant ainsi les solutions et systèmes les plus adaptés à un environnement en non équilibre dynamique. Les systèmes vivants peuvent donc être perçus comme des systèmes optimisés en termes de gestion de flux de matière, d'énergie et d'information.

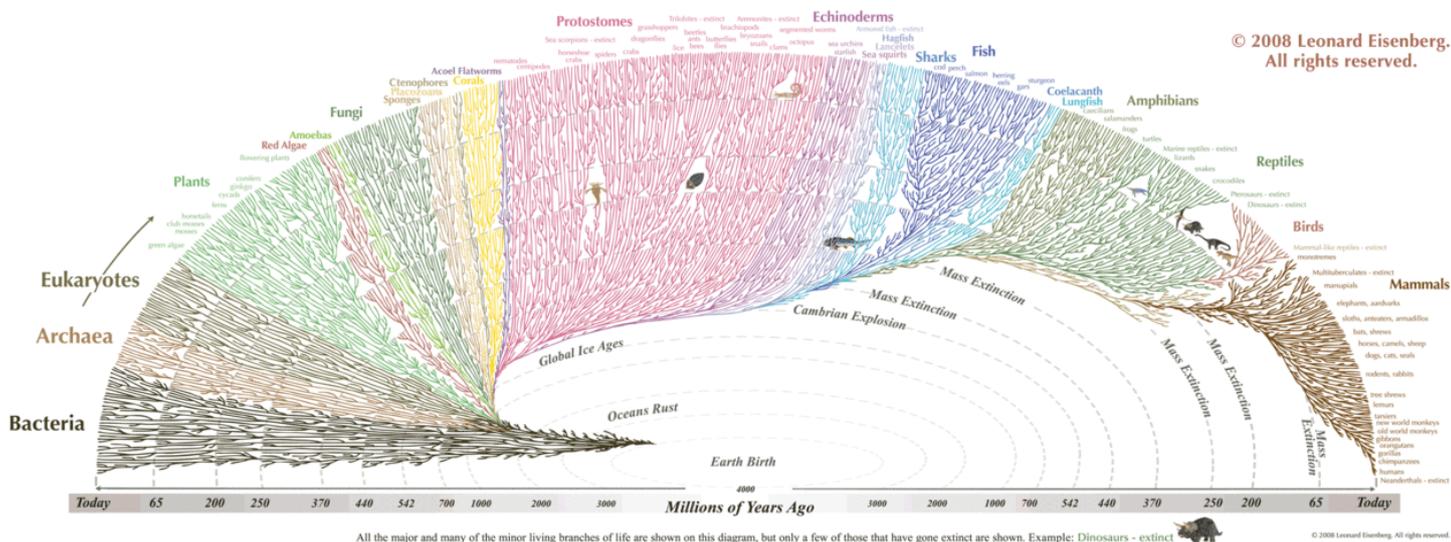


Figure 1 : L'arbre de la vie  
Credit : Leonard Eisenberg, 2008

Le guide *Introduction to Nature Inspired Solutions*<sup>2</sup>, introduction à la conception bio-inspirée, publié par Paris Région Entreprise, propose une liste de caractéristiques et de stratégies observables dans le vivant :

### Propriétés et caractéristiques des systèmes vivants :

- (Auto-)assemblé
- Modulaire
- Résilient
- Multifonctionnel
- Adaptable
- Evolutif
- Apprenant
- Forme adaptée à la fonction
- Réparable
- Démontable

### Stratégies des systèmes vivants, pour optimiser les flux de matières, d'énergies et d'informations :

- 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

Ce "cahier des charges" du vivant ainsi que sa possible déclinaison dans l'habitat sont détaillés dans le *Cahier des charges de l'habitat bio-inspiré 2016*.

## SOURCES

<sup>1</sup> Camilo Mora , Derek P. Tittensor, Sina Adl, Alastair G. B. Simpson, Boris Worm, *How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?*. PLOSbiology, Publié 23 Août 2011. [en ligne]. URL: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>. consulté le 20 Avril 2016

<sup>2</sup> Paris Région Entreprise, KARIM (Knowledge Acceleration and Responsible Innovation Meta-network), *Introduction to Nature Inspired Solutions*, Janvier 2015. [en ligne]. URL: [http://www.karimnetwork.com/wp-content/uploads/2015/02/Guide\\_Biomimicry\\_online.pdf](http://www.karimnetwork.com/wp-content/uploads/2015/02/Guide_Biomimicry_online.pdf). consulté le 20 Avril 2016

# HOK : Présentation

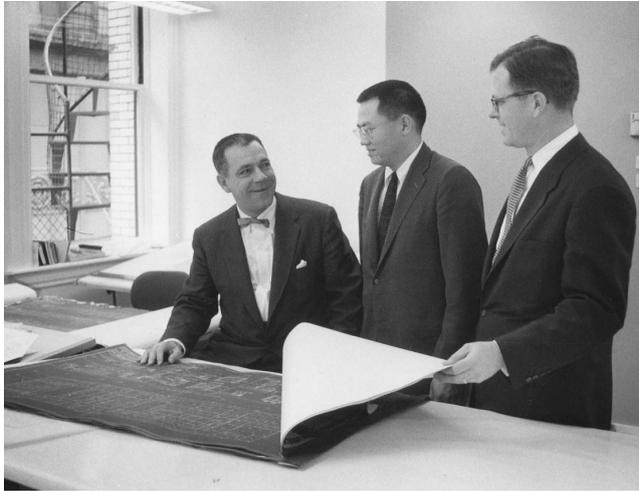


Figure 1 : Fondation de HOK en 1955 avec les 3 fondateurs: George Hellmuth, Gyo Obata et George Kassabaum  
Source : <http://www.hok.com/about/timeline/>

Fondé en 1955, HOK est l'un des plus grands cabinets d'architecture, de design et d'ingénierie au monde.<sup>1</sup>

1.800 personnes collaborent à travers un réseau de 24 bureaux sur 3 continents.

HOK propose à ses clients des concepts issus d'un processus de collaboration et de pluridisciplinarité, prenant en compte l'environnement du projet et le principe de durabilité, afin d'imaginer un environnement bâti sain.

*« Le biomimétisme permet aux architectes et aux ingénieurs de concevoir des bâtiments et autres structures aussi performantes que la nature »*

*Mary Ann Lazarus, directrice de la conception durable pour HOK*



Figure 2 : 2008, alliance entre Biomimicry 3.8 et le cabinet HOK  
Source : <http://www.hok.com/about/timeline/alliance-with-biomimicry-38>

En 2008, Biomimicry Guild a conclu une collaboration stratégique avec le cabinet d'architecture HOK.<sup>2</sup>

Dans le cadre de cette collaboration, deux outils ont été développés :

**Le rapport « Genius of Biome »  
L'outil FIT (Fully Integrated Thinking)**

Ces outils ont pour but d'amener les acteurs et les concepteurs du secteur du bâtiment à repenser la conception architecturale et l'environnement bâti en s'inspirant des formes, fonctions et processus des éléments naturels.

## SOURCES

<sup>1</sup>HOK. *Timeline: 60, Years of design, innovation*. [en ligne]. URL: <http://www.hok.com/about/timeline/> consulté le 20 Avril 2016

<sup>2</sup>HOK. *Timeline: 60, Years of design, innovation*. [en ligne]. URL: <http://www.hok.com/about/timeline/alliance-with-biomimicry-38>. consulté le 20 Avril 2016

# HOK : Rapport “Genius of biome”

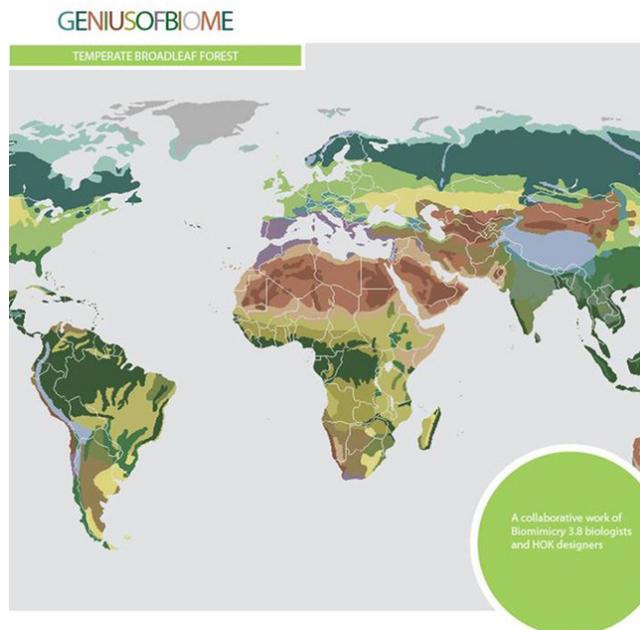


Figure 1 : Couverture du rapport “Genius of Biome”

Publié en 2013 par Biomimicry 3.8 et le cabinet HOK, ce rapport compile les leçons que peuvent nous apporter les organismes et les processus naturels, issues des biomes<sup>2</sup> (*le rapport en présente 18*) des forêts tempérées, pour repenser et concevoir l’environnement urbain de demain.

Janine Benyus explique le fonctionnement de « *Genius of Biome* » lors d’une interview avec Joel Makower, président et directeur de la rédaction de GreenBiz Group :

*«We look at the place where a development or a city is being built, even just a building, and we say, Okay, what is the ecological story of this place ? What are its realities? Is it a fire regime? Does it get four seasons? Is the Achilles heel of this place that it’s got water scarcity, it’s about to lose its aquifer? Believe it or not, for most architects and builders and developers, that is something that gets skipped over. They know the solar angle. They may know what kind of soil they’re going to put their building into. But that’s about it. They don’t really know what makes the place tick and what could flip the place into losing its resilience. »<sup>3</sup>*

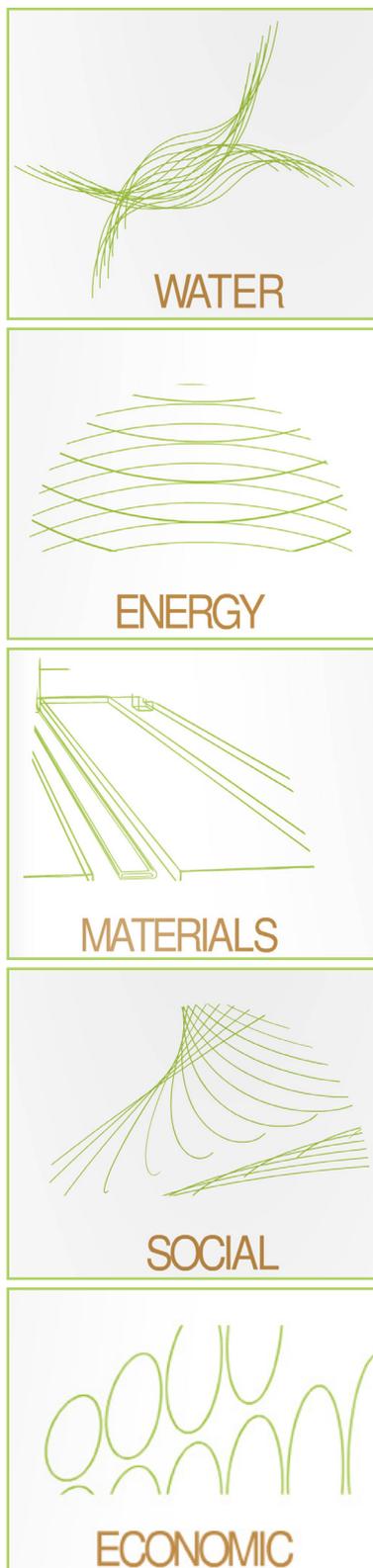


Figure 2 : Iconographie des challenges du rapport "Genius of Biome"

Le rapport "Genius of biome" regroupe des stratégies de conception durable illustrées de croquis et accompagnées de nombreuses idées d'applications, d'innovations et de recherches.

5 challenges sont identifiés :

- **L'eau**
- **L'énergie**
- **Les matériaux**
- **Le social**
- **L'économie**

Le rapport apporte des définitions précises sur les lieux et sur l'écosystème où les praticiens souhaitent développer leurs projets. Cela permet aux concepteurs de repenser la conception architecturale comme une conception axée sur le lieu de construction, qui ne sera plus purement esthétique mais qui s'inspirera des processus d'adaptation de la faune et la flore du lieu choisi et qui permettra ainsi la réalisation d'un environnement bâti durable, sain, résilient voir régénératif.

Pour répondre à la volonté de vulgarisation du biomimétisme que souhaitent Biomimicry 3.8 et HOK, ce rapport est en libre-service, et encourage les concepteurs de tous les domaines à mettre en place une méthodologie biomimétique durable et en accord avec la nature, afin de repenser la conception de bâtiments, des quartiers voir des villes.

## SOURCES

<sup>1</sup> HOK, Biomimicry 3.8. *Genius of Biome*. rapport publié en 2014. [en ligne]. URL : <https://issuu.com/hoknetwork/docs/geniusofbiome?e=3095950/2547879>. consulté le 25 Avril 2016

<sup>2</sup> *Biome : Vaste région biogéographique s'étendant sous un même climat, comme la toundra, la forêt tropicale humide, la savane ou encore le récif corallien*. Dictionnaire de Français Larousse. [en ligne]. URL : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/biome/9441>. consulté le 21 Avril 2016

<sup>3</sup> Joel Makower. *Biomimicry's growing web of opportunity*. GreenBiz. Publié le 16 septembre 2013. [en ligne]. URL : <https://www.greenbiz.com/blog/2013/09/16/biomimicry-spins-web-opportunity-0>. consulté le 25 Avril 2016

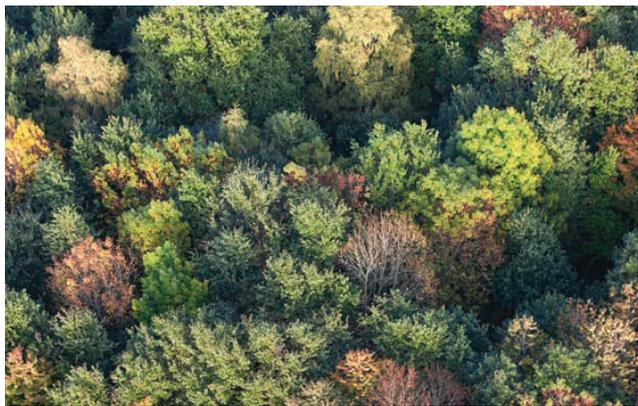
# “Genius of biome” : Exemple

## Challenge<sup>1</sup>



## Utilisation efficace des ressources économiques

## Principe naturel<sup>2</sup>



Les forêts:

- La structure des forêts s’adapte aux perturbations locales pour les atténuer ( Attaques d’insectes/ Tempêtes/Tornades/Ouragans/Orages violents/ Feu ...).
- Les arbres locaux adaptent leurs croissances pour résister au vent.
- Les racines des arbres deviennent un soutien mutuel aux intempéries.
- Les arbres tombés ou cassés permettent l’augmentation de la biodiversité.
- Les motifs des écosystèmes augmentent leurs résilience.

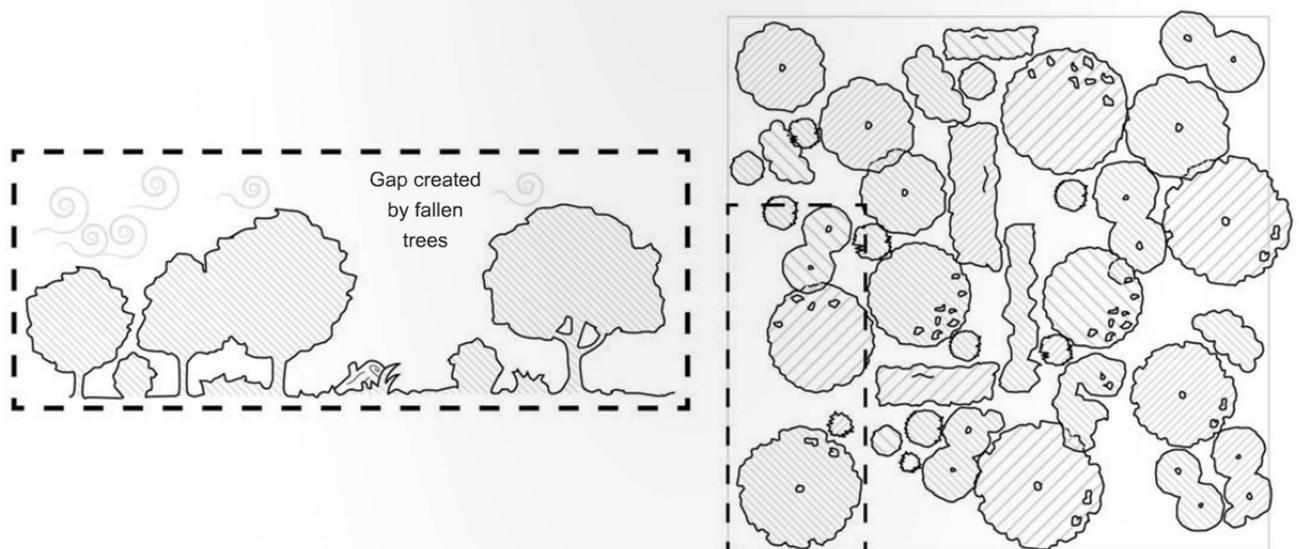


Figure 1 : La conception naturelle, diverses structures pour atténuer les perturbations

Source : Rapport “Genius of Biome”, 2014. p.153



# HOK : “Fully Integrated Thinking” (FIT)<sup>1</sup>



*“Every design guideline that we need to plan the future already exists ... in the bottomland hardwood forest and the tall grass prairie ... Go outside. Quiet your cleverness. Listen to the lessons of the natives.”<sup>2</sup>*

*Janine Benyus, Co-Founder, Biomimicry 3.8*

Figure 1 : Fully Integrated Thinking [FIT].

Source : HOK. “Fully Integrated Thinking”. [en ligne]. URL : <http://www.hok.com/thought-leadership/fully-integrated-thinking/>. consulté le 26 Avril 2016

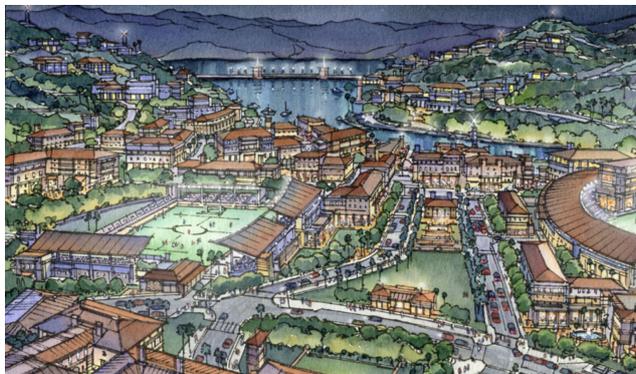


Figure 2 : Rendus conceptuels initiaux du projet Ville de Lavasa et photographie actuelle du site

Source : HOK. A New Community Rooted in Nature. [en ligne]. URL : <http://www.hok.com/about/sustainability/lavasa-hill-station-master-plan/>. consulté le 26 Avril 2016.

HOK et Biomimicry 3.8 ont souhaité, au travers de “Fully Integrated Thinking” (FIT), mettre en place un outil de travail qui intègre et s’inspire des principes du vivant dans la conception architecturale. Taryn Mead, initiatrice du projet FIT explique dans un article du site CBID<sup>3</sup> (Center for Biologically Inspired Design), que cet outil a vu le jour lors d’un projet de développement urbain dans la ville de Lavasa en Inde, co-développé par Biomimicry Guild et HOK. Avec Dayna Baumeister elles ont dû réfléchir aux fonctions et besoins d’une ville. Cette réflexion a abouti au recensement de près de 40 fonctions, comme collecter, stocker, filtrer et distribuer l’eau ou encore gérer et distribuer l’énergie. Des recherches de modèles potentiels issus de la nature ont été mises en place sur chacune de ces fonctions ainsi que sur l’analyse des principes de vie.<sup>3</sup>

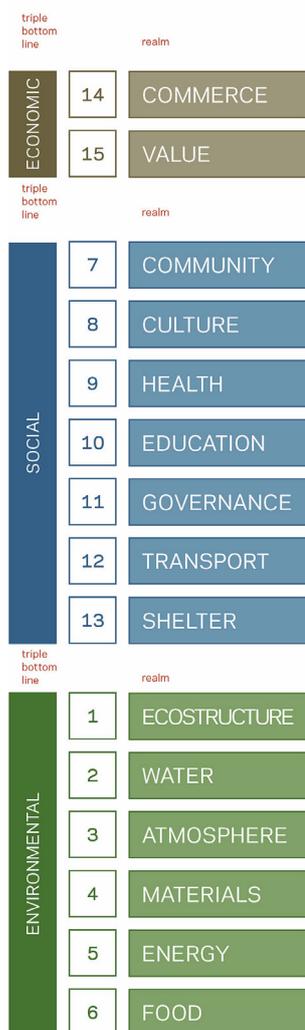


Figure 3 : Critère d'évaluation de l'outil FIT

Source : Center for Biologically Inspired Design. *The HOK/Guild Partnership and the FIT Process (Taryn Mead)*. [en ligne]. URL : <http://bioinspired.sinet.ca/content/hokguild-partnership-and-fit-process-taryn-mead>. consulté le 26 Avril 2016.

Taryn Mead nous informe que FIT aide les concepteurs à transformer les défis en opportunités de conception. Le but n'est pas de concevoir « moins mauvais » mais plutôt de concevoir des projets avec un impact positif dans de multiples domaines comme par exemple révéler le potentiel non visible d'un lieu ou orienter sur le choix d'un site.<sup>4</sup>

Utilisé aujourd'hui dans de multiples projets à travers le monde<sup>5</sup>, FIT offre une nouvelle façon d'intégrer, au sein d'équipes pluridisciplinaires, les données inspirées du vivants pour résoudre les différentes problématiques complexes que le secteur du bâtiment rencontre.

FIT se divise en **trois objectifs** principaux :

- **L'objectif économique**
- **L'objectif social**
- **L'objectif environnemental**

Ces trois objectifs permettent d'aider les concepteurs à prendre des décisions et à identifier et prioriser les opportunités tout au long du processus de conception afin de repenser leurs projets et plus généralement repenser notre mode d'urbanisation en prenant en compte les écosystèmes et l'environnement.

Chaque projet utilisant FIT doit inclure **quatre critères** :

- **Multiplier les approches pour être pensé dans son ensemble**
- **Intégrer la compréhension du site choisi et des écosystèmes qui y vivent**
- **Intégrer les « Life's principles »**
- **Suivre les trois objectifs principaux: économique/social/ environnementale**

## SOURCES

<sup>1-2</sup> HOK. *Sustainability, Fully Integrated Thinking (FIT)*. [en ligne]. URL : <http://www.hok.com/thought-leadership/fully-integrated-thinking/>. consulté le 25 Avril 2016

<sup>3-4</sup> Center for Biologically Inspired Design. *The HOK/Guild Partnership and the FIT Process (Taryn Mead)*. [en ligne]. URL : <http://bioinspired.sinet.ca/content/hokguild-partnership-and-fit-process-taryn-mead>. consulté le 26 Avril 2016

<sup>5</sup> HOK. *FIT Projects*. [en ligne]. URL : <https://www.flickr.com/photos/hoknetwork/collections/72157625232769043/>. consulté le 26 Avril 2016

## Initiatives existantes

# Living Building Challenge<sup>1</sup> (LBC) (1/2)

### Présentation :

- **Milieu des années 1990** : c'est au cours de la conception du centre de thérapie EpiCenter à Bozeman dans le Montana (*projet mené par Bob Berkebile et Kath Williams*), que l'idée de la certification Living Building Challenge (LBC) a vu le jour.
- **2006** : 1<sup>ère</sup> version du Living Building Challenge (*présenté à la fondation « Cascadia Green Building Council » (Conseil du bâtiment durable de Cascadia) par Jason F. McLennan, considéré comme l'une des personnes les plus influentes dans le mouvement du bâtiment écologique*).
- **2007** : Version 2.0 du Living Building Challenge.
- **2009** : création de l'International Living Building Institute. (*En réponse à l'engouement pour les bâtiments dit « verts », la fondation Cascadia Green Building Council a créé l'International Living Building Institute afin de chapeauter la certification Living Building Challenge*).
- **2010** : Premiers projets certifiés Living Building Challenge. (*L'Institut commença à certifier les premiers projets en 2010, ce qui a profondément changé le mouvement de la construction des bâtiments écologiques et qui a fait de la certification LBC, la certification de performance environnemental la plus rigoureuse du secteur de la construction et du bâtiment*).
- **Au début de l'année 2011** : l'Institut fut rebaptisé "International Living Future Institute", en se donnant pour mission de guider la transition vers un monde socialement juste, économiquement riche et écologiquement réparateur.
- **2014** : « International Living Future Institute » a publié la certification Living Building Challenge 3.0, version toujours en vigueur.
- **2015** : Partenariat stratégique avec Biomimicry 3.8.<sup>2</sup>



LIVING  
BUILDING  
CHALLENGE<sup>SM</sup>

« *Imaginez que nos maisons, nos lieux de travail, nos quartiers, nos villages, nos communautés et nos villes soient véritablement durables – Socialement Équitables, Culturellement Riches et Écologiquement Réparateurs* »  
*Living Building Challenge 2.1<sup>3</sup>*



Figure 1 : Indicateur idéal à atteindre

Source : International Living Future Institute. *Living Building Challenge 3.0*. [en ligne]. URL : [https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203\\_0\\_WebOptimized\\_low.pdf](https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203_0_WebOptimized_low.pdf). consulté le 26 Avril 2016.

Au regard des constats alarmants, sociétaux et environnementaux, le Living Building Challenge lance comme défis aux professionnels, entrepreneurs et propriétaires du secteur du bâtiment de mettre en place des fondations solides pour un futur durable et sain, pour réduire l'écart entre les limites actuelles et les solutions idéales.

Auparavant les certifications de ce type avaient seulement pour objectif de limiter l'impact négatif de l'habitat. La certification Living Building Challenge a souhaité renverser ce mode de pensée en posant la question suivante :

## Que faudrait-il faire pour concevoir et construire des infrastructures positives voire régénératives ?

Pour répondre à cette problématique, la certification LBC identifie 7 catégories, appelées des « Pétales »<sup>4</sup> :

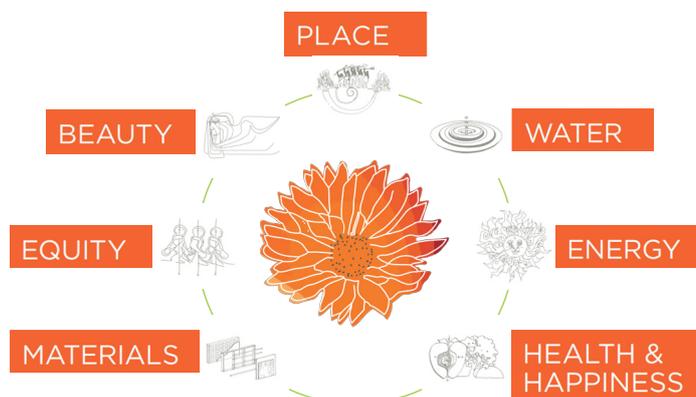


Figure 2 : Pétales du Living Building Challenge

Source : International Living Future Institute. *Living Building Challenge 3.0*. [en ligne]. URL : [https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203\\_0\\_WebOptimized\\_low.pdf](https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203_0_WebOptimized_low.pdf). consulté le 26 Avril 2016.

Ces 7 catégories sont sous-divisées en 20 impératifs<sup>5</sup> :

01/Limite à la croissance

02/Agriculture urbaine

03/Compensation pour la biodiversité

04/Mode de vie à l'échelle urbaine

05/Autonomie Net Zero en eau

06/Autonomie Net Zero Energie

07/Environnement civilisé

08/Environnement Sain

09/Environnement Biophilique

10/Liste Rouge

11/Bilan carbone intrinsèque

12/Industrie responsable

13/Approvisionnement adéquate

14/Réduction des déchets

15/Echelles humaines et lieux humanisés

16/Droit d'accès universel à la nature

17/Investissement équitable

18/Organisation : JUST

19/Beauté et esprit

20/Inspiration et éducation

Deux règles sont à respecter :

- Obligation de prendre en compte tous les impératifs attribués.
- La certification Living Building Challenge se fonde sur la performance réelle plutôt que sur des résultats escomptés ou modélisés.

**C'est pour cela que les projets doivent être exploités depuis au moins 12 mois consécutifs avant d'être évalués et prétendre à l'obtention de la certification.**

Depuis son lancement en 2006, le Living Building Challenge a certifié 33 projets partout dans le monde<sup>6</sup>.

## SOURCES

<sup>1</sup> Living Building Challenge. [en ligne]. URL : <http://living-future.org/lbc>. consulté le 27 Avril 2016

<sup>2</sup> International Living Future Institute. *International Living Future Institute, Biomimicry 3.8 form strategic partnership*. Publié le 7 octobre 2015. [en ligne]. URL : <https://living-future.org/press-release-ilfi-biomimicry38-form-strategic-partnership>. consulté le 27 Avril 2016

<sup>3</sup> Living Building Challenge 2.1. Version Française. Publié en Novembre 2013. [en ligne]. URL : [http://living-future.org/sites/default/files/reports/13\\_1203\\_LBC%20French%20Translation\\_Final\\_lores\\_v1.pdf](http://living-future.org/sites/default/files/reports/13_1203_LBC%20French%20Translation_Final_lores_v1.pdf). p.54. consulté le 27 Avril 2016

<sup>4</sup> International Living Future Institute. *Living Building Challenge 3.0*. Publié en 2014. [en ligne]. URL : [https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203\\_0\\_WebOptimized\\_low.pdf](https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203_0_WebOptimized_low.pdf). consulté le 27 Avril 2016

<sup>5</sup> Annexe: *The 20 Imperatives of the Living Building Challenge*

<sup>6</sup> Living Building Challenge. *Certified Projects*. [en ligne]. URL : <http://living-future.org/living-building-challenge/case-studies/certified-projects>. consulté le 27 Avril 2016

# Living Building Challenge (LBC) <sup>(2/2)</sup>

Living Building Challenge propose **trois options de certification** qui s'applique à **trois typologies de construction** (Rénovation/Paysage&Infrastructure/Bâtiment)<sup>1</sup> :



**LIVING BUILDING CHALLENGE™**

**CERTIFICATION COMPLÈTE**

---

Tous les impératifs sont obligatoires

La certification se base sur les performances réelles

Un projet qui tend à la certification Living Building Challenge doit atteindre tous les impératifs attribué à sa typologie. Les vingt impératifs sont obligatoires pour les bâtiments, quinze pour les rénovations et dix-sept pour les paysages et les projets d'infrastructure.



**CERTIFICATION PÉTALE**

---

3 pétales ou plus  
1 des trois doit être l'une des thématiques suivantes :

EAU, ENERGIE ou MATERIAUX

+  
01: LIMITES DE CROISSANCE  
20: INSPIRATION + EDUCATION

Cette option de certification exige la réalisation d'au moins trois des sept "Pétales", incluant obligatoirement la "Pétale" eau, celle de l'énergie ou celle des matériaux. L'impératif 01 ( Limite de Croissance ) et l'impératif 20 (Inspiration et de l'éducation) sont obligatoires pour l'obtention de la certification "Pétale".



**NETZERO ENERGY BUILDING CERTIFICATION™**

**CERTIFICATION NZEB**

---

4 impératifs

01: LIMITES DE CROISSANCE  
06: BATIMENT POSITIF EN ENERGIE (100%)  
19: BEAUTE + ESPRIT  
20: INSPIRATION + EDUCATION

Un bâtiment souhaitant acquérir la certification *Net Zero* doit fournir et consommer, sur une base annuelle, cent pour cent d'énergie renouvelable et remplir les quatres impératifs indiqués ci-dessus. Aucune combustion est autorisée.

La certification *Living Building Challenge* peut s'appliquer sur toutes les constructions partout dans le monde, comme en témoigne la carte ci-dessous qui recense les projets certifiés ou en cours de certification. Les impératifs de la certification sont les mêmes partout dans le monde.<sup>2</sup>

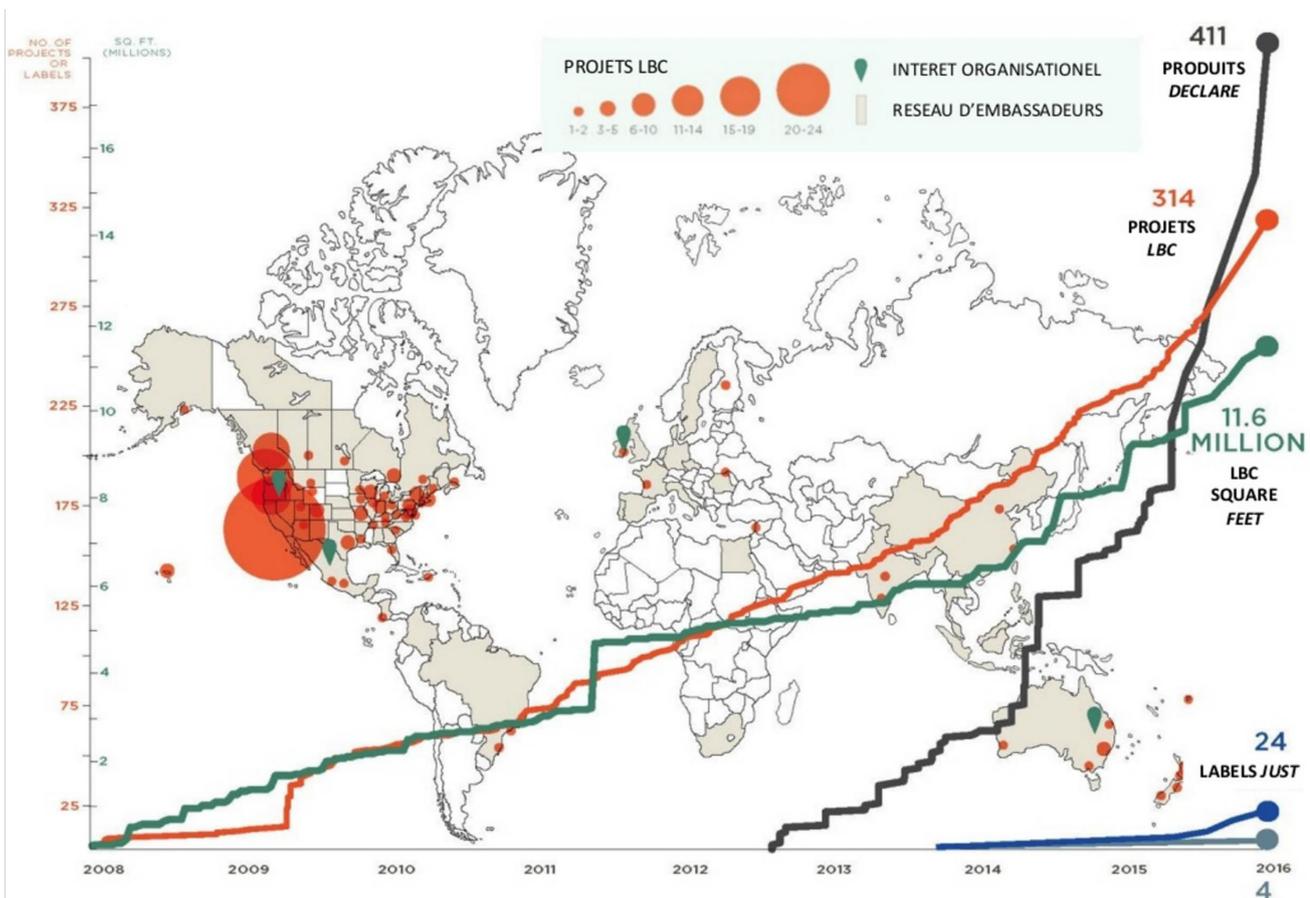


Figure 1 : Aperçu des sites certifiés ou en cours de certification Living Building Challenge à partir d'avril 2014

Source : International Living Future Institute. *Living Building Challenge 3.0*. p. 14. [en ligne]. URL : [https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203\\_0\\_WebOptimized\\_low.pdf](https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203_0_WebOptimized_low.pdf). consulté le 27 Avril 2016.

## SOURCES

<sup>1</sup> Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris. URL : <http://livingfutureparis2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

<sup>2</sup> International Living Future Institute. *Living Building Challenge 3.0*. p.14. Publié en 2014. [en ligne]. URL : [https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203\\_0\\_WebOptimized\\_low.pdf](https://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203_0_WebOptimized_low.pdf). consulté le 27 Avril 2016

# LBC : Label “DECLARE”<sup>1</sup>

Ne devait-on pas avoir les mêmes informations sur les matériaux que sur la nourriture ?<sup>2</sup>

Le label Declare fait partie intégrante de la certification Living Building Challenge (Impératif 12/ Industrie responsable).

A l’origine de ce label une question :

Quatre objectifs en sont ressortis :

- **Etiqueter les composants.**
- **Améliorer la transparence.**
- **Apporter une opportunité pour les fabricants.**
- **Apporter une ressource pour les projets d’équipe.**

DECLARE répond donc à trois questions principales :

- **D’où vient le produit ?**
- **De quoi est-il constitué ?**
- **Où le matériaux va t-il à sa fin de vie ?**

Explication de la fiche *DECLARE* :

- 1 **Lieu d’assemblage final/Espérance de vie du matériau/Option de fin de vie** ( programme de reprise; réparable/réutilisable dans son intégralité; pourcentage du recyclage; décharge; déchets dangereux (%)).
- 2 **Description de la composition du matériau**, chaque éléments est classé grâce à un code couleur pour communiquer sur leurs dangers potentiels (notamment pour les produit de la RED LIST <sup>3</sup>)
- 3 **Identifiant de la société et du produit/Date de validité** (valable durant 12 mois)/**Vérification de la conformité** du produit avec la Red List Living Building Challenge.

**Declare.**

**District Desking System**  
**Teknion**

**1**

**Final Assembly:** North York, Ontario, Canada  
**Life Expectancy:** 20 Years  
**End of Life Options:** Salvageable/Reusable in its Entirety  
**Ingredients:**

**2**

**Worksurface Substrate:** Wood Dust-Unspecified (Alberta, Canada), **Phenol Formadehyde Binder\*\***; **Base Structure:** Steel; **Brackets:** Aluminum, Zinc; **Finish Steel Powder Paint:** Kaolin Clay, Titanium Dioxide, Barium Sulfate, Limestone-Calcium Carbonate; **Finish Storage Powder Paint:** Ethoxylated Trimethylolpropane Triacrylate, Titanium Dioxide; **ABS Plastics:** Acrylonitrile, Carbon Black, Titanium Dioxide, Triphenyl Phosphate, Styrene; **Linoleum:** Flax Seed Oil, Tall Oil, Gum Resin, Wood Flour, Limestone, Paper, Adhesive\*

**3**

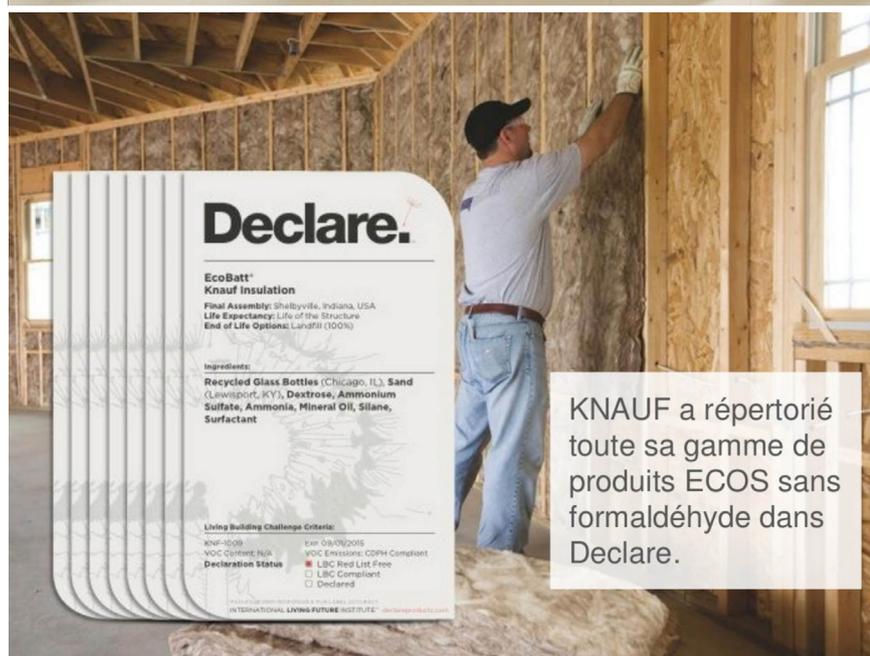
**Declaration Status**

TKN-1006 EXP. 02/01/2017  
VOC Content: N/A VOC Emissions: CDPH Compliant  
 LBC Red List Free  
 LBC Compliant  
 Declared

MANUFACTURER RESPONSIBLE FOR LABEL ACCURACY  
INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE™ declareproducts.com

Figure 1 : Fiche label *DECLARE* - Teknion District Desking System  
Source : Declare Products, *The ingredients label for building products*. [en ligne]. URL : <http://declareproducts.com/content/teknion-district-desking-system/>. consulté le 27 Avril 2016.

## Exemple d'application du Label Declare :<sup>4</sup>



## SOURCES

<sup>1</sup> Declare Products, *The ingredients label for building products*. [en ligne]. URL : <http://www.declareproducts.com/>. consulté le 27 Avril 2016

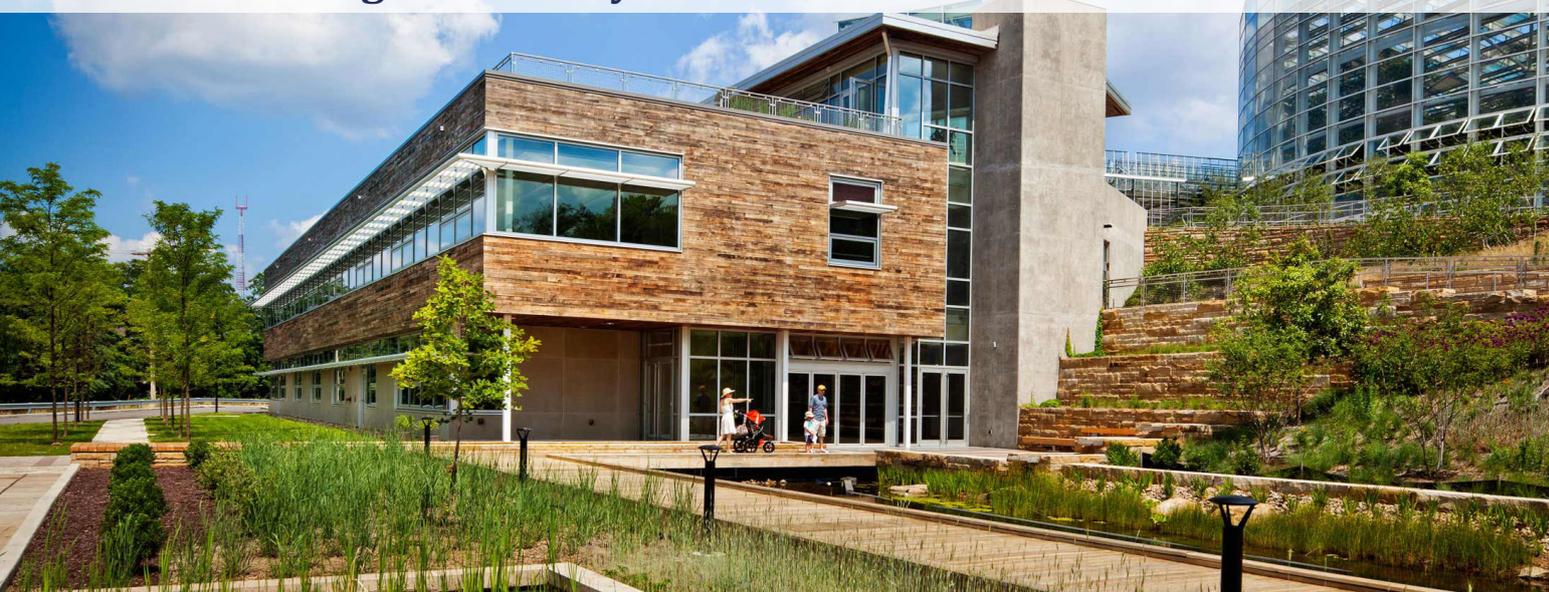
<sup>2</sup> Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris. URL : <http://livingfutureparis2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

<sup>3</sup> International Living Future Institute. *The Red List*. [en ligne]. URL : <https://living-future.org/redlist>. consulté le 27 Avril 2016

<sup>4</sup> Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris. URL : <http://livingfutureparis2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

# LBC : Exemple d'application

## Centre de développement durable du Conservatoire Phillips à Pittsburgh en Pennsylvanie<sup>1-2</sup>.



### Objectifs du centre

- Mettre en place un centre de recherches afin d'étudier les liens entre l'Homme, son environnement et la santé.
- Encourager les modes de vie sains et durables.

### Objectif pour répondre au Living Building Challenge

- Contribuer à créer un bâtiment qui, en 2013, a démontré qu'il fonctionnait avec une consommation énergétique nulle.
- Maintien d'un statut net zéro énergie.
- Une surveillance active des performances énergétiques.

### Conception du bâtiment

- Il est composé de bureaux, de salles de classe, de laboratoires et d'une bibliothèque.
- L'objectif général du bâtiment est l'éducation et la recherche.
- Deux étages.
- Une serre intérieure, construite principalement en verre.
- Bâtiment en béton et en acier/façade en bois/structure métallique.
- Vitrage haute performance.
- Toit végétalisé installé pour réduire l'effet « d'îlot de chaleur » qui offre une couverture imperméable, tout en fournissant une excellente barrière thermique entre les espaces climatisés ou non.
- Système de distribution d'air sous le plancher (UFAD), à faible consommation d'énergie.
- Refroidi par ventilation naturelle.

### Site

Le projet a été construit sur des friches industrielles précédemment développé par le département des travaux publics de la ville de Pittsburgh.

## Energie

L'espace disponible pour l'installation de panneaux photovoltaïques était limité. L'objectif zéro énergie nette représentait donc un défi de taille pour l'équipe de conception.

Le modèle final nous montre :

- Une intensité de la consommation d'énergie de 5,5 kWh/sf par an.
- Une consommation d'énergie pour le bâtiment de 117,623 kWh par an.
- Les panneaux photovoltaïques solaires produisent environ 135,655 kWh par an.
- En 2013, le centre était net positif sur l'énergie.

## Equité

Le Centre est conçu pour ne pas diminuer l'accès à la lumière naturelle et à la qualité de l'air.

Accès à la lumière naturelle :

Le bâtiment est situé sur le versant nord du campus du Conservatoire Phillips. Il est bordé par une colline escarpée inaccessible au sud. Il n'y a aucune façade d'immeubles et aucuns toits ombragés par le bâtiment tout au long de l'année.

Accès à une bonne qualité d'air :

Aucune émission nocive.

## Beauté

- Construit sur une friche industrielle le Conservatoire est aujourd'hui un lieu de production qui prend ce dont il a besoin et ce qu'il a à sa disposition pour offrir un environnement sain et prospère.
- Le projet intègre des technologies de construction écologiques, des stratégies passives et des processus naturels pour produire sa propre énergie et traiter et réutiliser toute l'eau captée sur son site.
- Le site attire plus de 250.000 visiteurs par an, le Conservatoire est donc bien placé pour communiquer l'importance de la conception saine et écologique.
- Plus de 250 espèces de plantes sont représentées, fournissant un habitat pour la faune locale et servant de démonstration pour une application résidentielle.
- Chaque élément utilisé pour ce projet est soumis à une analyse approfondie des ingrédients et des sources afin d'assurer la transparence.

## SOURCES

<sup>1</sup> Living Building Challenge, *Center for Sustainable Landscapes at Phipps Conservatory and Botanical Gardens*. [en ligne]. URL : <http://living-future.org/hipps-conservatory-center-sustainable-landscapes#process>. consulté le 27 Avril 2016

<sup>2</sup> PHIPPS, *Center for Sustainable Landscapes*. [en ligne]. URL : <https://hipps.conservatory.org/green-innovation/at-hipps/center-for-sustainable-landscapes>. consulté le 27 Avril 2016



**Figure 1 : Quand la réponse est dans la nature.**

Source : ISO, Clare Naden. *Actualité, Quand la réponse est dans la nature*. [en ligne]. URL: <http://www.iso.org/iso/fr/news.htm?refid=Ref1952> consulté le 27 Avril 2016.

Les sociétés humaines et les êtres vivants font face aux mêmes contraintes environnementales.

Les principes qui régissent la structure des organismes vivants comme la production d'énergie, la gestion des ressources, des flux d'air, de la gestion de l'eau, le fonctionnement de l'éclairage, leurs interactions avec l'environnement et les écosystèmes pourraient donc être appliqués dans la conception de l'habitat.

La biodiversité et les écosystèmes nous offrent des modèles complets d'adaptation, il est donc devenu pertinent de nous engager dans l'innovation responsable pour repenser nos villes et notre environnement bâti en s'inspirant des systèmes naturels.

Aujourd'hui les éléments de méthodologie en place, tels que formalisés dans la norme ISO 18458 :2015 (F) Biomimétique – Terminologie, concepts et méthodologie, nous proposent trois grandes étapes générales à suivre pour réaliser un processus biomimétique<sup>1</sup> :

1. **Analyse fonctionnelle d'un système biologique**
2. **Abstraction du système biologique vers un modèle**
3. **Transfert et application du modèle (sans utilisation du système biologique)**

Le comité technique ISO/TC 266 en charge de la normalisation internationale des méthodes et approches du biomimétisme divise cette méthodologie en deux voies distinctes d'innovation<sup>2</sup> :

- La poussée biologique (Biology push)
- L'attrait technologique (technology pull)

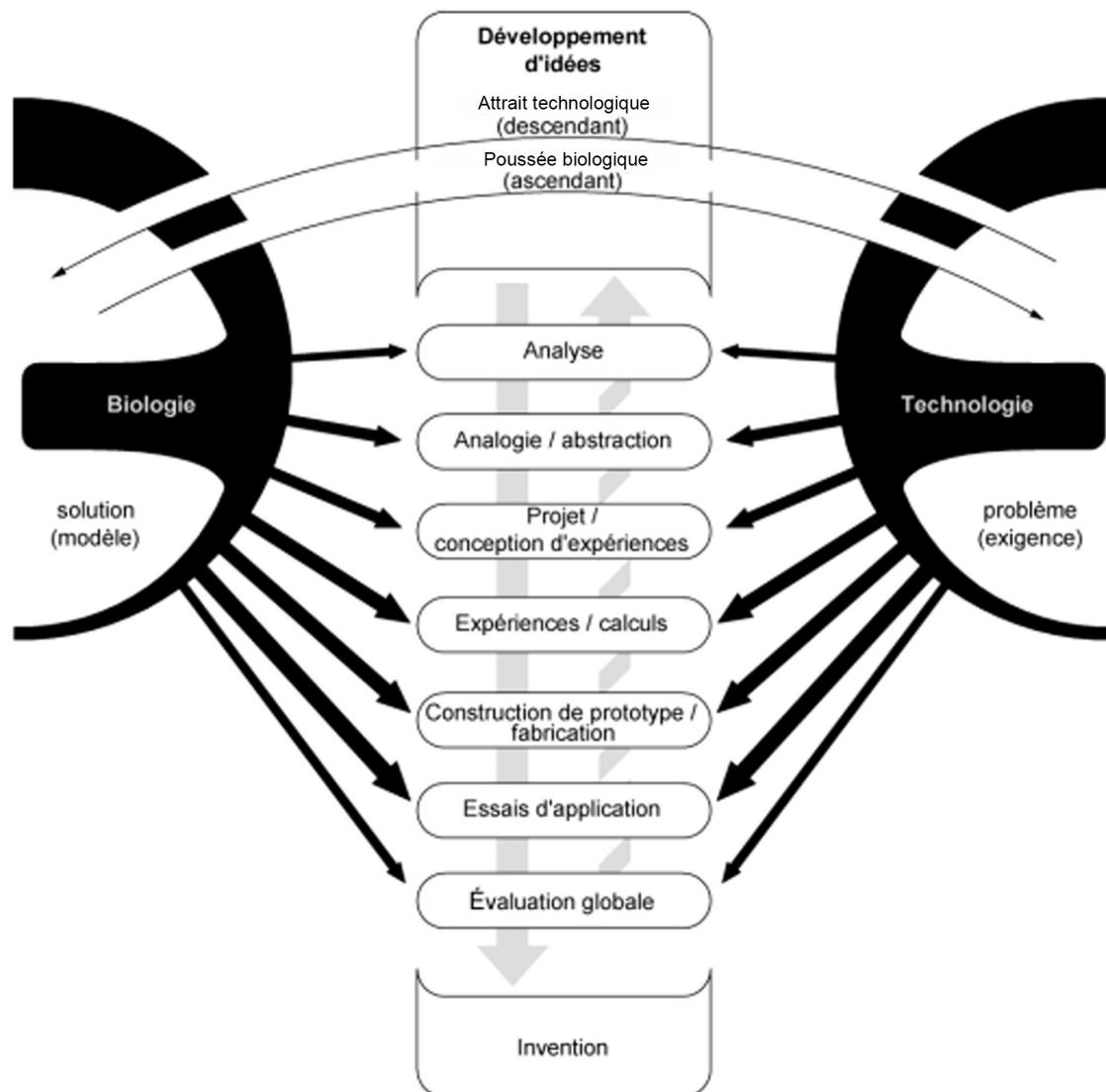


Figure 2 : Diagramme simplifié d'un processus de développement biomimétique

Source : VDI 6220 Part 1: 2012-12, Biomimetics — Conception and strategy — Differences between biomimetic and conventional methods/products. Berlin: Beuth Verlag

## SOURCES

<sup>1-2</sup> ISO/TC 266/SC, ISO 18458:2015(F) : Biomimétique — Terminologie, concepts et méthodologie. Publié le 26 Janvier 2015. [en ligne]. URL : <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:18458:ed-1:v1:fr>. consulté le 27 Avril 2016

# Biology push/Technology pull <sup>1</sup>

## La poussée biologique

La voie de la poussée biologique a pour point de départ les connaissances issues du domaine de la biologie et de la recherche fondamentale et permet de développer des solutions concernant les évolutions technologiques futures qui n'existent pas aujourd'hui (perspective d'avenir).

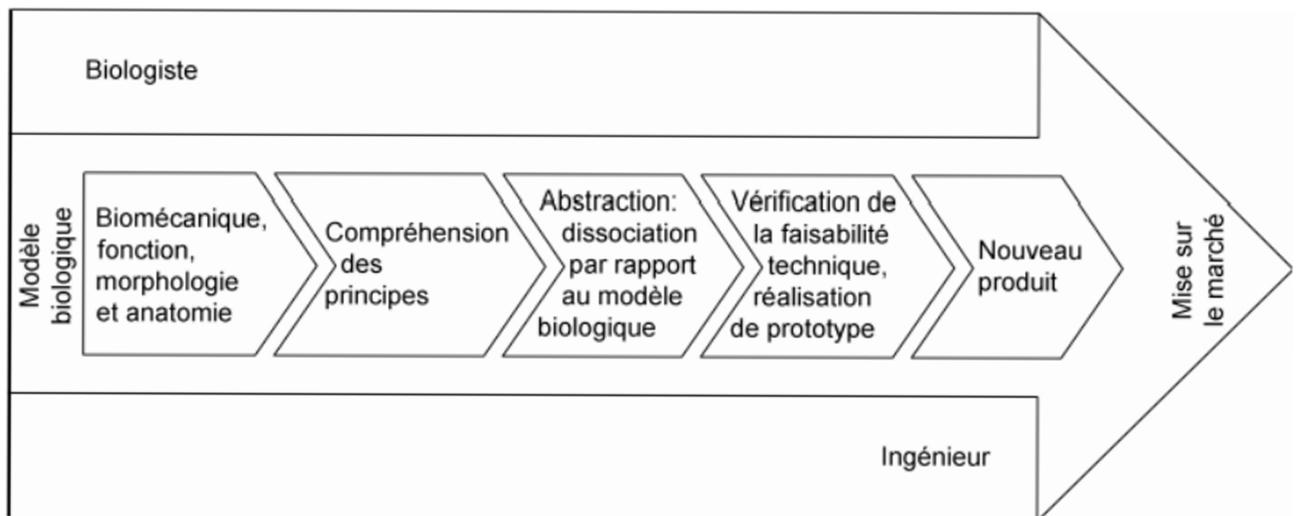


Figure 1 : Processus type de développement biomimétique pour une poussée biologique.

Source : VDI 6220 Part 1: 2012-12, Biomimetics — Conception and strategy — Differences between biomimetic and conventional methods/products. Berlin: Beuth Verlag modifié selon la Référence L. Müller, L. Milwich, M. Gruhl, A. Böhm, H. Gude, M. Haushahn, T. Masselter, T. Schwager, H. Neinhuis, C. & Speck, T. Biomimetically optimized branched fiber composites as technical components of high load capacity. - Technical Textiles. 2013, 56 (5) pp. 231-235

## L'attrait technologique

La voie de l'attrait technologique a pour point de départ un questionnement ou une problématique technique et a pour but de développer des innovations biomimétiques permettant l'amélioration ou l'affinement d'un produit ou processus existant.

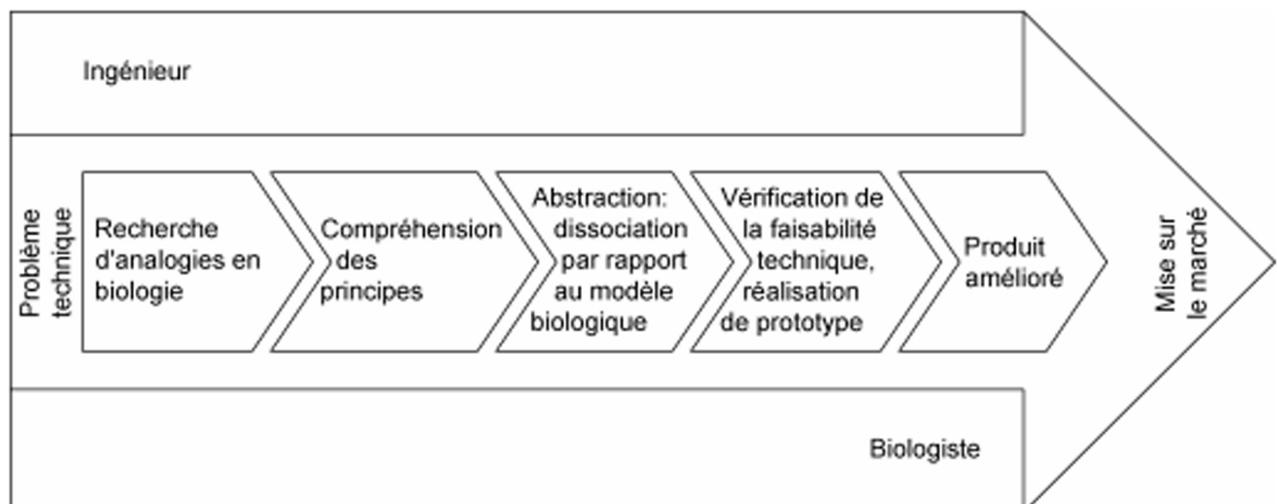


Figure 1 : Processus type de développement biomimétique pour un attrait technologique.

Source : VDI 6220 Part 1: 2012-12, Biomimetics — Conception and strategy — Differences between biomimetic and conventional methods/products. Berlin: Beuth Verlag modifié selon la Référence L. Müller, L. Milwich, M. Gruhl, A. Böhm, H. Gude, M. Haushahn, T. Masselter, T. Schwager, H. Neinhuis, C. & Speck, T. Biomimetically optimized branched fiber composites as technical components of high load capacity. - Technical Textiles. 2013, 56 (5) pp. 231-235

Au regard de ces méthodologies issues de la norme ISO 18 458, **deux éléments sont essentiels** et semble communs aux deux voies proposées :

- **Le travail pluridisciplinaire**
- **La mise en place d'une base de données du vivant**

Il est essentiel que les industriels ou les initiateurs de projets **intègrent dans leurs équipes des biologistes, des écologistes ou autres scientifiques.**

En plus de cette pluridisciplinarité, il est primordial de **mettre en place une base de données détaillées du vivant, qui catégorise et répertorie les différentes caractéristiques du vivant, afin de faciliter la sélection de modèles naturels.**

Bien que des bases de données soient déjà mises en place comme AskNature de Biomimicry 3.8, elles restent encore incomplètes.

## SOURCES

<sup>1</sup> ISO/TC 266/SC, *ISO 18458:2015(F) : Biomimétique — Terminologie, concepts et méthodologie*. Publié le 26 Janvier 2015. [en ligne]. URL : <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:18458:ed-1:v1:fr> consulté le 27 Avril 2016

### Présentations



Paris Region Entreprises<sup>2</sup> est l'agence de développement économique de l'Ile-de-France. Elle a pour mission d'attirer de nouveaux investisseurs internationaux en Ile-de-France et d'accompagner les projets des entreprises créateurs d'emplois pérennes.

Paris Region Entreprises agit plus particulièrement dans quatre grands domaines d'expertises :

- **L'accompagnement des entreprises internationales qui projettent de s'implanter en Ile-de-France**
- **L'accompagnement des projets d'innovation, de la conception à la mise sur le marché**
- **Le développement durable comme levier de croissance économique**
- **L'accompagnement à l'international des entreprises franciliennes**



### Introduction to NATURE INSPIRED SOLUTIONS

A guide to entrepreneurs and innovation support organizations to implement Biomimicry as a tool for responsible innovation

Paris Région Entreprises a dirigé le projet Interreg IVB KARIM sur l'innovation responsable. Entre 2012 et 2015, Paris Région Entreprises a identifié et commencé à expérimenter le biomimétisme comme un outil pour l'innovation responsable et un levier pour la compétitivité des PME.

Paris Région Entreprises est connecté avec le réseau international européen (universités, centres de compétences, PME ...) dans le domaine de la bio-inspiration et a accru la prise de conscience des possibilités d'innovation dans le domaine des nouvelles technologies inspirées de la nature et respectueuses de l'environnement.



INTERREG IV B - 207G - KARIM  
KARIM Project is co-financed by the European Union.



Le manuel « Introduction to nature Based Solutions » est à la fois une introduction au biomimétisme et un guide pour l'examen d'une telle approche comme une opportunité d'innovation responsable au sein d'un projet.

Ce guide est destiné à la fois aux entrepreneurs et aux organisations de soutien à l'innovation, dans le but de :

- **Sensibiliser sur le potentiel des solutions de nature inspirée de l'innovation responsable.**
- **Proposer des moyens d'améliorer le produit (en particulier en termes de durabilité), en prenant l'inspiration de systèmes vivants.**

Le guide est organisé en trois sections :

- **Imiter les propriétés biologiques.**
- **Imiter les stratégies biologiques.**
- **Résoudre un problème technique par la bio-inspiration.**

## Préconisations

La bio-inspiration ne conduit pas systématiquement à des solutions durables.

En effet, les produits bio-inspirés peuvent être fabriqués en utilisant des matériaux qui ne sont ni compatibles avec l'environnement, ni conformes aux exigences de production et de produits durables.

Pour être durable, une innovation bio-inspirée devrait intégrer toutes les dimensions du Biomimétisme :

- **La conception de produit**
- **La production**
- **L'utilisation et la fin de vie devraient employer une énergie et des ressources matérielles renouvelables**
- **Pas de produits toxiques persistants et pas de production de déchets dangereux**
- **La mise en place d'un réseau de relations avec d'autres systèmes (cycle de vie).**

**A noter qu'une norme française biomimétisme et écoconception est en cours de rédaction.**

## SOURCES

<sup>1</sup>Paris Région Entreprise. *KARIM, Introduction to nature inspired Solution*. Janvier 2015. [en ligne]. URL : [http://www.karimnetwork.com/wp-content/uploads/2015/02/Guide\\_Biomimicry\\_online.pdf](http://www.karimnetwork.com/wp-content/uploads/2015/02/Guide_Biomimicry_online.pdf) consulté le 03 mai 2016

<sup>2</sup>Paris Région Entreprise. Accueil. [en ligne]. URL : <http://parisregionentreprises.org/>. consulté le 03 mai 2016

# Bases de données (Choix du modèle biologique)



Figure 1 : AskNature Ep. 19: Fondation et travail du papier chez les guêpes

Source : Biomimicry 3.8, [Video en ligne]. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=9q84npLBqh8>

Aujourd'hui il existe 7 bases de données biologiques fonctionnelles :

- **AskNature de biomimicry 3.8.**
- **Bionics System Database de l'Agence spatiale européenne.**
- **Base Fraunhofer IAO BioPS®**
- **Base de données KN**
- **BioMAPS du BID Lab de l'Université de Toronto**
- **La méthode de la L.H. Shu de l'Université de Toronto**
- **GBIF**

Plus récemment, des réflexions internationales ont été lancées dans le but de construire des infrastructures de la connaissance dans la biomimétique, dans le cadre d'un groupe de travail ISO TC 266 biomimétique.

Cette *Ontology-Enhanced Thesaurus* ou "explorateur de l'ontologie pour la base de la biomimétique", est destiné à combler le fossé entre les besoins des ingénieurs et des données biologiques en introduisant l'ontologie qui est un système de concepts abstraits et généraux.

Des outils complémentaires ont également été développés pour optimiser la récupération d'images associées à des images biologiques, en particulier des surfaces biologiques (comme les poissons ou les insectes) analysés par microscopie électronique.

La formalisation de la bio-inspiration, suit un chemin d'hybridation avec les théories de la conception, actuellement testés et décrits dans la littérature, et comprend la théorie CK, la théorie de FBS, de la théorie TRIZ et l'approche sémantique.

## EN SAVOIR PLUS

- <http://www.asknature.org/>
- <http://www.bionics2space.org/>
- <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/ueber-uns/geschaeftsfelder/tim/525-biops-durchsucht-ideenreservoir-der-natur.html>
- <http://www.biomap.fr/>
- <http://shulab.mie.utoronto.ca/publications/>
- <http://www.gbif.org/>: Le Système Mondial d'Informations sur la Biodiversité est un projet scientifique international, fondé en forme de consortium par l'OCDE en 2001, et qui a pour but de mettre à disposition toute l'information connue sur la biodiversité.
- Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I. & Cheong, H. CIRP Annals-Manufacturing Technology 60, 673–693 (2011). *Biologically inspired design*. [en ligne]. URL : [http://www.mie.utoronto.ca/labs/bidlab-pubs/Journal/2011\\_ShuetAl\\_CIRP\\_BiologicallyInspiredDesign.pdf](http://www.mie.utoronto.ca/labs/bidlab-pubs/Journal/2011_ShuetAl_CIRP_BiologicallyInspiredDesign.pdf). consulté le 03 mai 2016.
- Kozaki, K. & Mizoguchi, R. in *Semantic Technology* 361–377 (Springer, 2014). [en ligne]. URL : <http://iswc2011.semanticweb.org/fileadmin/iswc/Papers/Workshops/OCAS/99990029.pdf>. consulté le 03 mai 2016.
- Haseyama, M., Murata, T. & Ukawa, H. *A new image retrieval interface and its practical use in 'View Search Hokkaido'*. in *Consumer Electronics, 2009. ISCE'09. IEEE 13th International Symposium on* 851–852 (IEEE, 2009).
- Hatchuel, A., Weil, B. & Masson, P. L. *Towards an ontology of design: lessons from C–K design theory and Forcing*. *Res Eng Design* 1–17 (2013). [en ligne]. URL : <http://link.springer.com/article/10.1007/s00163-012-0144-y>. consulté le 03 mai 2016.
- Freitas-Salgueiredo, C. *Modeling inspiration for innovative NPD: lessons from biomimetics*. in (2013). [en ligne]. URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00931190/document>. consulté le 03 mai 2016.
- Tinsley, A. et al. *Exploring the use of functional models as a foundation for biomimetic conceptual design*. in *ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* 79–92 (American Society of Mechanical Engineers, 2007). [en ligne]. URL : [http://scholarsmine.mst.edu/faculty\\_work/5585/](http://scholarsmine.mst.edu/faculty_work/5585/). consulté le 03 mai 2016.
- Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B. & Nataraju, B. S. *A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas*. *Artif. Intell. Eng. Des. Anal. Manuf.* 19, 113–132 (2005). [en ligne]. URL : <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=330433&fileId=S0890060405050109>. consulté le 03 mai 2016.
- Vakili, V., Chiu, I., Shu, L. H., McAdams, D. A. & Stone, R. B. *Including functional models of biological phenomena as design stimuli*. in *ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* 103–113 (American Society of Mechanical Engineers, 2007). [en ligne]. URL : <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1604161>. consulté le 03 mai 2016.
- Cheong, H., Chiu, I., Shu, L. H., Stone, R. B. & McAdams, D. A. *Biologically meaningful keywords for functional terms of the functional basis*. *Journal of Mechanical Design* 133, 021007 (2011). [en ligne]. URL : <http://mechanicaldesign.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1449976>. consulté le 03 mai 2016.
- Altshuller, G. S. *Creativity as an exact science: the theory of the solution of inventive problems*. Gordon and Breach Science Publishers. 1988. 320 p.
- Vincent, J. F., Bogatyreva, O., Pahl, A.-K., Bogatyrev, N. & Bowyer, A. *Putting biology into TRIZ: a database of biological effects*. *Creativity and Innovation Management* 14, 66–72 (2005). [en ligne]. URL : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1476-8691.2005.00326.x/abstract>. consulté le 03 mai 2016.
- Weaver, J. & Kleinke, D. *Extending the TRIZ methodology to Connect Engineering Design Problems to Biological Solutions*. NCIIA 16th Annual Conference. (2012). [en ligne]. URL : <http://search.proquest.com/openview/b9380ad202aa7b5b157ad4e8da00b0c3/1?pq-origsite=gscholar>. consulté le 03 mai 2016.
- Chen, J. L. & Yang, Y.-C. *Eco-Innovation by Integrating Biomimetic with TRIZ Ideality and Evolution Rules*. *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing* 101–106 (2011). [en ligne]. URL : [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-19692-8\\_18](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-19692-8_18). consulté le 03 mai 2016.
- Fayemi, P.-E. I. et al. MODELING BIOLOGICAL SYSTEMS TO FACILITATE THEIR SELECTION DURING A BIO-INSPIRED DESIGN PROCESS. in *DS 80-2 Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED 15) Vol 2: Design Theory and Research Methodology Design Processes*, Milan, Italy, 27-30.07. 15 (2015)

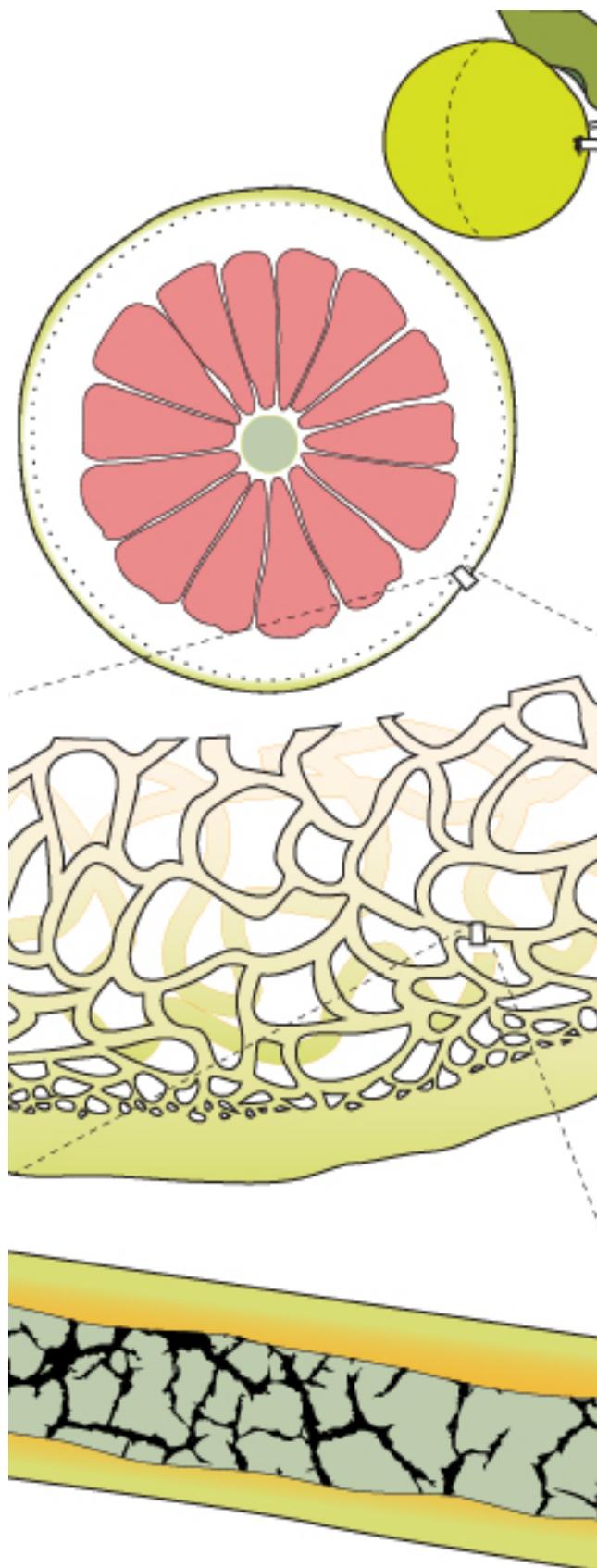


Figure 1 : Structure hiérarchique du pamplemousse  
Source : Emily Harrington

AskNature est la :

- Base de données des solutions issues de la nature, est la plus complète qui existe à ce jour.
- Cette bibliothèque en ligne, ouverte depuis 2008, offre gratuitement des informations sur plus de 1500 phénomènes naturels et sur des centaines d'applications bio-inspirés (Ces chiffres ne cessent d'augmenter).
- AskNature présente des informations qui aident les concepteurs et innovateurs, novices ou professionnels à résoudre des problématiques et des défis humains, en utilisant des matériaux et des processus inspirés du vivant, sains pour l'homme et l'environnement.
- AskNature propose une classification ayant une entrée par fonction des stratégies développées par les espèces (et non une classification par espèces biologiques).
- Les différentes informations sont écrites et alimentées par et pour la communauté de praticiens sous forme de fiches explicatives. Chaque fiche décrit une solution naturelle répondant à une interrogation ainsi que la description de l'organisme vivant concerné.
- La base de données contient près de 1700 fiches explicatives.

Au regard de la multitude d'espèces vivant sur notre planète et du potentiel collaboratif de chaque personne sur la planète, [Biomimicry Institute](#) et [AskNature](#) avec Janine Benyus en tête ont mis en place une nouvelle application : [iNaturaliste](#).<sup>2</sup>

iNaturaliste permet à toute personne de partager ses découvertes et ses photos afin d'augmenter nos connaissances à propos du monde vivant. Cette base de données collaborative est primordiale pour le développement du biomimétisme.



# Les concours internationaux

### VDI International Bionic-Award<sup>1</sup>



L'International Bionic-Award est un prix qui soutient la recherche et le développement orienté vers l'application pratique et l'innovation des jeunes scientifiques dans le domaine biomimétique. Ce concours établit une connexion entre la biologie et la technologie. Les connaissances biologiques deviennent alors des sources d'inspirations pour la création de solutions techniques.

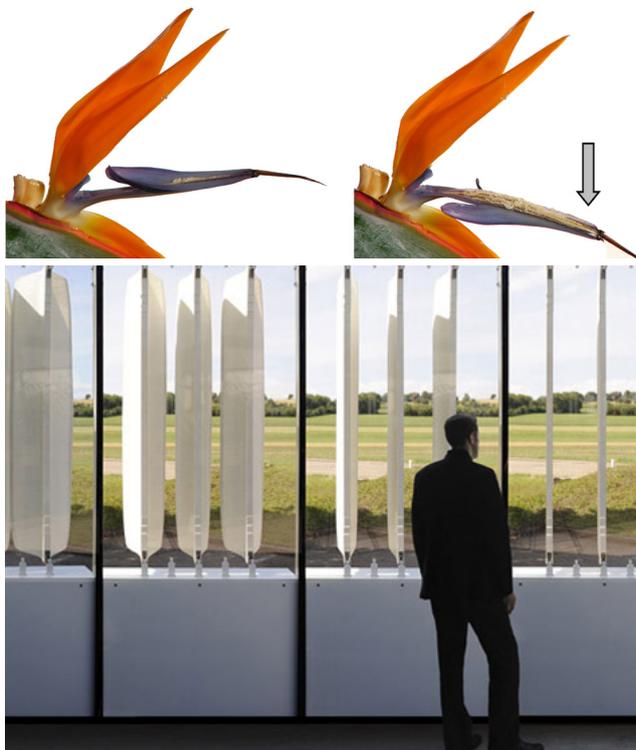


Figure 1 : Flectofin®

Source : International Bionic- Award 2012. Flectofin: hinge-less Flapping Mechanism Inspired by Nature. [en ligne]. URL : [www.itke.uni-stuttgart.de/download.php?id=486](http://www.itke.uni-stuttgart.de/download.php?id=486). consulté le 10 mai 2016



Figure 2 : Membranes polymères autoportantes, appropriées pour des revêtements de surface omniphobes et mécaniquement stables.

La cuticule des collembolés - un modèle pour les surfaces oléofuges robustes. GAGNANT DU PRIX INTERNATIONAL BIONIC 2014: Inspiré par la morphologie de la peau de collembolés

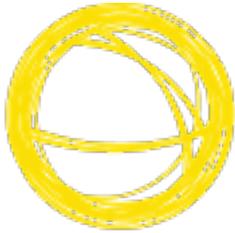
(Photo: © Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden eV)  
Source : VDI. Die flüssigkeitsabweisenden Hautstrukturen von Springschwänzen. [en ligne]. URL : <https://blog.vdi.de/2014/10/die-fluessigkeitsabweisenden-hautstrukturen-von-springschwaenzen/#sthash.BBHrmCXm.dpuf>. consulté le 10 mai 2016

### Gagnants :<sup>2</sup>

- **International Bionic- Award 2008 : Dr-Ing. Michal Hermann<sup>3</sup>**  
Procédé qui permet d'améliorer l'efficacité des échangeurs de chaleur.  
Modèles : feuilles/artères/poumons.
- **International Bionic- Award 2010 : "The technique of a tick as a model"<sup>4</sup>**  
Développement de systèmes de montage bio-inspirés.  
Modèles : Tique.
- **International Bionic- Award 2012 : "Sun protection system inspired by Strelitzia"<sup>5</sup>**  
le Flectofin®: mécanisme de battement charnière inférieure qui permet au façade des bâtiments de s'adapter à la luminosité.  
Modèles : Strelitzia, fleur "Oiseau de paradis".
- **International Bionic Award 2014 : "Omniphobic, mechanically stable surface coatings"<sup>6</sup>**  
Membranes polymères oléofuges calquées sur les structures de la peau de collembole.  
Modèles : Collembolés

**A noter que pour l'International Bionic-Award 2016 deux membres de jury sont français :**

- **Prof. Dr. Jérôme Casas, Université François-Rabelais Tours**
- **Dr. Stéphane Viollet, Université d'Aix-Marseille**



# BIOMIMICRY GLOBAL DESIGN CHALLENGE

Chaque année **Biomimicry Institute** organise, en collaboration avec **la Fondation C. Ray Anderson**, le "Biomimicry Global Design Challenge".

- Ce concours propose à plusieurs équipes de rechercher et d'utiliser des solutions inspirées de la nature pour répondre à des problématiques de durabilité.
- Il est ouvert à tous, partout dans le monde.
- Il propose deux catégories, la première destinée aux étudiants de niveau secondaire et universitaire, la seconde ouverte aux équipes non étudiantes de tous domaines confondus. A la clé, l'obtention d'un financement ainsi qu'une aide au développement des projets lauréats.

Thèmes des "Biomimicry Global Design Challenge"<sup>8</sup> :

- **2011 : Efficacité énergétique**
- **2012 : Gestion de l'eau**
- **2013-2014 : Transport**
- **2015-2016 : Système alimentaire**

Afin d'attirer un grand nombre de participants les thématiques de ce concours sont générales, l'objectif étant d'inciter au travail interdisciplinaire au sein d'équipes et de participer à la propagation de l'enseignement des processus biomimétique.

## SOURCES

<sup>1</sup> VDI, L'Association des ingénieurs allemands. *VDI international Bionic Award 2016*. [en ligne]. URL : <http://challenge.biomimicry.org/en/>. consulté le 10 mai 2016

<sup>2</sup> VDI, L'Association des ingénieurs allemands. *VDI International Award Bionic*. [en ligne]. URL : <http://www.vdi.eu/engineering/technical-divisions/technologies-of-life-sciences/bionic-award/review-bionic-award-2014/>. consulté le 10 mai 2016

<sup>3</sup> Fraunhofer ISE. *Fraunhofer ISE and CGA Technologies S.p.A. Conclude Licensing Contract*. [en ligne]. URL : <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/presseinformationen-2013/fraunhofer-ise-and-cga-technologies-s.p.a.-conclude-licensing-contract>. consulté le 10 mai 2016

<sup>4</sup> Die Bioniker. *Presse*. [en ligne]. URL : <http://www.diebioniker.de/presse/>. consulté le 10 mai 2016

<sup>5</sup> International Bionic- Award 2012. *Flectofin: hinge-less Flapping Mechanism Inspired by Nature*. [en ligne]. URL : [www.itke.uni-stuttgart.de/download.php?id=486](http://www.itke.uni-stuttgart.de/download.php?id=486). consulté le 10 mai 2016

<sup>6</sup> VDI. *Die flüssigkeitsabweisenden Hautstrukturen von Springschwänzen*. [en ligne]. URL : <https://blog.vdi.de/2014/10/die-fluessigkeitsabweisenden-hautstrukturen-von-springschwaenzen/#sthash.BBHrmCXm.dpuf>.

<sup>7</sup> Biomimicry Global Design Challenge. [en ligne]. URL : <http://challenge.biomimicry.org/en/>. consulté le 03 mai 2016

<sup>8</sup> Biomimicry Global Design Challenge. *Submissions gallery*. [en ligne]. URL : <http://challenge.biomimicry.org/en/>. consulté le 03 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## Centre SFB-TRR 141 : Présentation



Présentation du Centre de recherche collaboratif SFB- TRR 141 : Conception biologique et structures intégratives - Analyse, Simulation et mise en œuvre en architecture.<sup>1</sup>

### Typologie de projet :

Le centre SFB-TRR 141 apporte une nouvelle approche de la conception et de la construction dans l'architecture.

Les développements et les innovations récentes dans la conception de calcul, la simulation et la fabrication offrent de nouvelles options pour le transfert des structures naturelles à l'échelle de la construction de bâtiments et d'autres domaines de la technologie.

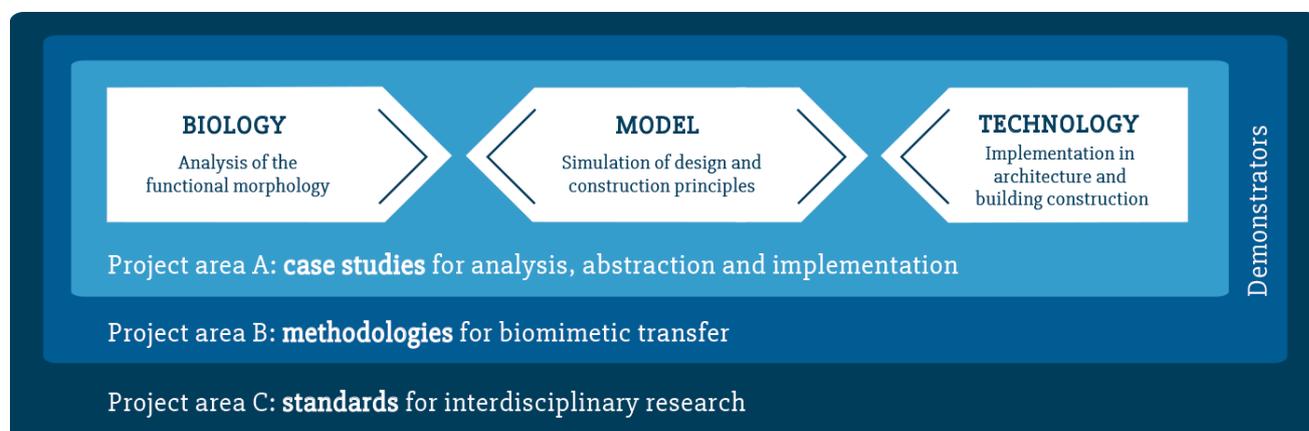
### Financement :

La Fondation allemande pour la recherche (DFG) a décidé lors de sa réunion le 15 mai 2014, de promouvoir la conception biologique et structures intégratives au centre de recherche collaboratif transrégional TRR 141 avec 9,3 millions d'euros pour quatre ans.

### Objectifs du centre

- Augmenter les performances 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 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.

### Structure du TRR 141



- Les caractéristiques fonctionnelles importantes, issues des analyses des systèmes biologiques, sont extraites dans un « Modèle ».
- Le « Modèle » est la base de la simulation pour la mise en œuvre technique afin d'aboutir à une implantation dans la conception architecturale.

## Architectes et d'ingénieurs de l'Université de Stuttgart

### Modélisation et simulation : Conception et construction : Fabrication :

- Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Bischoff
- Prof. Dr. rer. nat. Siegfried Schmauder
- Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Nicole Radde
- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers
- Prof. Dr. Oliver Röhrle
- Prof. Dr. Klaus Sedlbauer
- Prof. AA Dipl. (Hons.) Achim Menges
- Prof. Dr. phil. M. A. Gerd de Bruyn
- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek
- Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers
- Dr.-Ing. Armin Lechler
- Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser

## Sciences naturelles

### Biologistes et physiciens de l'Université de Freiburg :

- Prof. Dr. Dipl. Ing. Günter Reiter
- Dr. rer. nat. Tom Masselter
- Dr. rer. nat. Olga Speck
- Prof. Dr. rer. nat. Thomas Speck
- Prof. Dr. rer. nat. Ralf Reski

### Géo-scientifiques et biologistes évolutionnistes de l'Université de Tübingen. :

- Prof. Klaus G. Nickel, PhD
- Prof. Dr. Oliver Betz
- Prof. Dr. James Nebelsick
- PD Dr. rer. nat. Anita Roth-Nebelsick

## Partenaires

- Université de Stuttgart
- Université de Freiburg
- Université de Tübingen
- Muséum d'histoire naturelle de Stuttgart
- Fraunhofer IBP
- DFG (Fondation allemande pour la recherche)

## SOURCES

<sup>1</sup> SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *Home*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/>. consulté le 03 mai 2016

<sup>2</sup> SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *People*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/people/>. consulté le 03 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## Centre SFB-TRR 141 : Projets

---

### Liste des projets et leur articulation<sup>1</sup>

#### Projet A : études de cas pour l'analyse, l'abstraction et la mise en œuvre :

- A01 > Transport de chaleur et de masse dans les matériaux poreux naturels à structure gradient : des propriétés fonctionnelles des tissus végétaux vers des matériaux de construction adaptés. (Prof.Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers/PD Dr. rer. nat. Anita Roth-Nebelsick)
- A02 > Plantes et animaux comme source d'inspiration pour la dissipation de l'énergie dans les systèmes de support de charge et façades. (Prof.Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek/Prof. Dr. rer. nat. Thomas Speck/Prof. Klaus G. Nickel)
- A03 > Inspiration par les plantes et les animaux : des structures en forme de bâtonnets actionnés présentent une rigidité adaptative et une cinématique continue sans joints. (Prof.Dr. Oliver Betz/DR. rer. nat. Olga Speck/Prof. Dr. Oliver Röhrle/Prof.Dr.-Ing. Jan Knippers)
- A04 > Cinématique de surfaces végétales planes, courbes et ondulées comme générateurs de concepts pour les systèmes déployables en architecture. (Prof.Dr.-Ing. Jan Knippers/Prof. Dr. rer. nat. Thomas Speck/Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Bischoff) -> Façade Flectofins.
- A06 > branches et axes issus de certaines espèces de plantes comme générateurs de concepts pour les articulations portantes de structures ramifiées. (Prof.Dr.-Ing. Jan Knippers/DR. rer. nat. Tom Masselter/Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser/JUN.-Prof. Dr. rer. nat. Nicole Radde)
- A07 > Etude du squelette du dollar de sable comme un modèle biologique pour enveloppes segmentées dans le domaine de la construction. (Prof.Dr.-Ing. Jan Knippers/Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Bischoff/PD Dr. rer. nat. Anita Roth-Nebelsick/Dr. Ing. Armin Lechler/Prof. AA Dipl. (Hons.) Achim Menges)
- A08 > Modelage par dépôt de matière en fusion d'enveloppes architecturales basées sur la formation de la coquille des mollusques. (Prof. AA Dipl. (Hons.) Achim Menges/PD Dr. James Nebelsick/Prof. Dr. Dipl. Ing. Günter Reiter/Dr.-Ing. Armin Lechler)
- A09 > Analyse des chloroplastes de *Physcomitrella patens* pour révéler des principes d'adaptation conduisant à une stabilité structurelle à l'échelle nanométrique. (Prof. Dr. Oliver Röhrle/Prof. Dr. rer. nat. Ralf Reski)

## Projet B: méthodes de transfert biomimétique :

- B01 > Mise à l'échelle des propriétés des constructions biologiques et biomimétiques très poreuses. (Prof. Klaus G. Nickel/Dr. rer. nat. Siegfried Schmauder/Prof. Dr. rer. nat. Thomas Speck)
- B02 > Les processus évolutifs moteurs des variations et diversité biologiques comme modèles pour les outils de conception numérique exploratoires en architecture. (Prof. AA Dipl. (Hons.) Achim Menges/PD Dr. rer. nat. Anita Roth-Nebelsick/Prof. Dr. rer. nat. Ralf Reski)
- B03 > Simulation multifonctionnelle des conceptions et matériaux biologiques et biomimétiques complexes. (Prof. Klaus G. Nickel/Dr. rer. nat. Siegfried Schmauder/Prof. Dr. rer. nat. Thomas Speck/Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers)
- B04 > Fabrication de structures biomimétique et d'inspiration biologique (modulaire) pour une utilisation dans l'industrie de la construction. (Dr.-Ing. Armin Lechler/Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek/Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser)
- B05 > Conception structurelle avec des méthodes biologiques : optimalité, multifonctionnalité et robustesse. (Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Bischoff/JUN.-Prof. Dr. rer. nat. Nicole Radde)

## Projet C: Normes interdisciplinaire pour la recherche biomimétique :

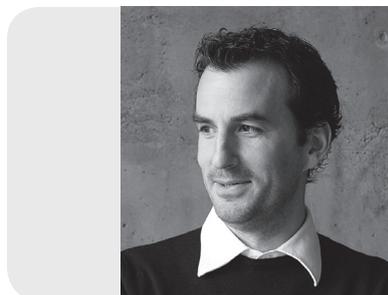
- C01 > La promesse biomimétique : les solutions naturelles comme des générateurs de concepts pour le développement de technologies durables dans le secteur de la construction. (Dr. rer. nat. Olga Speck/Prof. Dr. Klaus Sedlbauer)
- C02 > Concepts des organismes biologiques et l'architecture comme base pour un synopsis interdisciplinaire de la construction biomimétique. (Prof. Dr. Oliver Betz/Prof. Dr. phil. M. A. Gerd de Bruyn/Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers/PD Dr. James Nebelsick)

## SOURCES

<sup>1</sup> SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *Projects*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/research-areas/>. consulté le 03 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## SFB-TRR 141 : Travaux remarquables



### Prof. AA Dipl. Achim Menges Modélisation numérique et Architecture computationnelle :

Né en 1975, Achim Menges est un architecte et un théoricien de la conception computationnelle en architecture. Il est une figure incontournable de la pensée et de l'ingénierie biomimétiques.

Diplômé en 2002 de l'Architectural Association de Londres, il est membre du réseau international OCEAN NORTH de 2004 à 2009 et développe, avec Michaël Hensel, Directeur du Centre de Recherche pour l'Architecture et la Tectonique (RCAT) à l'École d'Architecture d'Oslo, Norvège (AHO), la notion de « morpho-écologie ». Comme pour un organisme vivant, le processus de formation de ses objets est implémenté de paramètres environnementaux et structurels. Professeur invité dans de nombreuses écoles européennes et Américaines, il est notamment enseignant à l'Université de Stuttgart, où il devient, en 2008, le directeur et fondateur de LICD : Institute for Computational Design. Au sein de ce centre, il conçoit, grâce aux croisements des données structurelles, matérielles, programmatiques et contextuelles, des bâtiments « réagissant » par eux-mêmes aux conditions environnementales.<sup>1</sup>

Ce champ d'exploration et d'étude, fondé sur une réplique calculée des éléments naturels et de logiques morphogénétiques, génère des réalisations spectaculaires, assistées par ordinateur et réalisées à l'aide de nouveaux moyens de production (impression 3D, Robots), comme le démontre les différents pavillons (six à ce jour) de recherche qu'il développe chaque année depuis 2010, avec ses étudiants.

Son travail est basé sur une approche interdisciplinaire en collaboration avec des ingénieurs de structure, des informaticiens, des spécialistes des matériaux et des biologistes. Ses études et réalisations, actent une convergence entre computation et matérialisation, et trouvent une application concrète dans le champ de la construction.

Achim Menges a publié plusieurs livres sur son travail et ses recherches ainsi que sur les domaines connexes de la recherche en design, et il est l'auteur/co-auteur de nombreux articles et documents scientifiques.

Il a reçu de nombreux prix internationaux pour ses projets et ses recherches en design et architecture. Publié et exposé dans le monde entier, il fait partie de plusieurs collections de musées de renom, et notamment, la collection permanente du Centre Pompidou à Paris.



Figure 1 : Recherches et conceptions (1)

Source : <http://www.achimmenges.net/?p=4897>

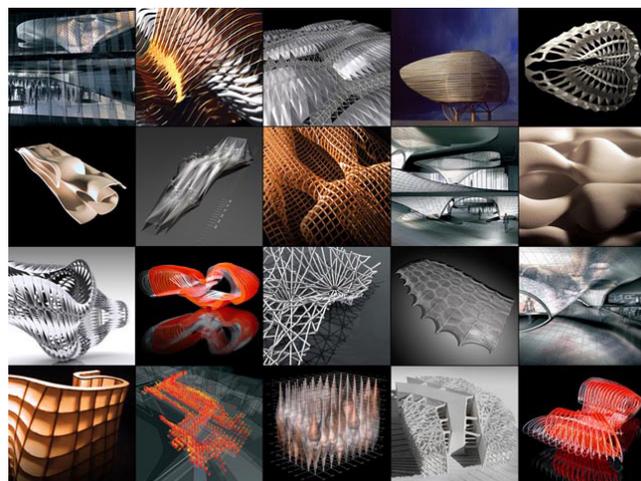


Figure 2 : Recherches et conceptions (2)

Source : <http://www.achimmenges.net/?p=4881>

## Projets de recherches de l'ICD



Pavillon de recherche 2010  
<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>  
Modèle biologique : les propriétés du bois du bouleau



Pavillon de recherche 2011  
<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=6553>  
Modèle biologique : squelette du dollar de sable



Pavillon de recherche 2012  
<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807>  
Modèle biologique : exosquelette du homard



Pavillon de recherche 2013-2014  
<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=11187>  
Modèle biologique : élytre de coléoptère



Pavillon de recherche 2014-2015  
<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=12965>  
Modèle biologique : l'araignée d'eau



Pavillon de recherche 2015-2016  
<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=15111>  
Modèle biologique : squelette du dollar de sable

## SOURCES

<sup>1</sup> Achim Menges. *ICD, Institut for Computational Design, Faculty of Architecture and urban planning.* [en ligne]. URL : <http://icd.uni-stuttgart.de/?cat=6>. consulté le 04 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## SFB-TRR 141 : Travaux remarquables

### HYGROSKIN – METEOROSENSITIVE PAVILION1 par Achim Menges en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert (ICD)



Figure 1 : *HygroSkin | Meteorosensitive Pavilion*, Achim Menges en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert, Université : ICD Université de Stuttgart

Source : <http://superarchitects.world/portfolio/hygroskin/>

#### Problématique

- Gestion de l'humidité dans un bâtiment.

#### Constats

- Dans un bâtiment : réactivité réalisée à l'aide de techniques de détections mécanique ou électronique (capteurs), acheminant d'un signal vers un organe de contrôle central (GTB), déclenchant alors un actionneur pour permettre la régulation.
- Dans la nature : divers systèmes biologiques ont une capacité de réactivité à l'environnement ancrée dans le matériau lui-même, notamment les végétaux.

#### Sélection d'un modèle naturel

La pomme de pin :

- Matériau naturel réactif à l'environnement.
- Gestion autonome de l'humidité : Le mouvement est indépendant de toute fonction métabolique et donc, il ne consomme pas d'énergie. (Sans énergie et sans contrôle mécanique ou électronique).
- Tissu structuré bicouche qui répond passivement aux stimuli de l'environnement : Ouverture des écailles si le temps est sec et fermeture lors d'un temps humide.

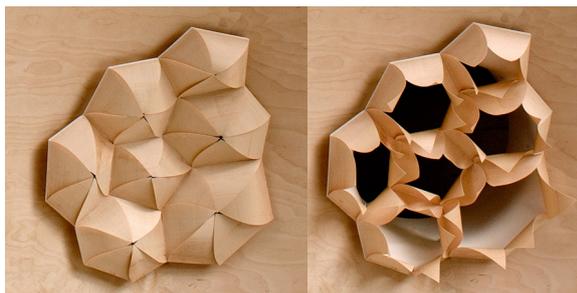


Figure 2 : *HygroSkin | Meteorosensitive Pavilion*, Achim Menges en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert, Université : ICD Université de Stuttgart

Source : <http://superarchitects.world/portfolio/hygroskin/>

## Identification de la fonction à observer

- Fonction : Instabilité dimensionnelle du bois par rapport à la teneur en eau.

## Abstraction

- Utilisation du bois et de la capacité d'auto-déformation des feuilles de contreplaqué initialement planes pour former des surfaces coniques en fonction de l'humidité de l'environnement.
- Les ouvertures répondent aux changements d'humidité relative à une fourchette de 30% à 90 %, ce qui correspond à la plage d'humidité qu'il y a entre la lumière du soleil et la pluie dans un climat tempéré.
- Procédés de fabrication de robots 7 axes.



Figure 3 : *HygroSkin | Meteorosensitive Pavilion, Achim Menges en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert, Université : ICD Universität de Stuttgart*

Source : <http://superarchitects.world/portfolio/hygroskin/>

## Transfert et application

Peau architecturale météo-sensible :

- L'utilisation du bois-composite permet à l'enveloppe architectural, d'ajuster la porosité du pavillon en réponse directe aux changements d'humidité de son environnement.
- L'enveloppe du pavillon est aussi sa structure portante.



Figure 4 : *HygroSkin | Meteorosensitive Pavilion, Achim Menges en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert, Université : ICD Universität de Stuttgart*

Source : <http://superarchitects.world/portfolio/hygroskin/>

## SOURCES

<sup>1</sup> Prof. Achim Menges, ICD Universität Stuttgart. *HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion*. [en ligne]. URL : <http://www.achimmenges.net/?p=5612>. consulté le 04 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## SFB-TRR 141 : Travaux remarquables

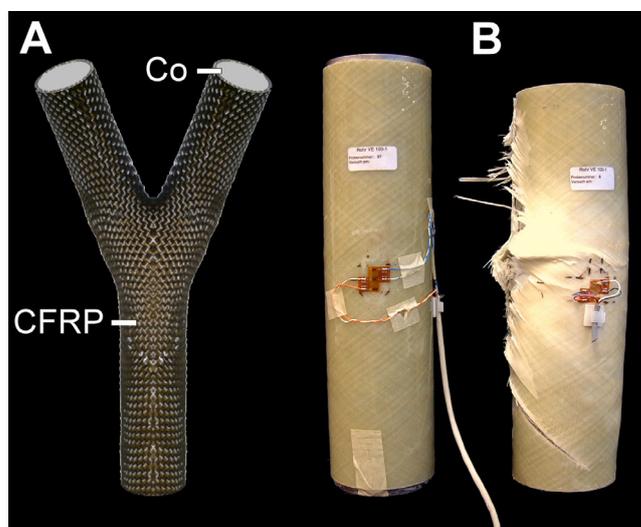


**Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser**  
**Textiles et matériaux**  
**à base de fibres<sup>1</sup> :**

Un des principaux objectifs de la recherche collaborative menée dans le cadre du CRC TRR 141 est la production de structures biomimétiques complexes par des processus additifs telles que le dépôt de matière fondue, la pulvérisation, le trempage, la pultrusion ou encore une hybridation de ces techniques.

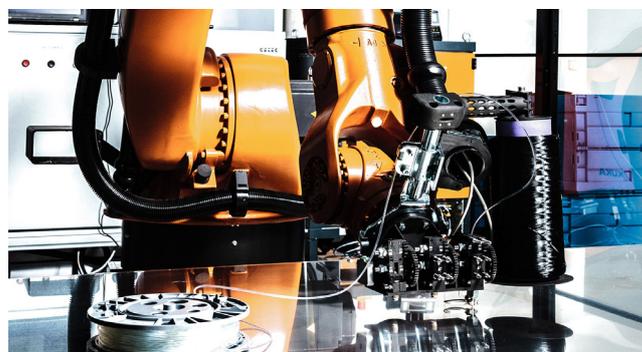
En général, les procédés de production par couche sont appropriés pour le développement des géométries et des structures complexes, l'intégration fonctionnelle de composants et, par conséquent, la génération de structures légères basées sur des modèles physiques.

En plus de la complexité de la géométrie de ces modèles, le choix des matériaux utilisés et leur comportement résultant doit être pris en considération. Partant du principe que le portage de charge de la matière vivante est le transfert de la charge par l'intermédiaire de fibres enrobées dans une matrice, diverses caractéristiques macroscopiques des matériaux de construction sont en cours de réalisation par l'intégration de matériaux fibreux divers. Ainsi, la production de structures renforcées par des fibres avec un comportement à gradient devrait être possible par des procédés par couche par pultrusion et spatiale.<sup>2-3</sup>



**Figure 1 :**  
*Gauche : nouveau polymère carbone biomimétique renforcé de fibres (CFRP) développé par l'ITV rempli de béton.*  
*Droite : échantillon pour essai préliminaire sur FRP confinés en béton avant le chargement.*

Source :TRR-141. A06 > Branching and axes in selected plant species as concept generators for high load-bearing joints of branched building structures. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/a06/>. consulté le 04 mai 2016



**Figure 2 : Tête d'impression 3D intégrant la fibre de carbone**

Source :TRR-141. B04 > Fabrication of biomimetic and biologically inspired (modular) structures for use in the construction industry. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/b04/>. consulté le 04 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup>TRR-141. *Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser*. [en ligne]. URL : [http://www.trr141.de/index.php/people/?page\\_id=189](http://www.trr141.de/index.php/people/?page_id=189). consulté le 05 mai 2016

<sup>2</sup>TRR-141. *A06 > Branching and axes in selected plant species as concept generators for high load-bearing joints of branched building structures*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/a06/>. consulté le 05 mai 2016

<sup>3</sup>TRR-141. *B04 > Fabrication of biomimetic and biologically inspired (modular) structures for use in the construction industry*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/b04/>. consulté le 05 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## SFB-TRR 141 : Travaux remarquables



**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek**  
**Bétons poreux <sup>1</sup> :**

*“2 milliards de jeunes de moins de 16 ans auront besoin d’un habitat dans les 10 prochaines années.*

*Si on devait le construire en béton, cela représenterait en quantité de matière l’équivalent d’un mur tout autour de l’équateur de 30 cm de large et ... 2200 m de haut.”<sup>2</sup>*

Outre le fait que nous ne disposerons pas d’autant de ressources minérales, la production de béton est l’un des plus importants émetteurs de GES.

Il est donc urgent de concevoir des matériaux de construction qui soient beaucoup moins consommateurs de matière et d’énergie.

L’objectif des travaux de Werner Sobek sur les bétons poreux est de concevoir un matériau :

- **D’un poids minimum**
- **Utilisant des ressources locales**
- **Disposant d’un minimum d’énergie grise (basée sur des sources d’énergie fossile)**
- **Respectueux de l’environnement et recyclable**
- **Multifonctionnel**

Le béton poreux développé par Sobek s’inspire de la morphogénèse des os, où la matière est positionnée uniquement sur les lignes de force : les conditions de forces expriment le phénotype de l’os.

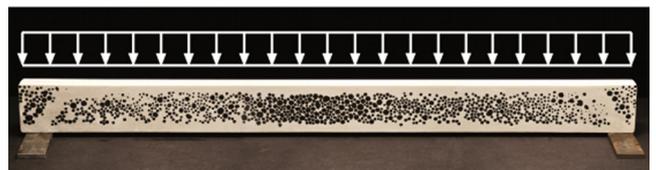


**Figure 2 : Section d’un os du col du fémur: densité graduée de la structure**

Source : Dipl.-Ing. Michael Herrmann, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr.h.c. Werner Sobek, Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design, University of Stuttgart. *Development of Weight-Optimised, Functionally Graded Precast Slabs*. [en ligne]. URL : [https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf\\_e\\_F\\_2945.pdf](https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf_e_F_2945.pdf). consulté le 05 mai 2016

Grâce à une technique de dispersion précise des zones creuses dans la matrice du béton, en fonction des contraintes de charges sur l’ouvrage, Sobek parvient à créer un béton fonctionnel à porosité graduelle (functionally graded concrete).

Le matériau résultant offre une résistance adaptée à ses conditions d’emploi tout en utilisant un minimum de matière et dispose par ailleurs de propriétés thermiques intéressantes ( $U = 0,27$ ).<sup>3-4</sup>



**Figure 2 : Béton poreux: distribution de la porosité**

Source : Dipl.-Ing. Michael Herrmann, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr.h.c. Werner Sobek, Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design, University of Stuttgart. *Development of Weight-Optimised, Functionally Graded Precast Slabs*. [en ligne]. URL : [https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf\\_e\\_F\\_2945.pdf](https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf_e_F_2945.pdf). consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup>TRR-141. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek. [en ligne]. URL : [http://www.trr141.de/index.php/people/?page\\_id=217](http://www.trr141.de/index.php/people/?page_id=217). consulté le 05 mai 2016

<sup>2</sup>SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *SFB/Transregio 141 Conference 2015*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/trr141-conference-information/>. consulté le 05 mai 2016

<sup>3</sup>TRR-141. B04 > *Fabrication of biomimetic and biologically inspired (modular) structures for use in the construction industry*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/b04/>. consulté le 05 mai 2016

<sup>4</sup>Dipl.-Ing. Michael Herrmann, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr.h.c. Werner Sobek, Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design, University of Stuttgart. *Development of Weight-Optimised, Functionally Graded Precast Slabs*. [en ligne]. URL : [https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf\\_e\\_F\\_2945.pdf](https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf_e_F_2945.pdf). consulté le 05 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## Lidia Badarnah Kadri<sup>1</sup>

### Travail sur l'enveloppe des bâtiments

Le Dr Lidia Badarnah Kadri est une architecte et une chercheuse ayant des intérêts majeurs pour :

- Le biomimétisme
- Les enveloppes de bâtiment adaptatives
- La conception environnementale et l'aménagement urbain

Elle est actuellement en post doctorat au *Building Technology Program*<sup>2</sup> (Programme de technologie du bâtiment) du Massachusetts Institute of Technology (MIT).

En 2012, la chercheuse a obtenu son doctorat en architecture à l'Université de Technologie de Delft au Pays-Bas. Elle est spécialisée dans la *conception d'enveloppes adaptatives biomimétiques pour l'environnement bâti*. Le croisement entre l'architecture et les sciences est évident dans le travail du Dr Lidia Badarnah.

En 2014, dans sa recherche intitulée « *A methodology for the generation of biomimetic design concepts* »<sup>3</sup> réalisé, en collaboration avec le théoricien et physicien Usama Kadri<sup>1</sup> elle a été amené à étudier les deux principales méthodologies mis en place en biomimétisme, à savoir la méthodologies *Solution Based* et la méthodologie *Problem Based*.<sup>4</sup>

Après avoir étudié les différentes méthodologies, elle présente, dans sa thèse de doctorat, la *méthodologie BioGen*<sup>5</sup> (biomimetic design concept) qui propose une stratégie pour le développement de concepts biomimétiques :

- Créer des plateformes d'informations biophysiques
- Trouver des analogies (principe abstraction)
- Traduire les principes en éléments de conception

Cette méthodologie est primordiale pour l'architecte

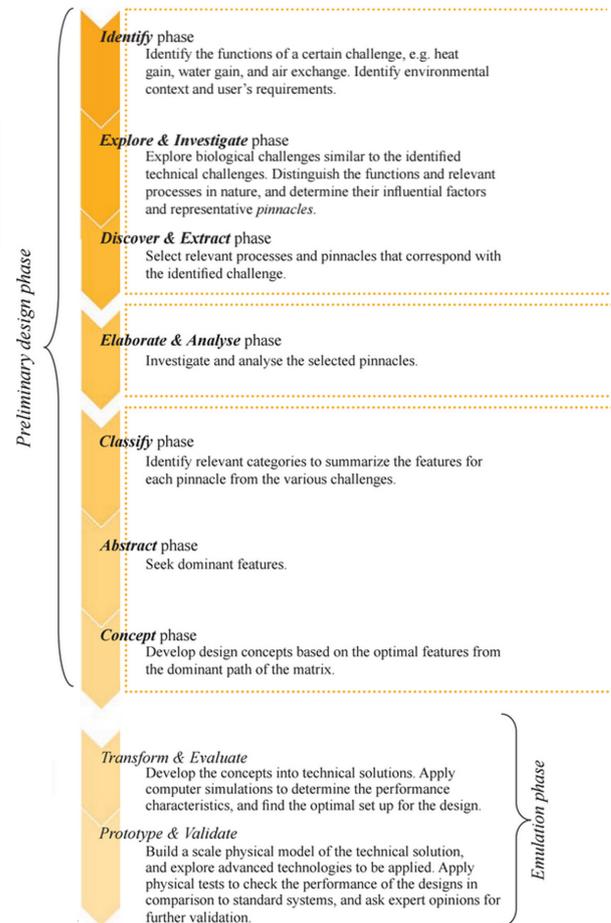


Figure 1: "Phases of preliminary design phase" et "emulation phase"

Source : Lidia BADARNAH KADRI. Thèse : *Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation* . p.46. [en ligne]. URL : [http://media.wix.com/ugd/ef2c31\\_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf](http://media.wix.com/ugd/ef2c31_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf). consulté le 05 mai 2016

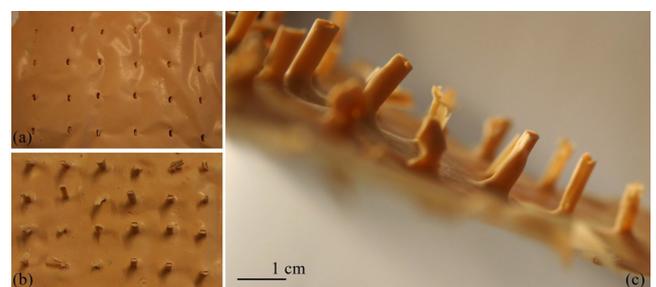


Figure 2: Membrane perméable. Surface avec valves intégrées en gel Platsil qui permet un flux unidirectionnel. (A) Le côté entrée de la surface. (B) du côté sortie de la surface montrant les tubes intégrés, qui fonctionnent comme des soupapes. (C) perspective avec valves intégrées

Source : Lidia BADARNAH KADRI. Thèse : *Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation* . p.81. 2012. [en ligne]. URL : [http://media.wix.com/ugd/ef2c31\\_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf](http://media.wix.com/ugd/ef2c31_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf). consulté le 05 mai 2016

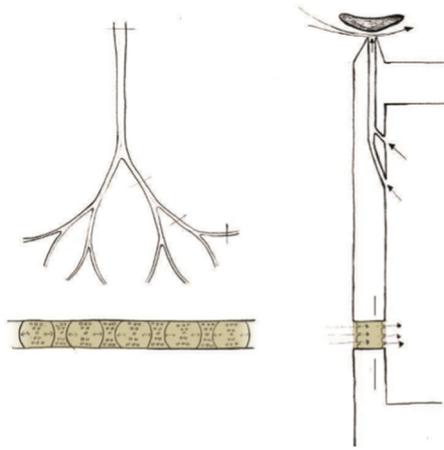


Figure 3 : Illustrations of the breathing envelope. (a1) the branching chimney with numerous inlets and one outlet, where Bernoulli's principle applies for expelling air. (a2) the chimney has four generations with successive diameters, from d1-d4. (b1) at the relaxed state of the elastic membranes (diaphragms), air infiltrates through the permeable chambers. (b2) section bb: the permeable chambers expanding and contracting, simultaneously.

Source : Lidia BADARNAH KADRI. Thèse : *Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation* . p.79. [en ligne]. URL : [http://media.wix.com/ugd/ef2c31\\_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf](http://media.wix.com/ugd/ef2c31_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf). consulté le 05 mai 2016

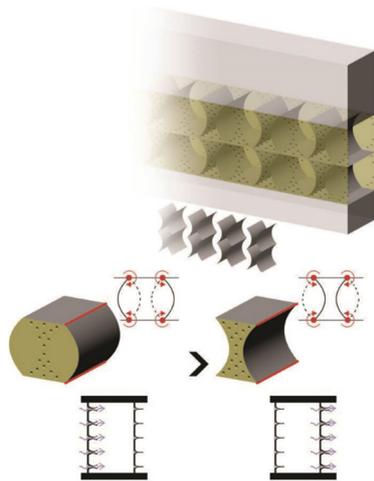


Figure 3 : Permeable chamber. Air infiltration and active air supply. (a) An expanding chamber results in sucking the air through the outer elastic membrane, and (b) a contracting chamber results in expelling the air through the inner membrane

Source : Lidia BADARNAH KADRI. Thèse : *Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation* . p.80. [en ligne]. URL : [http://media.wix.com/ugd/ef2c31\\_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf](http://media.wix.com/ugd/ef2c31_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf). consulté le 05 mai 2016

Ses recherches actuelles se concentrent sur la conception de nouvelles solutions biomimétiques pour améliorer la performance thermique des matériaux et des systèmes de construction.

Pour la chercheuse, le maintien du confort thermique, pour les espaces clos utilisés par des personnes est l'un des objectifs majeurs de l'enveloppe d'un bâtiment. Cette enveloppe est souvent considérée comme une barrière thermique ayant pour but d'empêcher une perte de chaleur. Concevoir l'enveloppe de cette façon, limite les solutions potentielles, nous explique le Dr Lidia Badarnah. Elle considère que l'enveloppe des bâtiments doit être vue comme des surfaces en interaction avec l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, comme peut le faire la peau des organismes vivants et non comme un obstacle imperméable à son environnement.

Au regard de ces recherches, l'approche biomimétique offre un énorme potentiel pour la conception de solutions innovantes pour développer des enveloppes de bâtiments aux performances thermiques améliorées.

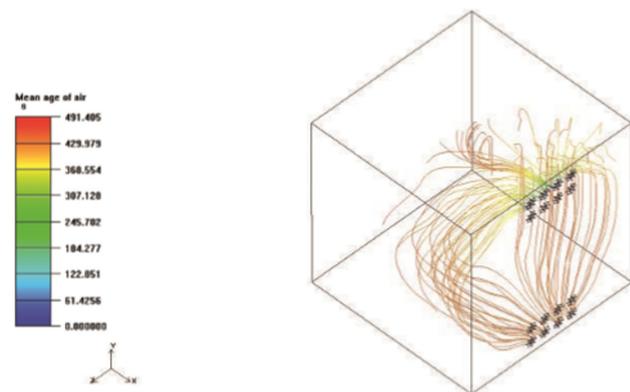


Figure 4 : Particle trace from the PC openings of case 12, coloured by mean age of air (MAA).

Source : Lidia BADARNAH KADRI. Thèse : *Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation* . p.86. [en ligne]. URL : [http://media.wix.com/ugd/ef2c31\\_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf](http://media.wix.com/ugd/ef2c31_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf). consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup>Lidia BADARNAH KADRI. *BIOMIMETICS in ARCHITECTURE*. [en ligne]. URL : <http://badarnahl.wix.com/lidiabk>. consulté le 05 mai 2016

<sup>2</sup>MIT Architecture. *Building Technology*. [en ligne]. URL : <https://architecture.mit.edu/discipline/building-technology>. consulté le 05 mai 2016

<sup>3</sup>Lidia Badarnah, Usama Kadrib. *A methodology for the generation of biomimetic design concepts*. [en ligne]. URL : <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2014.922458>. consulté le 05 mai 2016

<sup>4</sup>ISO/TC 266/SC, *ISO 18458:2015(F) : Biomimétique — Terminologie, concepts et méthodologie*. Publié le 26 Janvier 2015. [en ligne]. URL : <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:18458:ed-1:v1:fr>. consulté le 27 Avril 2016

<sup>5</sup>Lidia BADARNAH KADRI. Thèse : *Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation* . 2012. [en ligne]. URL : [http://media.wix.com/ugd/ef2c31\\_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf](http://media.wix.com/ugd/ef2c31_d5e8c9aae836469e99adaa954b607090.pdf). consulté le 05 mai 2016

<sup>6</sup>CIENCIA PUERTO RICO. *LIDIA BADARNAH: 'NATURE PROVIDES A HUGE SOURCE OF SOLUTIONS'*. [en ligne]. URL : <http://www.cienciapr.org/en/blogs/biotectonica/lidia-badarnah-nature-provides-huge-source-solutions>. consulté le 05 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## Dr Maibritt Pedersen Zari<sup>1</sup>

### *Repenser l'architecture grâce au biomimétisme*

---

Le docteur Maibritt Pedersen Zari enseigne le design ainsi que l'architecture durable à l'université Victoria à Wellington en Nouvelle Zélande.<sup>2</sup>

Ses recherches actuelles portent sur :

- **La conception architecturale sous l'angle de l'écologie en intégrant des notions de biomimétisme.**
- **Les impacts du changement climatique sur l'environnement bâti et les mesures d'adaptation.**
- **Le bien-être et les aspects psychologiques de la durabilité et de la conception architecturale.**
- **Le développement et la conception régénérative.**
- **Les questions de justice sociale en matière de conception architecturale et urbaine.**
- **Le biomimétisme comme outil et non finalité**

Le but de ses recherches est de :

- **Redéfinir l'architecture durable en imitant les écosystèmes.**
- **Intégrer les bâtiments comme faisant totalement partie des écosystèmes**
- **Changer les objectifs du développement durable vers la régénération**
- **Intégrer des facteurs sociaux complexes dans la conception architecturale durable**
- **Comprendre comment les services écosystémiques peuvent être utilisés pour définir les mesures basées sur l'écologie afin d'évaluer la durabilité de l'environnement urbain. Avec une attention particulière à la façon dont le changement climatique et la perte continue de la biodiversité mondiale ont une incidence sur l'architecture et les communautés.**

Une grande partie de ces recherches sont regroupées dans sa thèse publiée en 2012, intitulé « *L'analyse des services écosystémiques pour la conception d'environnements urbain régénératifs* ».

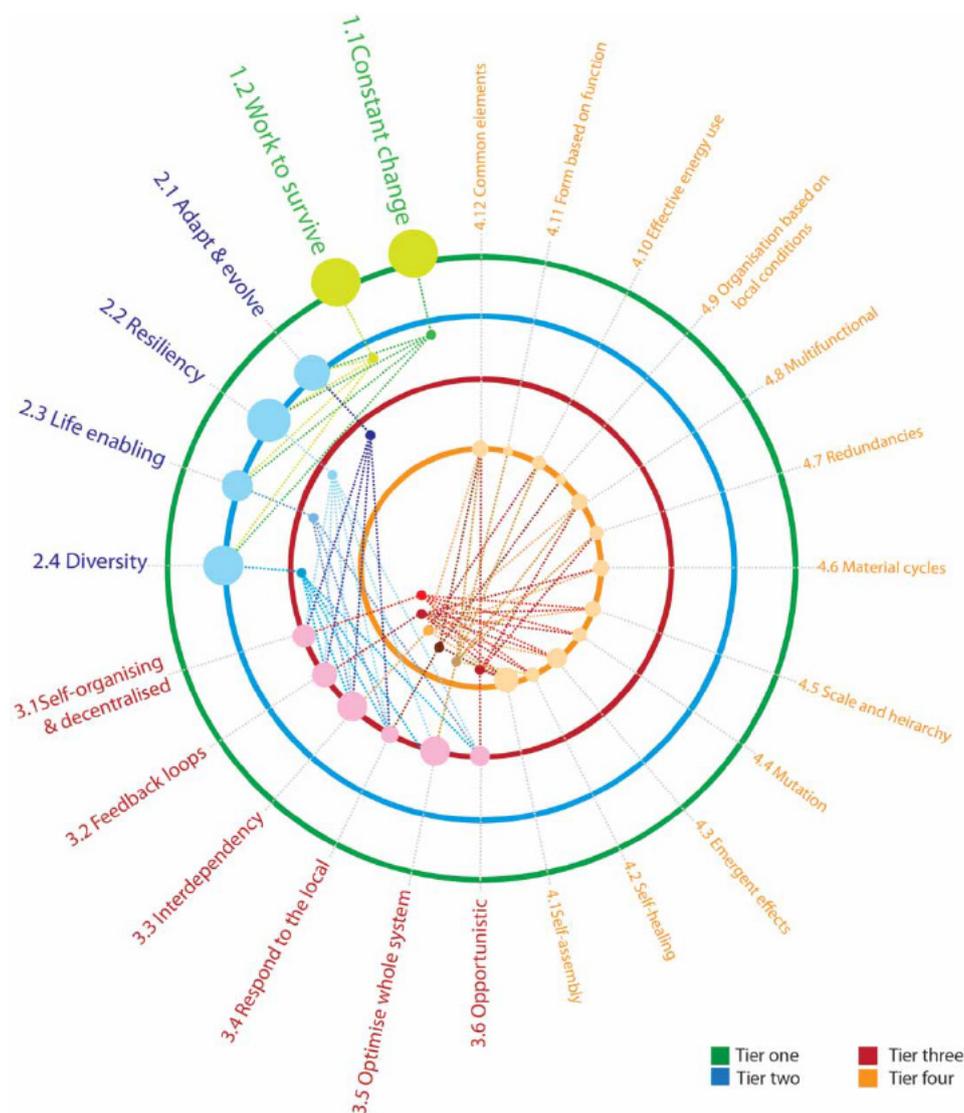
Dans cette thèse le docteur Maibritt Pedersen Zari établit un **constat des impacts des changements climatiques sur l'environnement bâti actuelle.**

Elle préconise deux grandes actions pour lutter contre ces impacts :

- **ATTENUER les causes des changements climatiques et la perte de la biodiversité**
- **ADAPTER l'environnement bâti existant et futur aux impacts des changements climatiques connus et prévus.**

Pour la chercheuse il est évident que les environnements bâtis doivent aller au-delà d'un impact négatif faible voir neutre sur l'environnement à l'avenir, ils doivent au contraire provoquer des avantages environnementaux positifs et donc devenir **REGENERATIFS** (comme le LBC)

Constatant un manque relatif de définitions et un manque de données sur la conception régénérative inspirée par les écosystèmes Maibritt Pedersen Zari établit **un premier état de l'art de l'apport biomimétique sur l'environnement bâti.** Elle examine les compréhensions actuelles des systèmes écologiques par rapport à l'environnement bâti, et vise à définir une théorie biomimétique de l'écosystème pour l'application pratique de la conception de régénération en milieu urbain.<sup>3</sup>



**Figure 1 : Ecosystem processes for biomimetic architectural and urban design**

Source : PEDERSEN Zari, Maibritt. *Ecosystem processes for biomimetic architectural and urban design*. 2013. [en ligne]. URL : <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2014.968086?journalCode=tasr20>. consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup> Maibritt Pedersen Zari. *HOME*. [en ligne]. URL : <http://mpedersenzari.webs.com/>. consulté le 05 mai 2016

<sup>2</sup> Université Victoria de Wellington. *Dr Maibritt Pedersen Zari*. [en ligne]. URL : <http://www.victoria.ac.nz/architecture/about/staff/maibritt-pedersen>. consulté le 05 mai 2016

<sup>3</sup> PEDERSEN Zari, Maibritt. Thèse : *Ecosystem Services Analysis for the Design of Regenerative Urban Built Environments*. 2012. [en ligne]. URL : <http://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/10063/2491>. consulté le 05 mai 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## Dr Petra Gruber<sup>1</sup>

### *De la science à l'architecture bio-inspirée*

Petra Gruber est une architecte avec un fort intérêt pour la conception inter et transdisciplinaire. Elle a acquis un doctorat en biomimétique en architecture en 2008 de l'Université de Technologie de Vienne en Autriche .

Parmi ses expériences d'enseignement et de recherche, elle a collaboré en tant que chercheur au Centre de biomimétique à l'Université de Reading au Royaume-Uni, en 2007 et a enseigné la Biomimétique dans les systèmes énergétiques à l'Université des Sciences Appliquées de Villach.

De 2013 à 2015 , elle a été professeur invité à l' Institut éthiopien pour l'architecture, la construction et le développement de la ville Addis-Abeba, en Ethiopie, titulaire de la chaire d'Architecture et de la science du bâtiment et mettant en place un nouveau programme de maîtrise en conception architecturale avancée.

Dans sa propre entreprise, *Transarch*, elle travaille sur des projets de conception biomimétique et transdisciplinaires, en collaboration avec un réseau international de scientifiques.



Figure 1 : Portrait de Petra Gruber

Source : [en ligne]. URL : <http://uabiomimicry.org/petra-gruber/>. consulté le 22 juin 2016

## Le projet GrAB "Growing as Buiding"<sup>2</sup>

Le projet GrAB « *Growing as Buiding* » prend les modèles de croissance et de dynamique de la nature et les applique à l'architecture dans le but de créer une nouvelle architecture vivante.

L'objectif de ce projet est de développer des concepts architecturaux pour les structures en croissance.

Trois axes principaux sont étudiés :

- Le transfert et l'abstraction des principes de croissance de la nature vers l'architecture.
- L'intégration de la biologie dans les systèmes matériels.
- L'intervention d'organismes et concepts biologiques dans l'architecture existante.

Les questions clés de l'exploration sont les mécanismes de croissance génétiquement contrôlée, auto-organisée et informée sur son environnement, ainsi que la différenciation des tissus et des matériaux.



Figure 2 : Projet GrAB, 18 octobre 2015

Crédit : © GrAB 2014

## Le projet Biornametrics<sup>3</sup>

Le projet Biornametrics a eu pour objectif d'explorer les motifs du vivant.

Dans la morphogénèse des organismes biologiques, c'est l'animation de la géométrie et des matériaux qui produit la forme (Jeronomidis 2004).

La complexité évidente de la nature se clarifie lorsque les facteurs et les paramètres d'influence peuvent être identifiés. La découverte de modèles à gradients dans la nature permet l'utilisation de la même stratégie pour créer de la complexité dans nos propres modèles.

Le projet c'est articulé autour d'ateliers et de workshops et a donné suite à des publications.<sup>4</sup>

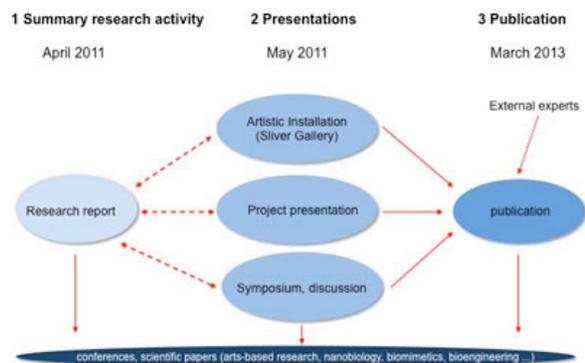


Figure 3 : Organisation du projet Biornametrics

Source : Biornametrics. *Project*. [en ligne]. URL : <http://www.biornametrics.com/index.php?page=project>. consulté le 22 juin 2016

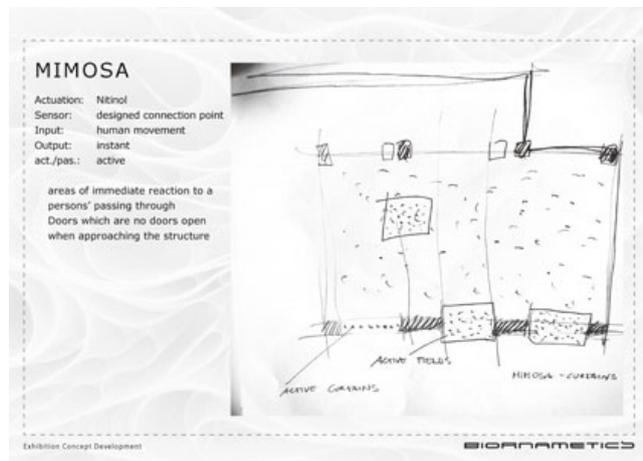
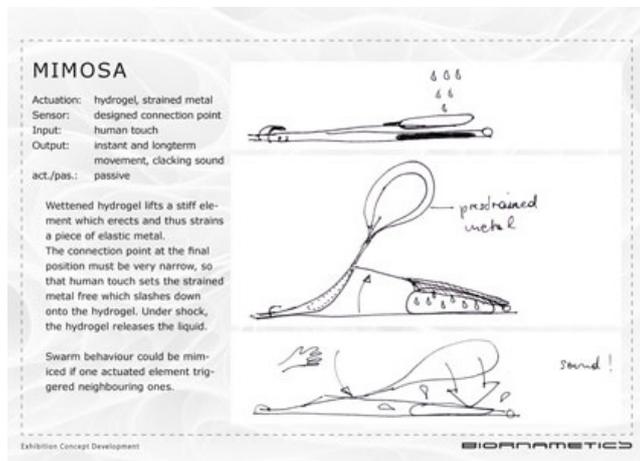


Figure 3 : Recherches et développement de concept

Source : Biornametrics. *Concept Development*. [en ligne]. URL : <http://www.biornametrics.com/index.php?page=project&subpage=conceptdev>. consulté le 22 juin 2016

## SOURCES

<sup>1</sup> Biomimicry Research Innovation Center. *BRIC welcomes Petra Gruber*. [en ligne]. URL : <http://uabiomimicry.org/petra-gruber/>. consulté le 22 juin 2016

<sup>2</sup> Growing as Building (GrAB). *Home*. [en ligne]. URL : <http://www.growingasbuilding.org/>. consulté le 22 juin 2016

<sup>3</sup> Biornametrics. *Home*. [en ligne]. URL : <http://www.biornametrics.com/index.php?page=home>. consulté le 22 juin 2016

<sup>4</sup> Growing as Building (GrAB). *Publications*. [en ligne]. URL : <http://www.biornametrics.com/index.php?page=project&subpage=publications>. consulté le 22 juin 2016

## EN SAVOIR PLUS

- Gruber, Petra. *Biomimetics in Architecture: Architecture of Life and Buildings*. Springer Verlag GmbH Edition. 2011. 280 p.

# Exemples remarquables en architecture bio-inspirée

## Bullitt Center (1/2)

L'immeuble le plus "écologique" du monde :  
le Bullitt Center, à Seattle.



Figure 1 : Bullitt Centre, Seattle, Washington  
Source : Living Building Challenge, <http://living-future.org/bullitt-center-0>, consulté le 05 mai 2016

### Objectifs du centre <sup>1</sup>

- Obtenir la certification complète Living Building Challenge ainsi que la certification Net Zero Energy.
- Construire un projet de démonstration qui établirait une nouvelle norme pour les développeurs, les architectes, les ingénieurs et les entrepreneurs en se basant sur la certification la plus rigoureuse actuellement : *Le Living Building Challenge*.
- Exigence du client : Le centre doit posséder six étages.

### Caractéristiques du centre <sup>2-3</sup>

- **Site** : encourage la marche, le vélo et les transports alternatifs, grâce à la mise en place d'un garages à vélo couvert avec une station de réparation par exemple.
- **Eau** : L' eau de pluie est recueillie sur le toit, stockée dans une citerne souterraine et utilisée dans tout le bâtiment. Les espaces sont chauffés avec de l'eau chaude circulant dans des tubes intégrés dans des plaques de béton. Mise en place de toilettes à faible débit réduisant la consommation d'eau (Les toilettes utilisent seulement deux cuillères à soupe d'eau mélangée avec du savon biodégradable)
- **Energie** : Objectif Zero Net Energy : les panneaux solaires génèrent plus d'électricité que ce que consomme le centre.
- **Santé** : Le bâtiment favorise la santé de ses occupants, en les invitant à utiliser les escaliers et en favorisant l'accès à des espaces vert et à l'éclairage naturel à l'aide de fenêtres de 4.11m .
- **Matériaux** : Le bâtiment ne contient pas de matériaux faisant partie de la «liste rouge» ni de PVC, de cadmium, de plomb, de mercure ou encore de substances apparentées aux hormones, qui sont tous courants dans les éléments de construction traditionnels.
- **Equity** : Tous les postes de travail près de grandes fenêtres ouvrantes, offrant aux usagés l'accès à l'air frais et la lumière naturelle.
- **Beauté** : Réseau innovant photovoltaïque/toit végétalisé/Grandes charpente/volonté d'embellir le quartier environnant.



Figure 1 à 17: Bullitt Centre, Caractéristiques du bâtiment.

Source: <http://www.bullittcenter.org/building/building-features/>. consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup> Living Building Challenge. Bullitt Centre, Seattle, Washington. [en ligne]. URL : <http://living-future.org/bullitt-center-0>. consulté le 05 mai 2016

<sup>2</sup> Bullitt Center. Living Building Challenge. [en ligne]. URL : <http://www.bullittcenter.org/vision/living-building-challenge/>. consulté le 05 mai 2016

<sup>3</sup> Bullitt Center. Building Features. [en ligne]. URL : <http://www.bullittcenter.org/building/building-features/>. consulté le 05 mai 2016

# Exemples remarquables en architecture bio-inspirée

## Bullitt Center (2/2)

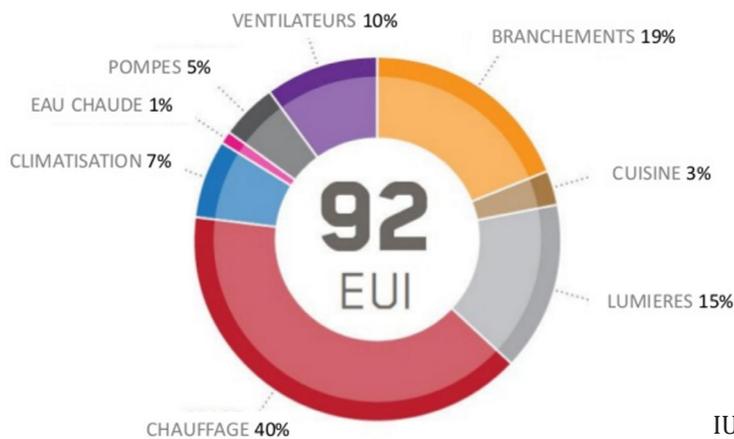
### L'immeuble le plus "écologique" du monde : le Bullitt Center, à Seattle.



Figure 1 : Bullitt Centre, Seattle, Washington  
Source : Living Building Challenge, <http://living-future.org/bullitt-center-0>

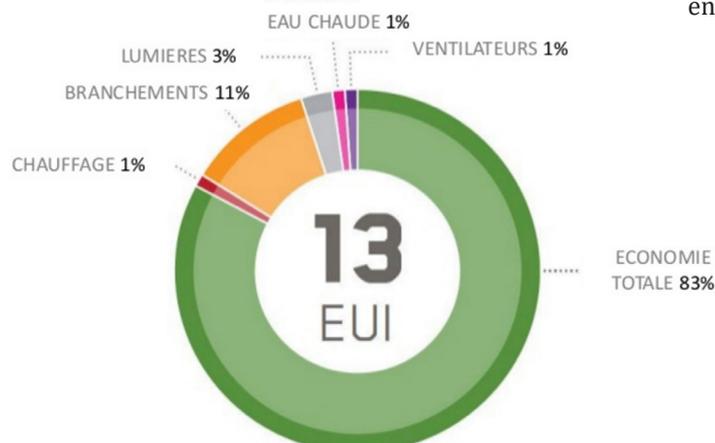
### Consommation d'énergie du centre <sup>1</sup>

- Comparaison de la consommation d'un bâtiment classique et de celle du Bullitt Center.
- Objectifs: Construire un bâtiment par rapport à l'énergie disponible et non le contraire.



BATIMENT CLASSIQUE

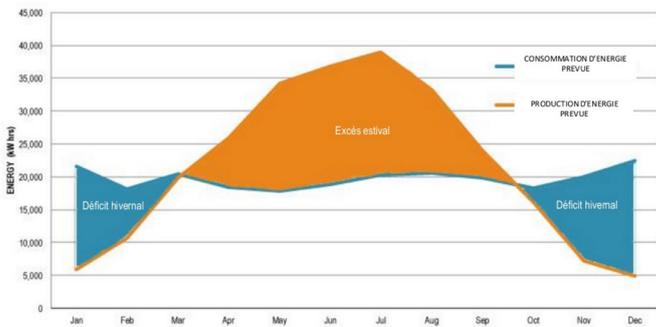
IUE : exprime la consommation d'énergie d'un bâtiment en fonction de sa taille ou d'autres caractéristiques.



BULLITT CENTER

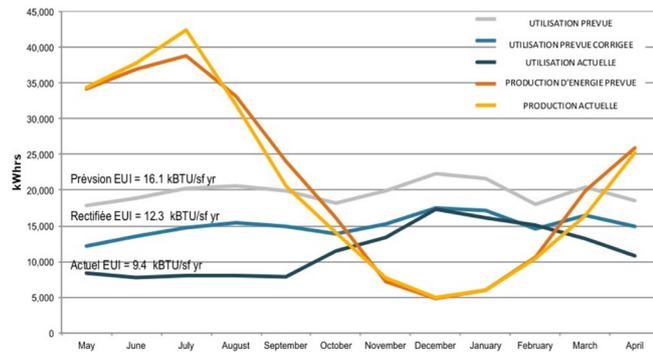
Source : Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). *Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris.* URL : <http://livingfuture-paris2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

## Consommation d'énergie du centre : estimation<sup>2</sup>



EXCES ESTIVAL ET DEFICIT HIVERNAL PREVU (2013)

**BULLITT CENTER**  
University of Washington Integrated Design Lab (UWIDL)



PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ENERGIE ACTUELS VS PREVISIONS (CORRIGE POUR L'OCCUPATION)

**BULLITT CENTER**

University of Washington Integrated Design Lab (UWIDL)

Source : Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). *Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris.* URL : <http://livingfutureparis2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

## Coût du projet<sup>3</sup>

COÛTS DU PROJET: Résumé

SOURCES		UTILISATIONS	
<b>BULLITT CENTER</b>		<b>BULLITT CENTER</b>	
Fondation Bullitt	\$15,500,000	Terrain	\$3,000,000
Prêt de développement	\$11,000,000	Coûts de construction de base	\$18,000,000
Crédit d'impôt pour les nouveaux marchés	\$3,500,000	Coûts de construction accessoires	\$8,000,000
		Coûts de financement	\$1,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>\$30,000,000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$30,000,000</b>
<b>Eléments additionnels du projet</b>		<b>Eléments additionnels du projet</b>	
Collecte de fonds privés	\$1,086,000	Projet d'aménagement pour les locataires	\$1,000,000
Parcs de la ville de Seattle et espaces verts Levy	\$364,000	Projet d'infrastructure verte McGilvra Place (estimé)	\$450,000
	<b>\$1,450,000</b>		<b>\$1,450,000</b>

Source : Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). *Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris.* URL : <http://livingfutureparis2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

- Le coût de ce type de projet est 25% plus cher qu'un projet de bâtiment classique.
- Grâce aux économies d'énergie notamment dues aux panneaux solaire le Bullitt Center estime faire près de 18,5 millions de dollars d'économie pour la société sur toute sa durée de vie.

## SOURCES

<sup>1-2-3</sup> Arp Astrance, Hervé MOAL, Amanda STURGEON. (2016, Avril). *Living Future Paris 2016. Conférence présentée à l' Hôtel le Méridien Étoile, Paris.* URL : <http://livingfutureparis2016.strikingly.com/>, consulté le 27 Avril 2016

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## Estelle Cruz <sup>1</sup>

### *Biomimicry World Tour*

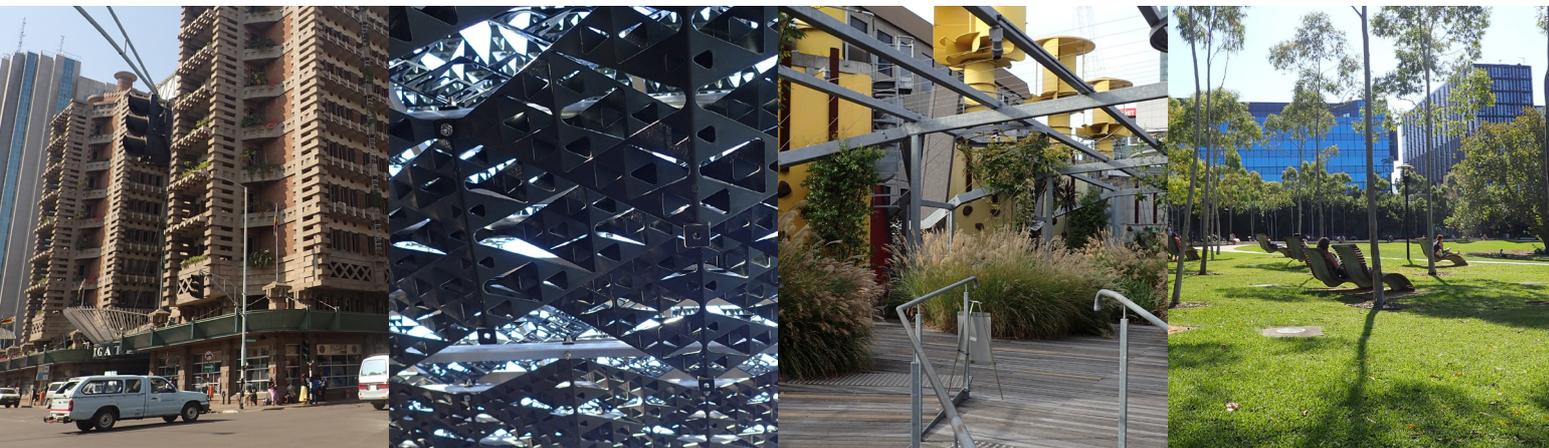


Figure 1 : Eastgate building, Zimbabwe. Figure 2 : Sierpinski Forest, Japon. Figure 3 : Council House 2, Melbourne. Figure 4 : Université de Sydney. Images libres de droit. consulté le 05 mai 2016

## Le projet

Sac à dos, carnet d'étude et diplôme d'architecte en poche, Estelle CRUZ est partie en juin 2015 et jusqu'à août 2016 pour un « tour du monde » du biomimétisme en architecture et ingénierie. Cette phase exploratoire d'un an correspond à une année de césure dans ses études d'architecte-ingénieur à l'Ecole Centrale et ENSA de Lyon.

## Objectifs de recherche

- Apprendre : auprès de praticiens internationaux en architecture, ingénierie et biomimétisme
- Pratiquer : grâce à quatre stages de trois mois (Zimbabwe, Japon, Nouvelle Zélande, Etats-Unis).
- Transmettre : via les 4 rapports de recherche présentés aux sponsors tous les trois mois.
- Développer : une méthodologie en biomimétisme destinée aux architectes en connexion avec les outils d'éco-conception aujourd'hui existants et synthétisant les quatre méthodologies appliquées au travers des stages.

## Contexte pédagogique / partenaires

- Support pédagogique : Olivier Scheffer (Biomimicry Europa), Romain Rieger (Ecole Centrale Lyon)
- Partenaires : Centre de recherche technologique Nobatek et laboratoire MAP-ARIA de l'école d'architecture de Lyon, groupe VICAT.
- Sponsors : Palmes académiques de Lyon AMOPA, bourse d'études Les Centraliens ont du talent.
- Structures d'accueil : Mick Pearce office, Université de Kyoto, Université Victoria, MIT.





## 5 étapes = 5 sujets = 5 aventures

- Zimbabwe / Harare, Mick PEARCE, 4 mois - Participation à la conception d'un immeuble de bureaux en utilisant les principes du biomimétisme. Inspiration du fonctionnement des termitières (ventilation naturelle, régulation thermique passive), écosystèmes (cycles de vie, le solaire comme principale énergie).
- Japon / Kyoto, Satoshi SAKAI, Université de Kyoto, 3 mois. Modélisation informatique du projet Sierpinski Forest inspiré de la géométrie fractale des arbres afin de concevoir une enveloppe de bâtiment ou toiture qui dissipe la chaleur en été et régule l'apport lumineux grâce à sa géométrie fractale.



Figure 5 : habitat traditionnel au Zimbabwe, Bulawayo. Figure 6 : équipe Mick Pearce, Zimbabwe. Figure 7 : temple Kiyomizu-dera, Kyoto. Images libres de droit. consulté le 05 mai 2016

- Nouvelle Zélande / Wellington, Maibritt PEDERSEN ZARI, Université Victoria, 2 mois - Participation aux recherches en cours du laboratoire sur les écosystèmes et biomimétisme. Recherches bibliographique et co-publication.
- États-Unis, Boston, MIT, Lidia BADARNAH KADRI, 2 mois - Participation aux recherches en cours sur le développement d'un nouveau matériau d'isolation inspiré des fourrures d'animaux vivant dans des conditions climatiques extrêmes.

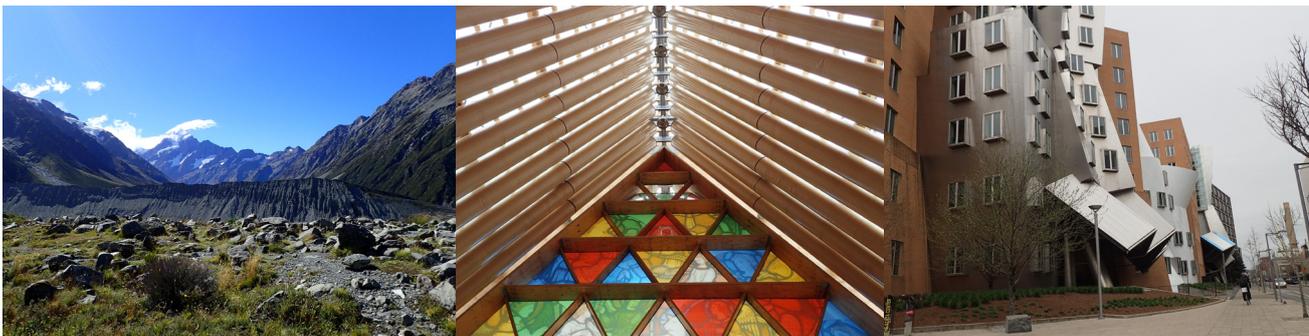


Figure 8 : Mont Cook en Nouvelle Zélande. Figure 9 : Cardboard cathedral, Shigeru Ban, Christchurch, Nouvelle Zélande. Figure 10 : Ray and Maria Stata Center. Images libres de droit. . consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup> CRUZ, Estelle. *International Research Project in Biomimicry & Architecture*. [en ligne]. URL : <http://www.biomimicry-worldtour.com/>. consulté le 05 mai 2016

# Exemples remarquables en architecture bio-inspirée

## SIERPINSKI FOREST par Satoshi Sakai

### SIERPINSKI FOREST<sup>1</sup> par Satoshi Sakai Université de Kyoto

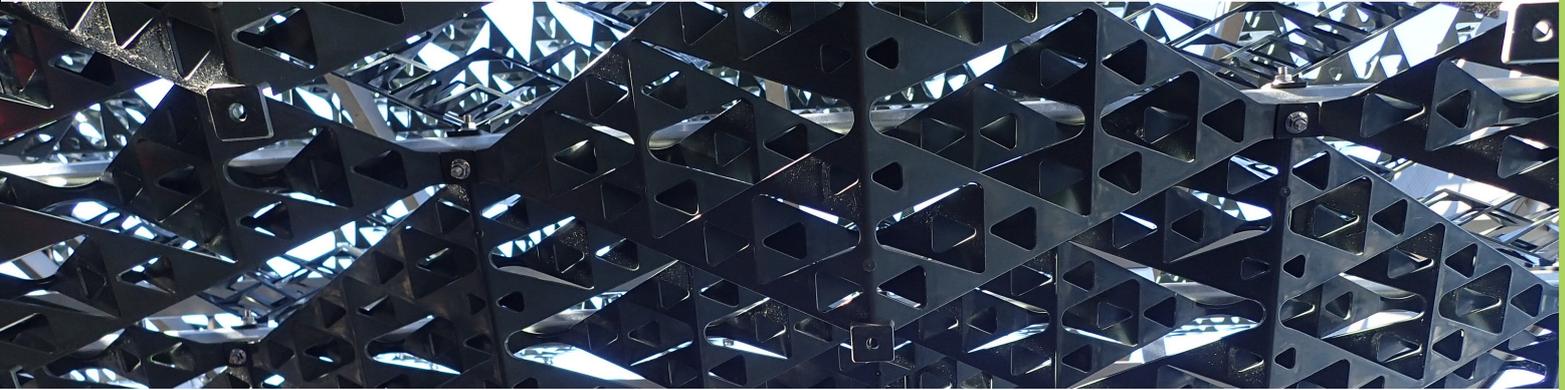


Figure 1 : Adaptation en toiture des tétraèdres de Sierpinski par rapport à l'ensoleillement.  
Sources : Biomimicry World Tour, progress research report n°2 January 2016, Japan. Estelle CRUZ, Creative Commons license.

#### Problématique

- Diminution de l'îlot de chaleur urbain et plus généralement limitation de l'échauffement de grandes surfaces

#### Constats

- Plus une surface est large, plus la résistance à l'évacuation de la chaleur sera importante. Ce phénomène a été mis en évidence concernant l'îlot de chaleur urbain qui généré par l'étalement des villes ainsi qu'à l'échelle du bâtiment concernant les façades et toitures.
- Malgré leurs étendues, les espaces verts conservent une température largement inférieure à celles des villes mêmes aux périodes les plus chaudes. Ceci est en partie dû à la présence d'arbre qui par leur géométrie fractale aide à conserver une température basse dans ces espaces.

#### Sélection d'un modèle naturel

L'arbre a une géométrie fractale de dimension 2. Cette architecture permet :

- la projection d'une ombre continue tout au cours de la journée (Fig 2).
- la circulation des courants d'air principaux et création de micro turbulences en périphérie (Fig 3).
- la protection des feuilles de la surchauffe par la création de feuilles de petite taille. Quelque le soit le matériau, les petits objets s'échauffent moins que les larges surfaces (Fig 4).

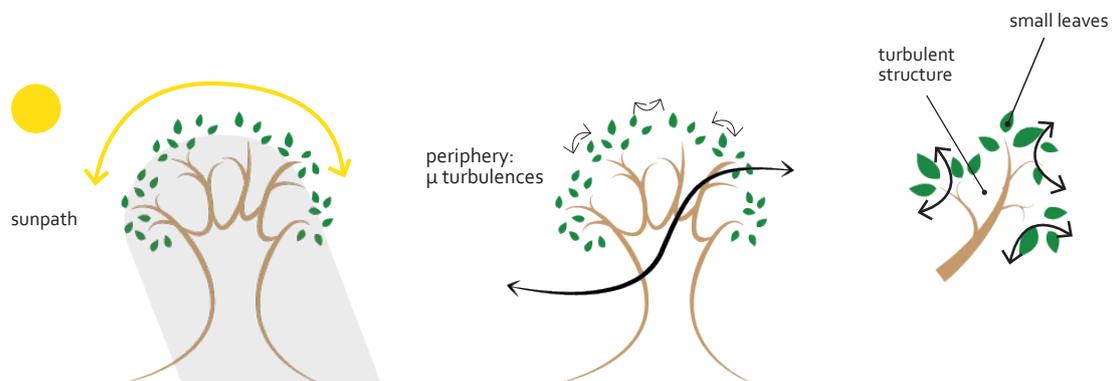


Figure 2 : évolution de l'ombre. Figure 3 : géométrie fractale et flux d'air. Figure 4 : micro turbulences en périphérie.  
Sources : Biomimicry World Tour, progress research report n°2 January 2016, Japan. Estelle CRUZ, Creative Commons license. . consulté le 05 mai 2016

## Principe

- Géométrie fractale contribuant au processus de rafraîchissement des arbres.

## Abstraction

Tétraèdre de Sierpinski, objet fractal de dimension 2 (tout comme l'arbre) :

- Objet 3D générant une projection 2D - ombre pleine suivant la position de la source lumineuse, Fig 5
- Constitué uniquement de petits tétraédrons - qui ne s'échauffent donc pas ou peu, Fig 6
- Géométrie créant des microturbulences en périphérie et laissant passer les courants d'airs principaux au centre, Fig 7.

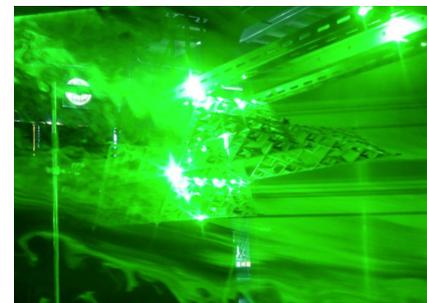
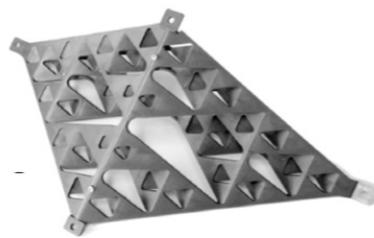


Figure 5 : Hideki Tsuiki et projection plein du tétraèdre de Sierpinski. Source : <http://www.i.h.kyoto-u.ac.jp/~tsuiki/sierpinski/index-e.html>. consulté le 05 mai 2016

Figure 6 : Tétraèdre de Sierpinski déformé, longueur 45 cm x hauteur 12 cm. Satoshi Sakai Copy rights. consulté le 05 mai 2016

Figure 7 : Test fluide du tétraèdre de Sierpinski, Université technologique d'Hiroshima, Japon. Satoshi Sakai Copy rights. consulté le 05 mai 2016

## Transfert et application

Applications construites pour des toitures

- Plusieurs prototypes jouant sur la forme des toitures (plates, courbées, plusieurs couches, etc).
- Quatre toitures aujourd'hui construites au Japon et destinées au public.

Recherches en cours concernant les façades et une toiture à l'échelle urbaine afin de limiter l'îlot de chaleur.

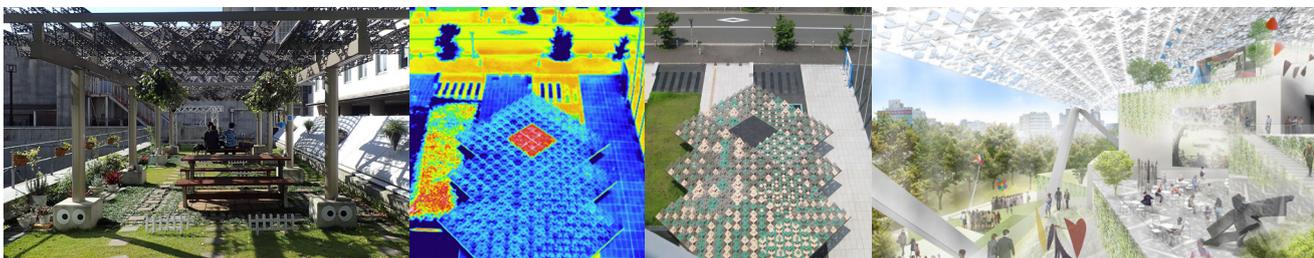


Figure 8 : Structure test, université de Kyoto. Sources : Biomimicry World Tour, progress research report n°2 January 2016, Japan. Estelle CRUZ, Creative Commons license. consulté le 05 mai 2016

Figure 9 : Enregistrement thermique, Centre commercial Kyoto. Copy rights Satoshi Sakai. consulté le 05 mai 2016

Figure 10 : Musée des beaux art de Taïwan, Shigeru Ban. Bâtiment en construction, ouverture en 2017. Source : <http://www.archdaily.com/548292/shigeru-ban-to-construct-tainan-museum-of-fine-arts>. consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup> Satoshi Sakai, Isao Liazwa, Masanori Onishi, Miki Nakamura, Kei Kobayashi, Makoto Mitsunaga, Kimie Furuya. *Fractal geometry of the ground surface and urban heat island*. The seventh International Conference on Urban Climate. 2009. Japan.

# Les initiatives remarquables en architecture bio-inspirée

## BIOFACADES - Biomimétisme et bio-utilisation

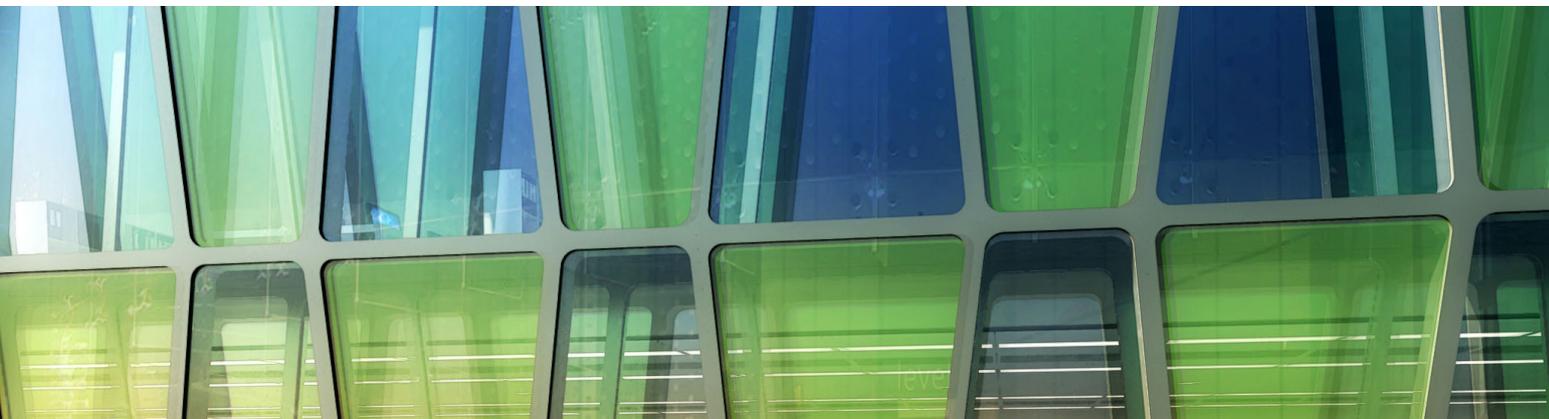


Figure 1 : Représentation 3D d'une biofaçade. XTU Architects.  
Source : <http://www.actuarchi.com/2016/02/in-vivo-paris-x-tu-architects-algae/>

### Problématiques

- Stockage du CO<sub>2</sub> et régulation climatique
- Production de biomasse utilisable comme bio-énergie, bio-fertilisants, complément alimentaire...
- Mutualisation des fonctions au sein du bâtiment

### Constats

- Les façades des bâtiments présentent de larges surfaces pouvant être utilisées pour la mise en culture de microalgues mutualisant les ressources thermiques et chimiques entre cultures et bâtiment, dans une approche de symbiose industrielle.

### Application, BIQ BUILDING

Le BIQ building (Bio Intelligent Quotient building) est un prototype de façade de 200 m<sup>2</sup> constitué à Hamburg en 2013 et développé par Splitterwerk Architects, ARUP, SSC, et Colt. Des panneaux où sont cultivées les microalgues (photo-bioréacteurs) sont apposés en façade à la manière de brises soleil. Grâce à ce système, les dernières mesures ont démontré une réduction de 50% des consommations en énergie au sein du bâtiment.

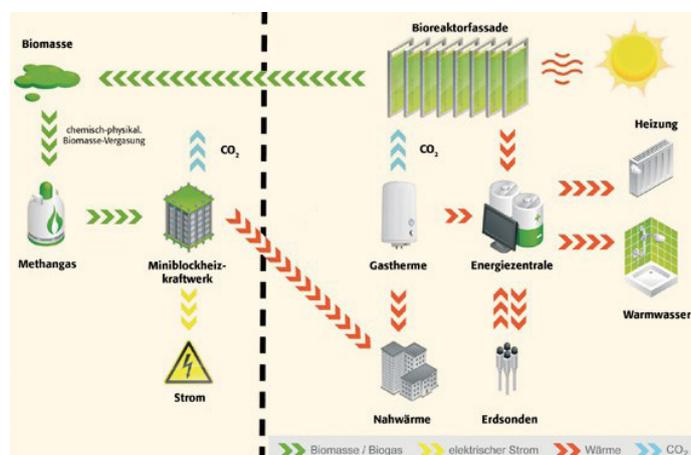


Figure 2 : schémas de principe



Figure 3 : Panneaux de façade.  
Source : [www.infohightech.com](http://www.infohightech.com).

Figure 4 : Prototype BiQ, Hamburg 2013  
Source : [www.batitech.ch](http://www.batitech.ch)

## Application, projet SymbIO<sub>2</sub>

Inventées par X-TU Architects et, brevetées et développées avec le laboratoire GEPEA (UMR du CNRS et de l'Université de Nantes) ainsi que les partenaires du consortium SymbIO<sub>2</sub>, ces biofaçades, qui constituent ici l'enveloppe même du bâtiment, assurant étanchéité et performances thermiques, visent:

- Une réduction de 80% des consommations concernant la culture des micro-algues par rapport aux classiques cultures en bassin.
- Une réduction de 50 % les consommations concernant la régulation thermique du bâtiment par rapport à un bâtiment standard RT 2012<sup>(2)</sup>

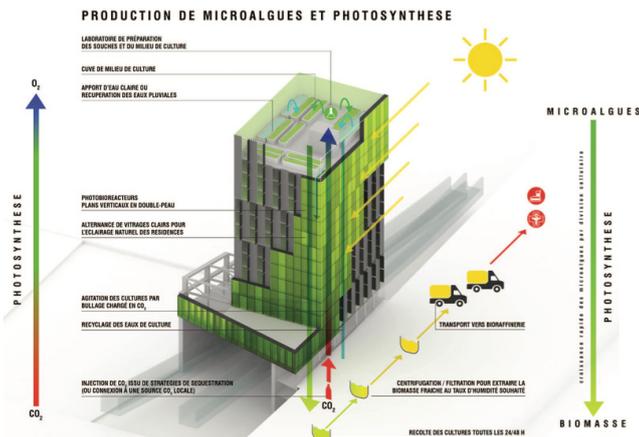


Figure 5 : schémas de principe.  
Source : Dossier de presse SymbIO2 2015.



Figure 6 : Pavillon AlgoNOMAD  
Source : Dossier de presse SymbIO2 2015.

Figure 7 : Algo House, projet IN VIVO,  
Lauréat du concours Réinventer  
Paris, X-TU Architects  
Source : <http://www.actuarchi.com/2016/02/in-vivo-paris-x-tu-architects-algue/>

## Autres applications

Plusieurs autres applications développées à plus petites échelles ou sont en cours de développement :

- Hydral system : système apposable en toiture
- Verde system : apposable directement sur un bâtiment existant
- ETFE algae façades (concept développé par Rosa Cervera Sardá and Cristina Alvarez Vicente<sup>(1)</sup>).

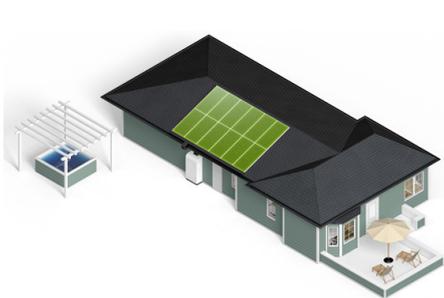


Figure 8 : Hydral system  
Source : <http://www.algaeindustrymagazine.com/grow-energy-developing-algae-based-construction-components/>.

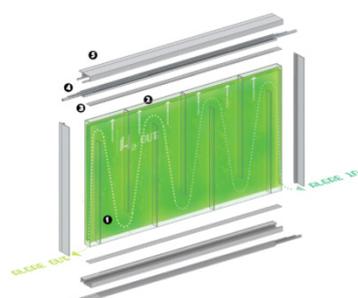


Figure 9 : Verde system  
Source : <http://www.growenergy.org/verde/>.

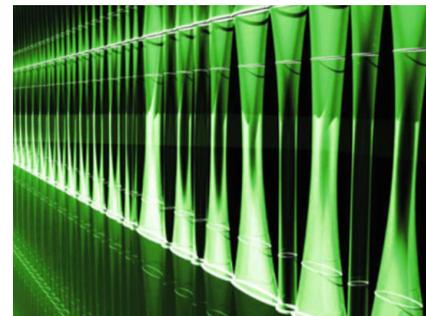


Figure 10 : ETFE algae façades, proposition  
Source : Case Studies on the Architectural Integration of Photobioreactors in Building Façades, Rosa Cervera Sardá and Cristina Alvarez Vicente.

## SOURCES

<sup>1</sup> Case Studies on the Architectural Integration of Photobioreactors in Building Façades, Rosa Cervera Sardá and Cristina Alvarez Vicente.

<sup>2</sup> X-TU. *Le projet biofaçades SYMBIO2, communiqué de presse mars 2013.* [en ligne]. URL : <http://bit.ly/symbio2-presskit>

# Exemples remarquables en architecture bio-inspirée

## Lloyd Crossing Project<sup>1</sup>

### Caractéristiques générale

**Propriétaire:**  
Commission du développement de Portland

**Type de projet:**  
Usage mixte

**Emplacement:**  
Lloyd District  
Portland, Oregon 97232  
États Unis

**Surface totale:**  
743224,32 m<sup>2</sup>

**Autre Description du bâtiment:**

**Architectes/Concepteurs:**  
Mithun Architects + GreenWorks + Designers + Planners

**Neuf:** 95,0%

**Rénovation:** 5,0%

**Site du projet Contexte/Cadre:**  
Urbain/Terrains déjà aménagés

### Présentation

Le projet interdisciplinaire Lloyd Crossing développé par les agences Mithun (architectes) et GreenWorks (consultants architectes) propose une réhabilitation du quartier Lloyd qui est l'un des cinq éco-quartiers identifiés à Portland dans l'Oregon.

L'objectif était de repenser le quartier urbain de manière durable, respectueux de l'environnement et financièrement viable.

Débuté en 2002, avant la création des certifications strictes sur le développement durable comme le *Living Building Challenge*<sup>2</sup>, l'outil méthodologique "Pre-development Metrics"<sup>TM</sup><sup>3</sup> avait été créé afin d'étudier en détail la façon dont fonctionnait l'écosystème présent préalablement à la construction du quartier pour s'en inspirer et en extraire des mesures de pré-développement (références de performance environnementale en fonction des conditions naturelles du site avant le développement urbain).

Ce nouvel outil méthodologique permet une analyse comparative pour la planification d'un environnement urbain qui imite les systèmes naturels et réduit l'impact environnemental.

C'est une force organisatrice puissante qui permet aux concepteurs de penser au-delà des limites traditionnelles des systèmes urbains existants.

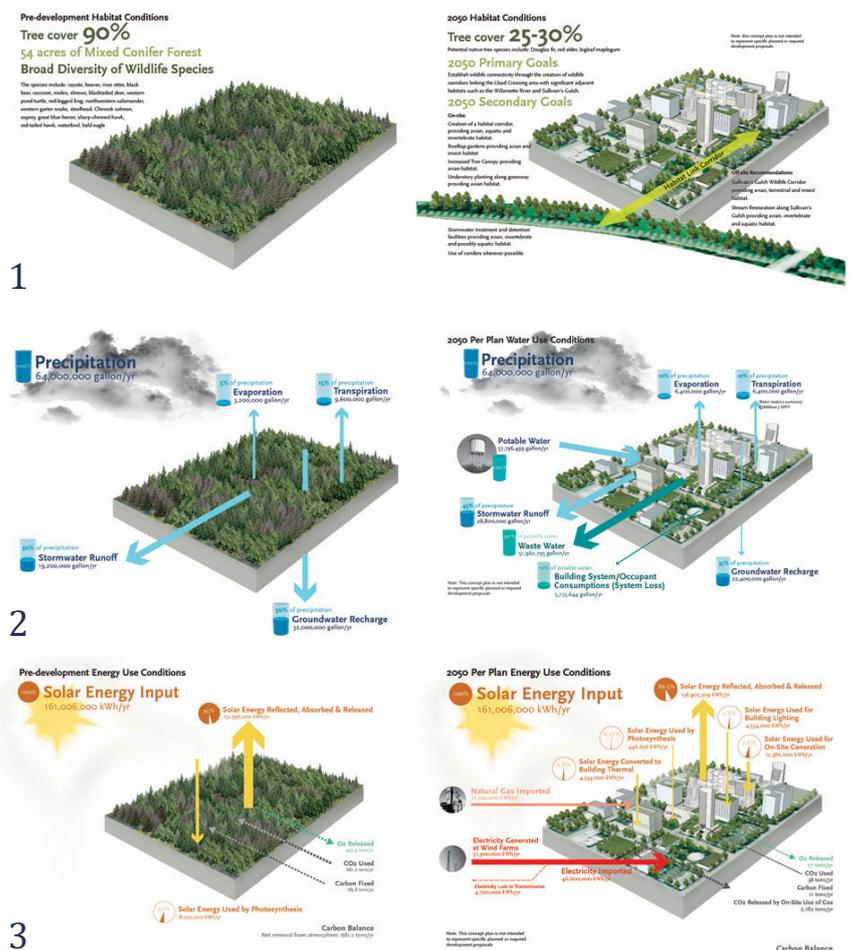


Figure 1 : Conditions de bases analysées par l'outil "Pre-development Metrics" et proposition d'aménagement du quartier pour 2050 (1: l'habitat, 2: l'utilisation de l'eau et 3: de l'énergie).

Source : Image© par Mithun.

## Processus

Cet outil prend en compte 3 paramètres :

### L'habitat / L'eau / L'énergie et les émissions de carbone

#### • HABITAT (1)

Le quartier était préalablement une forêt de conifères avec 90% de couvert forestier et une grande diversité d'espèces sauvages.

Le projet a pour objectif d'augmenter l'implantation d'arbres indigènes de 25 à 30% sur le site et de créer des couloirs d'habitats naturels reliant le quartier aux zones naturelles existantes.

#### • EAU (2)

Il y a 242 millions de litres de précipitations par an sur le site : 30% deviennent des eaux de ruissellement, 50% s'infiltrent dans le sol, 15% sont évacués par les plantes et 5% s'évaporent.

Le projet prendra en compte ces précipitations. Les eaux pluviales seront collectées, stockées et traitées, pour réduire les besoins en eau du quartier.

#### • ENERGIE ET CARBONE (3)

Après l'analyse de l'énergie disponible et des différents moyens de captation de carbone, les objectifs de conception étaient d'utiliser et optimiser l'utilisation des énergies disponibles et de réduire les émissions de carbone.

Le quartier deviendra un producteur d'énergie et réduira l'empreinte carbone actuelle. Les bâtiments seront construits en intégrant l'utilisation des énergies renouvelables. Des espaces naturels seront mis en place pour créer des puits carbonés.<sup>4</sup>

L'étude a conclu que les systèmes mis en place pour la gestion de l'énergie et de l'eau pourraient fournir un retour sur investissement significatif. Pour démontrer les avantages à investir dans l'ensemble de ces systèmes, l'équipe de conception a suggéré l'utilisation d'un nouveau modèle financier géré par une Association de gestion des ressources (Resource Management Association).

Le Lloyd Crossing Project fournit des moyens concrets pour répondre au plus haut niveau de performance environnementale, de générer des rendements d'investissement positifs et de créer un quartier urbain unique et respectueux de l'environnement malgré un développement à long terme.

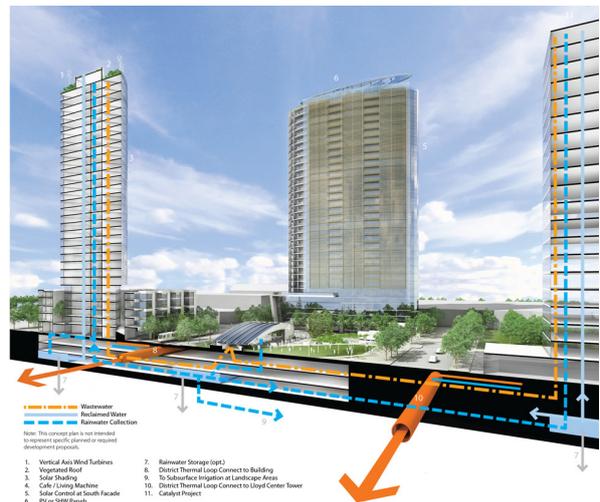
## Prochaines étapes

Beaucoup de travail reste à faire afin de réaliser les objectifs souhaités. La valeur réelle de ce projet peut se situer dans sa nature d'avant-garde. Sa méthodologie peut être utilisée à différentes échelles avec une grande variété d'applications allant des bâtiments individuels à la planification de quartiers, villes et même de régions entières.

En tant que projet ouvert au public, il peut aider à promouvoir une pensée innovante qui amène les bases d'avancées supplémentaires dans la conception d'infrastructures et de systèmes durables.

Figure 2 : Les systèmes d'eau et d'énergie "Catalyst" intégrés au Lloyd Crossing Project.

Source : Image© par Mithun.



## SOURCES

<sup>1</sup> MITHUN. *Lloyd Crossing Urban Design Plan*. 2004. [en ligne]. URL : [http://mithun.com/knowledge/article/sustainable\\_urban\\_catalyst/](http://mithun.com/knowledge/article/sustainable_urban_catalyst/). consulté le 03 juin 2016

<sup>2</sup> Living Building Challenge. [en ligne]. URL : <http://living-future.org/lbc>. consulté le 27 Avril 2016

<sup>3</sup> MITHUN. *The Evolution of Performance Metrics in Practice*. 2014. [en ligne]. URL : [http://mithun.com/knowledge/article/the\\_evolution\\_of\\_performance\\_metrics\\_in\\_practice/](http://mithun.com/knowledge/article/the_evolution_of_performance_metrics_in_practice/). consulté le 03 juin 2016

<sup>4</sup> MITHUN. *Lloyd Crossing Sustainable Urban Design Plan soon to be realized ?*. 2009. [en ligne]. URL : [http://mithun.com/news/article/lloyd\\_crossing\\_sustainable\\_urban\\_design\\_plan\\_soon\\_to\\_be\\_realized/](http://mithun.com/news/article/lloyd_crossing_sustainable_urban_design_plan_soon_to_be_realized/). consulté le 03 juin 2016

# Exemples remarquables en architecture bio-inspirée

## Michael Pawlyn : The Biomimetic Office Building<sup>1</sup>



Figure 1 : Le Bureau biomimétique: utiliser le biomimétisme pour repenser le lieu de travail.

Source : Interface blog. An Interview with Michael Pawlyn, Architect & Author. 2016. [en ligne]. URL : <http://blog.interface.com/biomimicry-the-biomimetic-office-building>

## Présentation

Le Bureau biomimétique de Michael Pawlyn représente le premier immeuble de bureaux conçu en utilisant le biomimétisme.

Une étude de concept a été préalablement réalisée :

- Pas de site spécifique
- Une grande ouverture d'esprit
- Une approche éclairée à la gestion des coûts qui reconnaît non seulement le coût du capital, mais aussi de la valeur à long terme.

Une équipe pluridisciplinaire a été mise en place elle comprenait certains des meilleurs consultants en design d'Europe et des professeurs spécialisés en biomimétisme. Une étude de faisabilité commerciale a affiné la sélection des concepts et a démontré que le système pourrait être construit pour un coût réaliste.

Equipe pluridisciplinaire :

- Architectes: Exploration architecture
- Consultant en biomimétisme: Julian Vincent
- Consultant financier: Davis Langdon
- Ingénieurs environnement: Atelier Ten
- Consultant incendie: Arup incendie
- Consultant Matériaux: Arup R & D
- Ingénieurs structurels: Expedition ingénierie
- Consultante aménagement de bureau: Jane Clay



Figure 2 : Le Bureau biomimétique.

Source : Vimeo. Video : Designing with Nature: The Biomimetic Office Building. 2016. [en ligne]. URL : <https://vimeo.com/86659369>



Figure 3 : Michael Pawlyn en pleine conception.

Source : Vimeo. Video : Designing with Nature: The Biomimetic Office Building. 2016. [en ligne]. URL : <https://vimeo.com/86659369>

## Processus et inspiration<sup>2</sup>

L'équipe a travaillé à travers les aspects fonctionnels clés de la conception de bureau et a trouvé l'inspiration en étudiant :

- Les "spookfish", les plantes les pierres et les ophiures dans l'élaboration de solutions d'éclairage naturel.
- Les crânes d'oiseaux, les os de seiche, les oursins et des nénuphars géants d'Amazonie pour la structure.
- Les termites, les plumes de pingouin et la fourrure d'ours polaire pour la régulation thermique.
- Les feuilles de mimosa, Les ailes de coléoptères et les feuilles de charmille pour la protection solaire.

L'ingénieur de l'environnement de l'équipe de conception a prédit que, lors de sa construction, le Bureau biomimétique deviendra l'un des immeubles de bureaux le moins énergivore au monde.

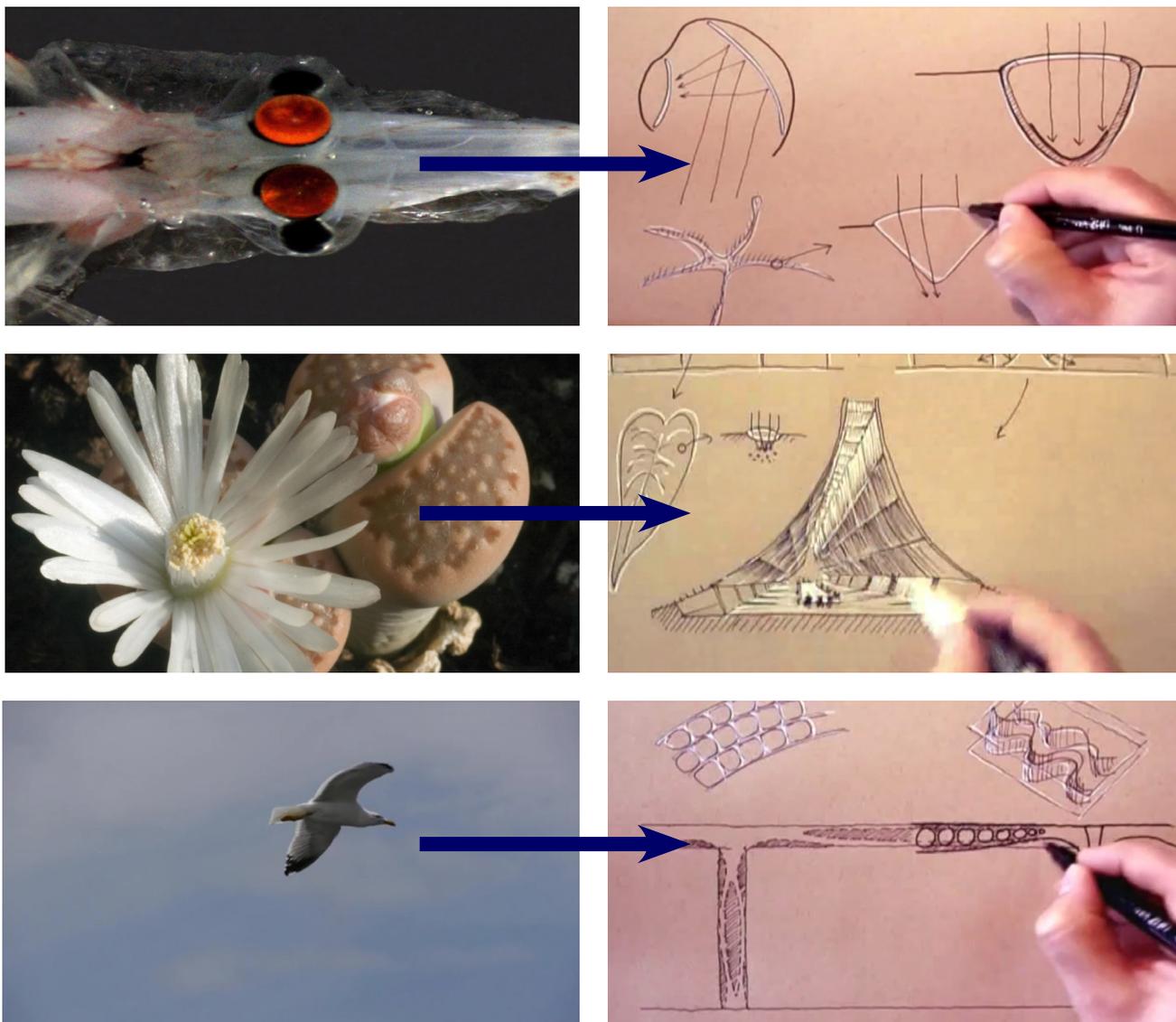


Figure 4 : Organismes étudiés et dessins d'étude de Michael Pawlyn.

Source : Vimeo. Video : Designing with Nature: The Biomimetic Office Building, 2016. [en ligne]. URL : <https://vimeo.com/86659369>

## SOURCES

<sup>1</sup>Exploration-architecture. *The Biomimetic Office Building*. [en ligne]. URL : <http://www.exploration-architecture.com/projects/biomimetic-office-building>. consulté le 03 juin 2016

<sup>2</sup>Vimeo. Video : *Designing with Nature: The Biomimetic Office Building*, 2016. [en ligne]. URL : <https://vimeo.com/86659369>. consulté le 03 juin 2016

# Exemples remarquables en architecture bio-inspirée

## The living architecture

### Présentation<sup>1</sup>

The Living est un laboratoire de recherches et est devenue une filiale de la société Autodesk. Ce laboratoire crée de nouveaux types de bâtiments, des installations publiques, des prototypes et des environnements architecturaux.

L'équipe travaille depuis plusieurs années sur des projets de recherche et de développement dans les domaines de l'architecture, de l'art, du design industriel, de l'aérospatiale, de l'informatique, de l'ingénierie, de la fabrication et de la biologie synthétique. Récemment, The Living a été classé troisième par Fast Company dans sa liste des entreprises les plus innovantes du monde de l'architecture.



Figure 1 : David Benjamin, architecte, designer et fondateur de The Living.

Source : David Yellen

### Projets<sup>2</sup>

- **Projet "Bionic Partition" :**

Développé en collaboration avec Airbus, Autodesk et APWorks, le « Bionic Partition » est le plus grand élément d'avion imprimé en 3D (métal). Cet élément est un mur de séparation entre les places assise et la cuisine d'un avion. Cette paroi est difficile à concevoir car il faut prendre en compte une découpe pour l'accès à la civière d'urgence et intégrer un siège rabattable pour les agents de bord.

La paroi créée par une combinaison entre une analyse de l'intelligence biologique, une conception générative, l'impression 3D et une avancée technologique sur les matériaux qui a permis d'alléger de presque 50% la structure tout en améliorant sa solidité. Ce gain de poids se traduit par des économies de carburant et la réduction des émissions de carbone. La paroi est actuellement en cours d'essais dans le cadre du processus de certification et d'intégration dans la flotte actuelle des avions A320.

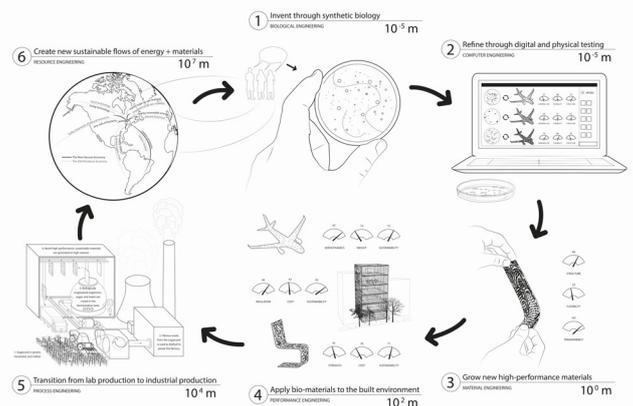


Figure 2 : Processus de conception du "Bionic Partition Project".

Source : Autodesk. The Intersection of Design, Culture and Technology: Exploring New Frontiers in Computing and the Built Environment. 2014. [en ligne]. URL : [http://inthe-fold.autodesk.com/in\\_the\\_fold/2014/06/the-intersection-of-design-culture-and-technology-exploring-new-frontiers-in-computing-and-the-built-environment.html](http://inthe-fold.autodesk.com/in_the_fold/2014/06/the-intersection-of-design-culture-and-technology-exploring-new-frontiers-in-computing-and-the-built-environment.html)



Figure 3 : Prototype de la paroi.

Source : The Living. Projet de Partition Bionic. 2014. [en ligne]. URL : [http://www.thelivingn-ewyork.com/living\\_main.html](http://www.thelivingn-ewyork.com/living_main.html)

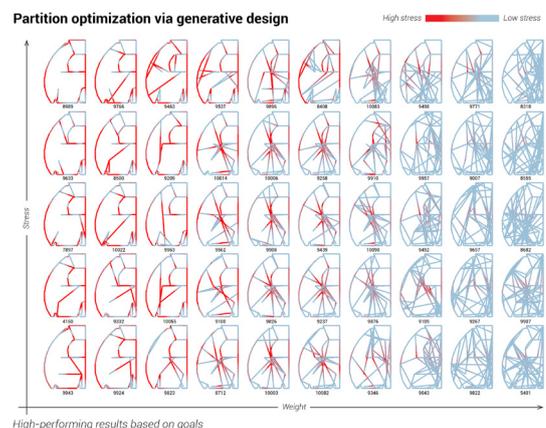


Figure 4 : Generative Design.

Source : The Living. Projet de Partition Bionic. 2014. [en ligne]. URL : [http://www.thelivingn-ewyork.com/living\\_main.html](http://www.thelivingn-ewyork.com/living_main.html)

- **Hy-Fi :**

Hy-fi est une tour conçue par the Living en 2014. Cette tour est 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.

C'est la première structure à grande échelle à utiliser cette technologie de "briques de champignons". Les briques peuvent être cultivées en 5 jours et sont empilées pour créer une structure de trois cylindres qui fusionnent.

La structure est conçue pour réguler la température et la lumière du pavillon. Les couches supérieures de briques situés en haut de la structure sont réalisées avec l'acier des moules utilisés pour cultiver les briques ce qui permet de refléter plus de lumière à l'intérieur de la tour, mais c'est aussi une référence secrète à l'architecture existante de la ville de New York.



Figure 5 : Tour Hy-Fi.

Source : The Living. Hy-Fi. 2014. [en ligne]. URL : [http://www.thelivingnewyork.com/living\\_main.html](http://www.thelivingnewyork.com/living_main.html)



Figure 6 : Fabrication des "briques champignons".

Source : Lafargeholcim foundation. Hy-Fi: Zero carbon emissions compostable structure. 2014. [en ligne]. URL : [http://www.thelivingnewyork.com/living\\_main.html](http://www.thelivingnewyork.com/living_main.html)

## SOURCES

<sup>1</sup> Archdaily. *What Autodesk's Acquisition of "The Living" Means for Architecture*. [en ligne]. URL : <http://www.archdaily.com/522532/what-autodesk-s-acquisition-of-the-living-means-for-architecture>. consulté le 03 juin 2016

<sup>2</sup> The Living. *Project*. [en ligne]. URL : [http://www.thelivingnewyork.com/living\\_main.html](http://www.thelivingnewyork.com/living_main.html). consulté le 03 juin 2016

Initiative remarquable en cours

# Cartographie des acteurs en architecture bio-inspirée

## CARTOGRAPHIE : biomimétisme et architecture par World Tour of Biomimicry



Figure 1 : Vue générale de la carte.

Source : <https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=en&authuser=0&mid=1LlKnLfUddTQLNiz0GUEmIDAI2Rk>

## Le projet

Dans l'optique de connecter les différents acteurs du biomimétisme, partager les données en architecture et génie civil (slides de présentation, publications scientifiques, vidéos, photos, etc), une cartographie est actuellement élaborée par Estelle CRUZ en collaboration avec le CEEBIOS, Biomimicry Europa et les différents acteurs rencontrés lors du "Biomimicry World Tour". Intégrée dans un site internet pensé comme un outil collaboratif, cette cartographie ainsi que le site internet sont actuellement en construction.



Figure 2 : page "Acteurs" du site internet.

Source : <http://archibiomimicry.wix.com/architecture#factors/ve7ah>

## Objectifs

- Connecter : les différents acteurs (chercheurs, praticiens, architectes, ingénieurs, industriels, etc).
- Partager : les données en architecture et biomimétisme (vidéo, publications scientifiques, etc).
- Fédérer : une communauté internationale actuellement en pleine expansion

## Interface

Plusieurs catégories sont développées (bâtiments, acteurs, projets de recherche, etc) avec différentes sous-catégories :

- Bâtiments : construits - non construits - en cours de construction
- Acteurs : architectes - ingénieurs - chercheurs - enseignants - industriels
- Evènements : à venir - passés
- Recherches : en cours - terminées

Cette cartographie est en cours de construction.



Figure 3 : Interface de la carte, exemple Université de Victoria, Nouvelle Zélande.

Source : <https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=en&authuser=0&mid=1LlKnlFUddTQLNiz0GUEmIDAI2Rk>

## SOURCES

1 <http://archibiomimicry.wix.com/architecture>

<https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=en&authuser=0&mid=1LlKnlFUddTQLNiz0GUEmIDAI2Rk>

# Annexes



# Rapports et agences identifiés (1/2)

---

### Rapports identifiés :

- **DG Environnement Commission Européenne**

- **Ministère du logement et de l'habitat durable**

### La Revue du commissariat général au développement durable :

#### Chiffres clés :

- MEDDE, Chiffres et statistiques.
- Etudes&Documents : *Indicateurs nationaux de la transition écologique vers un développement durable-2015-2020 : premier état des lieux.*
- Repères : *Chiffres clés de l'environnement.*
- Repères : *Chiffres clés du climat France et Monde.*
- Le Point sur : *L'occupation des sols en France.*

#### Etudes :

- Travaux d'amélioration de la performance énergétique dans les bâtiments existants (2007-2009)-  
Marché de l'entretien-amélioration des bâtiments en 2007.
- Etudes&Documents : *Villes et territoires résilients.*
- Etudes&Documents : *Villes résilientes - Études de cas internationales.*
- Etudes&Documents : *Villes résilientes: premiers enseignements tirés d'une synthèse bibliographique.*
- Etudes&Documents : *La ville intelligente La ville intelligente.*
- Etudes&Documents : *Repenser les villes dans la société post-carbon.*
- Etudes&Documents : *Un habitat plus compact et moins énergivore : pour quels coûts de construction ?*
- Etudes&Documents : *Société résiliente, transition écologique et cohésion sociale*
- Etudes&Documents : *Quelle valeur les Français accordent-ils à la préservation de la biodiversité dans les forêts publiques métropolitaines ?*
- Chiffres et statistiques : *Opinions et pratiques environnementales des Français en 2015.*

## EN SAVOIR PLUS

**DG Environnement Commission Européenne.** [en ligne]. URL : [http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/en\\_GB/-/EUR/ViewStandardCatalog-Browse?CatalogCategoryID=1sKABstjgMAAAEjvIYY4e5K](http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/en_GB/-/EUR/ViewStandardCatalog-Browse?CatalogCategoryID=1sKABstjgMAAAEjvIYY4e5K). consulté le 06 mai 2016.

**Plan Bâtiment durable. Rapport du groupe de travail "Bâtiment et biodiversité".** Décembre 2015. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport\\_Batiment\\_et\\_Biodiversite\\_liens\\_actifs-2.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport_Batiment_et_Biodiversite_liens_actifs-2.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**Plan Bâtiment durable. Rapport d'activité 2015.** Décembre 2015. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport\\_Batiment\\_et\\_Biodiversite\\_liens\\_actifs-2.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport_Batiment_et_Biodiversite_liens_actifs-2.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**Plan Bâtiment durable. Rapport « Rénovation Énergétique et Filière Bâtiment ».** Juillet 2014. [en ligne]. URL : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/140703\\_-\\_Rapport\\_REFB\\_Plan\\_Batiment\\_Durable\\_version\\_definitive.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/140703_-_Rapport_REFB_Plan_Batiment_Durable_version_definitive.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**Plan Bâtiment durable. COP 21 – BUILDINGS DAY, Engagements pour le bâtiment durable.** 2015. [en ligne]. URL : [http://www.francegbc.fr/wp-content/uploads/2015/12/Engagements-Plan-B%C3%A2timent-Durable\\_COP-21.pdf](http://www.francegbc.fr/wp-content/uploads/2015/12/Engagements-Plan-B%C3%A2timent-Durable_COP-21.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**Plan Bâtiment durable. La Performance Environnementale des Bâtiments (PEB).** 2015. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN\\_VP\\_PEB\\_METL\\_MEDDE\\_mai\\_2013.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_VP_PEB_METL_MEDDE_mai_2013.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**Ministère du logement et de l'habitat durable. La Revue du commissariat général au développement durable.** [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-Revue-du-commissariat-general,13180.html>. consulté le 06 mai 2016.

**Ministère du logement et de l'habitat durable. MEDDE, Chiffres et statistiques.** [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Chiffres-et-statistiques,13117.html>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Indicateurs nationaux de la transition écologique vers un développement durable-2015-2020 : premier état des lieux.** 2016. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED142-2.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Repères : Chiffres clés de l'environnement.** octobre 2015. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_environnement\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_environnement_2015.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Repères : Chiffres clés du climat France et Monde.** 2015. [en ligne]. URL : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Chiffres\\_cles\\_du\\_climat\\_en\\_France\\_et\\_dans\\_le\\_monde\\_2015.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Chiffres_cles_du_climat_en_France_et_dans_le_monde_2015.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Le Point sur : L'occupation des sols en France : progression plus modérée de l'artificialisation entre 2006 et 2012.** 2015. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS219-2.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Travaux d'amélioration de la performance énergétique dans les bâtiments existants (2007-2009)- Marché de l'entretien amélioration des bâtiments en 2007.** 2010. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED29c.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Villes et territoires résilients.** 2015. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED123.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Villes résilientes - Études de cas internationales.** 2014. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED117.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Villes résilientes: premiers enseignements tirés d'une synthèse bibliographique.** 2014. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED114.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : La ville intelligente La ville intelligente: état des lieux et perspectives des lieux et perspectives en France.** 2012. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED73.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Repenser les villes dans la société post-carbon.** 2015. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED119.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Un habitat plus compact et moins énergivore : pour quels coûts de construction ?** 2015. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED135.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Société résiliente, transition écologique et cohésion sociale.** 2015. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED124.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Etudes&Documents : Quelle valeur les Français accordent-ils à la préservation de la biodiversité dans les forêts publiques métropolitaines ?** 2016. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED141.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**La Revue du commissariat général au développement durable. Chiffres et statistiques : Opinions et pratiques environnementales des Français en 2015.** 2016. [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CS750.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**Ministère du logement et de l'habitat durable. Publications.** [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-dernieres-publications-du.html>. consulté le 06 mai 2016.

# Rapports et agences identifiés (2/2)

---

### Rapports identifiés :

- **ADEME**

- Etude prospective sur les impacts du changement climatique pour le bâtiment à l'horizon 2030-2050.
- Chiffres clés : *climat air énergie 2014*.
- Avis de l'ADEME : Le solaire photovoltaïque.
- Mix électrique 100% renouvelable ?
- ADEME&vous : *Construire ensemble la ville durable*.
- Acteur de l'urbanisme : *Urbanisme et qualité de l'air*.
- Les sols portent notre avenir.
- ADEME&vous : *Urbanisme et climat*.
- ADEME&vous : *COP 21*.
- ADEME&vous : *Bâtiment: la rénovation énergétique s'accélère*.
- Chiffres clés : *Déchets 2015*.
- Réussir la planification et l'aménagement durables.

- **ARENE Île-de-France**

- La facture énergétique francilienne.
- Architectures CREE - Matériaux de construction: retour aux (biore)sources.
- Recueil cartographique des initiatives franciliennes en économie circulaire.
- Diagnostic de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme (IAU).

### Agences identifiées :

- European Commission - Environment.
- Ministère du logement et de l'habitat durable.
- Commissariat général au développement durable (CGDD).
- ADEME.
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)
- ARENE Île-de-France
- World Green Building Council
- ARENE Île-de-France
- ONU-Habitat

## EN SAVOIR PLUS

### • Rapport identifiés :

**ADEME. Etude prospective sur les impacts du changement climatique pour le bâtiment à l'horizon 2030-2050.** Janvier 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/prospectiveimpacts\\_changement\\_climatiquebatiment.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/prospectiveimpacts_changement_climatiquebatiment.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. Chiffres clés climat air énergie 2014.** [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-climat-air-energie-2014/>. consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. Avis de l'ADEME sur le solaire photovoltaïque.** Avril 2016. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis\\_ademe\\_solairepv\\_201604.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis_ademe_solairepv_201604.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. Mix électrique 100% renouvelable ?.** 2015. [en ligne]. URL : <http://www.ademe.fr/mix-electrique-100-renouvelable-analyses-optimisations>. consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. ADEME&vous : Construire ensemble la ville durable.** Juillet 2015. [en ligne]. URL : <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-et-vous-87-dossier.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. Urbanisme et qualité de l'air.** Juin 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/urbanisme\\_et\\_qualite\\_de\\_l\\_air\\_8316.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/urbanisme_et_qualite_de_l_air_8316.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. Les sols portent notre avenir.** 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/sols\\_avenir\\_8387.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/sols_avenir_8387.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. ADEME&vous : Urbanisme et climat.** Juillet 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe\\_lalettre\\_11\\_recherche\\_fr.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe_lalettre_11_recherche_fr.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. ADEME&vous : COP 21.** Décembre 2015. [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe\\_lalettre\\_international35\\_en.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe_lalettre_international35_en.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. ADEME&vous : Bâtiment: la rénovation énergétique s'accélère.** octobre 2015. [en ligne]. URL : <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-et-vous-89-dossier.pdf>. consulté le 06 mai 2016.

**ADEME. Déchets 2015.** [en ligne]. URL : [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/chiffres-cles-dechets-2015\\_8500.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/chiffres-cles-dechets-2015_8500.pdf). consulté le 06 mai 2016.

**ADEME, AUE urbanisme durable. Réussir la planification et l'aménagement durables.** [en ligne]. URL : <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/CTconstruireville/index.html>. consulté le 06 mai 2016.

**ARENE Île-de-France. La facture énergétique francilienne.** [en ligne]. URL : <http://www.areneidf.org/publication-arene/la-facture-%C3%A9nerg%C3%A9tique-francilienne>. consulté le 06 mai 2016.

**ARENE Île-de-France. Architectures CREE - Matériaux de construction: retour aux (bio)sources.** [en ligne]. URL : <http://www.areneidf.org/publication-arene/architectures-cree-mat%C3%A9riaux-de-construction-retour-aux-bioresources>. consulté le 06 mai 2016.

**ARENE Île-de-France. Recueil cartographique des initiatives franciliennes en économie circulaire.** [en ligne]. URL : <http://www.areneidf.org/publication-arene/recueil-cartographique-des-initiatives-franciliennes-en-%C3%A9conomie-circulaire>. consulté le 06 mai 2016.

**ARENE Île-de-France. Diagnostic de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme (IAU).** [en ligne]. URL : [http://www.areneidf.org/sites/default/files/diagnostic\\_de\\_linstitut\\_damenagement\\_et\\_durbanisme\\_iau.pdf](http://www.areneidf.org/sites/default/files/diagnostic_de_linstitut_damenagement_et_durbanisme_iau.pdf). consulté le 06 mai 2016.

### • Agences identifiées :

**European Commission - Environment.** [en ligne]. URL : [http://ec.europa.eu/environment/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm). consulté le 06 mai 2016.

**Ministère du logement et de l'habitat durable.** [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>. consulté le 06 mai 2016.

**Commissariat général au développement durable (CGDD).** [en ligne]. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Catalogues-du-CGDD.html>. consulté le 06 mai 2016.

**ADEME.** [en ligne]. URL : <http://www.ademe.fr/>. consulté le 06 mai 2016.

**Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).** [en ligne]. URL : <http://www.cstb.fr/>. consulté le 06 mai 2016.

**ARENE Île-de-France.** [en ligne]. URL : <http://www.areneidf.org/>. consulté le 06 mai 2016.

**ONU-Habitat.** [en ligne]. URL : <http://fr.unhabitat.org/>. consulté le 06 mai 2016.

# Living Building Challenge : Les 20 impératifs

Imperative omitted from Typology

Solutions beyond project footprint are permissible

The 20 Imperatives of the Living Building Challenge: Follow down the column associated with each Typology to see which Imperatives apply.

	LIVING BUILDING CHALLENGE			
	BUILDINGS	RENOVATIONS	LANDSCAPE + INFRASTRUCTURE	
PLACE				01. LIMITS TO GROWTH
	SCALE JUMPING		SCALE JUMPING	02. URBAN AGRICULTURE
			SCALE JUMPING	03. HABITAT EXCHANGE
				04. HUMAN POWERED LIVING
WATER			SCALE JUMPING	05. NET POSITIVE WATER
ENERGY			SCALE JUMPING	06. NET POSITIVE ENERGY
HEALTH & HAPPINESS				07. CIVILIZED ENVIRONMENT
				08. HEALTHY INTERIOR ENVIRONMENT
				09. BIOPHILIC ENVIRONMENT
MATERIALS				10. RED LIST
			SCALE JUMPING	11. EMBODIED CARBON FOOTPRINT
				12. RESPONSIBLE INDUSTRY
				13. LIVING ECONOMY SOURCING
				14. NET POSITIVE WASTE
EQUITY				15. HUMAN SCALE + HUMANE PLACES
				16. UNIVERSAL ACCESS TO NATURE & PLACE
			SCALE JUMPING	17. EQUITABLE INVESTMENT
				18. JUST ORGANIZATIONS
BEAUTY				19. BEAUTY + SPIRIT
				20. INSPIRATION + EDUCATION

Figure 1 : Tableau des 20 impératifs Living Building Challenge

Source : Living Building Challenge 3.0. [en ligne]. URL : [http://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203\\_0\\_WebOptimized\\_low.pdf](http://living-future.org/sites/default/files/reports/FINAL%20LBC%203_0_WebOptimized_low.pdf). consulté le 27 Avril 2016



# SFB-TRR 141 : Les acteurs (1/3)<sup>1</sup>

### Présentation des intervenants

- Prof.Dr.-Ing. Jan Knippers, Université de Stuttgart, TRR-141, directeur ITKE : « *Au-delà des typologies : la biologie comme un pilote pour la culture du design intégratif* »

Le Prof. Knippers, a étudié et obtenu son diplôme en génie civil de l'Université technique de Berlin. Depuis 2000 Janvier Knippers est directeur de l'ITKE (l'Institut des ouvrages de construction et de conception structurelle) à l'Université de Stuttgart. En 2001, il fonde Helbig Advanced Engineering Stuttgart. Ses intérêts de recherche et l'enseignement ce trouve dans le domaine de la bionique. Il étudie et recherches de nouvelles structures efficaces et de nouveaux matériaux pour l'architecture issus de la bionique. Depuis 2011, Jan Knippers est conseiller en architecture et construction, à la Fondation allemande pour la recherche (DFG) et devient en 2014, son porte-parole.

- Prof. Dr. George Jerominidis, Université de Reading, ingénieur en matériaux composites : « *Leçons tiré de la Nature – Matériaux/Structures/Performances* »

George Jeronimidis est professeur émérite d'ingénierie des matériaux et structures composites à l'Université de Reading en Grande Bretagne où il dirige le « Centre for Biomimetics ». Il est aussi Président de « Biokon International » – réseau international de biomimétique – et co-directeur du programme « Technologies émergentes » à la « AA School of Architecture » de Londres. Ses intérêts de recherche couvrent le développement de matériaux et structures composites à fibres, la biomécanique et la biomimétique. Dans ce domaine, parmi d'autres, il a participé à trois projets européens focalisés sur les technologies bio-inspirées : CICADA et CILIA (systèmes sensoriels inspirés des insectes) et OCTOPUS (applications robotiques inspirées du poulpe).

- Dr. Bill Addis, Université de Cambridge, département architecture : « *Biomimétisme et Ingénieur structurel* »

Bill Addis travaille comme conseiller ingénieur et maître de conférence à l'École d'architecture de l'Université de Cambridge, où il a étudié auparavant l'ingénierie. Il a travaillé comme ingénieur de conception de moteurs Rolls-Royce et plus tard, a étudié à l'Université de Reading, où il a obtenu son doctorat en histoire et philosophie des sciences. Il est l'auteur de nombreuses publications et livre comme « 3000 years of Design, Engineering and construction », et est co-auteur de « Construction History ».

- Prof. Dr. Wilhelm Barthlott, Université de Bonn, Institut pour la biodiversité des plantes : « *Diversité biologique et bionique* »

Le Dr.Wilhelm Barthlott, est un botaniste et chercheur allemand en bionique et est directeur du « Jardin botanique » de l'Université de Bonn. Ses domaines d'activité sont la systématique et la recherche sur la biodiversité, avec comme axe essentiel l'écosystème et la répartition de la biodiversité dans son ensemble. C'est l'un des pionniers de la recherche en matière de surfaces biologiques et techniques. Il a développé des surfaces auto nettoyantes comme l'effet lotus et, dans les dernières années, des surfaces qui sous l'eau retiennent l'air de façon permanente (effet salvinia). Ces dernières conduisent à un tournant significatif dans certains domaines de la science des matériaux et ont permis le développement de surfaces biomimétiques super hydrophobes.

- Prof. Dr. Klaus G. Nickel, Université de Tübingen, Application minéralogie : « *Biomimétisme et question d'échelle* »

Après avoir étudié la géologie à l'Université de Mayence, le Dr. Klaus G. Nickel obtient un doctorat en pétrologie expérimentale à l'Université de Tasmanie. Depuis 1991, il occupe le poste de professeur en Minéralogie appliquée à l'Université de Tübingen. Ses thèmes centraux sont la structure, la synthèse, les propriétés et les relations de phase des matériaux inorganiques, non métalliques, dont il aime à être inspiré par les biomatériaux naturels.

- Prof. Dr. Siegfried Schmauder, Université de Stuttgart, Institut pour les essais de matériaux, Science des matériaux et de la résistance des matériaux : « *Défis dans la simulation de microstructures naturelles* »

Le Professeur Siegfried Schmauder obtient son diplôme de mathématiques à l'Université de Stuttgart en 1981. Actuellement, il est le directeur de l'Institut pour les essais des matériaux (IMWF). Ses recherches ce porte sur les méthodes computationnelles dans les sciences appliquées ainsi que la modélisation des matériaux et l'étude des microstructures.

- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers, Université de Stuttgart, Institut de Mécanique Appliquée : « Mécanique et biomatériaux : « *Une application de la technologie de simulation à la biomécanique des animaux et des plantes* »

Le Dr Wolfgang Ehlers obtient en 1979 un diplôme de génie civil à l'Université de Hanovre avec une spécialisation en « Ingénierie de structure ». Il devient ensuite docteur et écrit une thèse sur les milieux poreux. Ses domaines de travail comprennent la mécanique des milieux continus, la théorie des matériaux, la mécanique expérimentales et informatiques.

- Prof. Dr. Oliver Betz, Université de Tübingen, Biologie évolutive des invertébrés : « *Principes de mouvement sans joint avec la rigidité adaptative chez les animaux invertébrés* »

Le Dr Oliver Betz est professeur, depuis 2004, en Biologie évolutive des invertébrés à l'Université de Tübingen. Son objectif général de recherche est de promouvoir la compréhension des conséquences écologiques et évolutives de la construction de l'animal, par l'intégration de la fonction (biomécanique) et la forme (morphologie) des animaux dans leur relation à l'environnement.

- Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser, Université de Stuttgart, Institut de technologie du textile, Matériaux à base de fibres et de machines textiles : « *Structures de fibres composites bio inspiré* »

Dr.-Ing. Götz Gresser est depuis 2013, le directeur de l'Institut de technologie du textile et Génie des Procédés (ITV) de Denkendorf. Le Dr Gresser met en œuvre la recherche et le développement axés sur la technologie médicale et de la biotechnologie. Le Pr Gresser collabore avec l'Université de Freiburg pour le développement de fibres composites de renfort bio-inspirées.

- Prof. AA Dipl. (Hons.) Achim Menges, Université de Stuttgart, ICD Institut de la conception computationnelle : « *Biomimétisme en architecture: Conception et fabrication computationnelles* »

Prof. AA Dipl. Achim Menges est un architecte inscrit à Francfort et professeur à l'Université de Stuttgart, où il est le directeur fondateur de l'Institut de Conception Computationnelle (ICD) depuis 2008. Il est également professeur invité en architecture à la Harvard Graduate School of Design depuis 2009.

Ces recherches se concentre sur le développement des processus de conception intégrale qui prend en compte le calcul de conception morphogénétique, l'ingénierie biomimétique et la fabrication assistée par ordinateur qui permet de créer un environnement performant construit et très articulé.

Son travail est basé sur une approche interdisciplinaire en collaboration avec des ingénieurs de structure, des informaticiens, des spécialistes des matériaux et des biologistes.

- Dr. Patrick Schumacher, Zaha Haddid Architects, Londres: « *Orientation perceptive et Navigation spatiale dans l'environnement urbain dense comme un problème de recherches biomimétique* »

Dr. Patrik Schumacher est architecte (Université de Stuttgart 1987) et docteur en philosophie (Université de Klagenfurt, 1999). Il est Directeur associé de l'agence Zaha Hadid Architects à Londres et co-directeur de l'Architectural Association Design Research Lab (AA-DRL) à Londres. Il est depuis la fin des années 90 un apôtre de l'architecture moderne et grand promoteur des outils de conception numériques, et en particulier de l'architecture paramétrique.

- Prof. Mario Carpo, Ecole d'architecture de Bartlett, Université de Londres: « *Recherche, non triées. Le deuxième tour numérique dans l'architecture* »

Mario Carpo est un historien italien de l'architecture, il enseigne à la Bartlett School of Architecture depuis 2010. Spécialiste des théories et des techniques de représentation architecturales. Actuellement il analyse les applications et les développements des technologies numériques qui ouvrent la voie à des variations infinies, des personnalisation, d'une production industrielle non standard. Il y voit les conditions susceptibles de remettre en cause la longue tradition de la reproduction sérielle initiée à la Renaissance. Il met en corrélation les champs technique et culturel.

## SOURCES

<sup>1</sup> SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *SFB/Transregio 141 Conference 2015*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/trr141-conference-information/>. consulté le 03 mai 2016

# SFB-TRR 141 : Les acteurs (2/3)<sup>1</sup>

### Présentation des intervenants

- Prof. Dr. Stanislav Gorb, Université de Kiel, Fonctions morphologiques et biomimétiques: « *Surfaces fonctionnelles en biologie : de l'adhésion du poisson au camouflage des serpent* »

Stanislav Gorb est entomologiste. Entre 1999 et 2002 il a travaillé comme chef de groupe ("biologique microtribology" du groupe) à l'Institut Max Planck de biologie du développement de Tübingen. Entre 2002 et 2008, il était chef d'équipe du groupe "Evolutionary Biomatériaux" à l'Institut Max Planck de Stuttgart. Il prend ensuite la tête du groupe morphologie fonctionnelle et biomécanique à l'université de Kiel. Ses recherches se concentrent principalement sur des surfaces biologiques spécialisés la réduction des frottements ou l'amélioration des forces adhésives.

- Prof. Dr. Thomas Speck, Université de Freiburg, Groupe de biomécaniques végétales et jardin botanique : « *Déformation élastique des plantes et architecture* »

Le Dr. Thomas Speck est le directeur du « Jardin botanique » de l'Université de Freiburg où il est responsable des recherches sur la morphologie fonctionnelle et du biomimétisme. Il a un large éventail de domaines de recherche qui incluent, l'anatomie fonctionnelle et la morphologie des plantes existantes et fossiles ainsi que la biomécanique végétales. Ses recherches portent notamment sur le transfère, de concepts et de matériaux de constructions spécifiques aux plantes, dans de nouveaux matériaux et produits d'ingénierie bio inspirés. Thomas Speck est aussi le porte-parole de BIONIKON<sup>2</sup>, réseau allemand de compétences biomimétiques et du réseau de biomimétisme au Bade-Wurtemberg.

- Prof. Dr. Ralf Reski, Université de Freiburg, Biotechnologie végétales : « *Bioniques des mousse moléculaire* »

Le Dr Ralf Reski est professeur en biotechnologies végétales à l'Université de Freiburg, il enseigne également à l'École supérieure de biotechnologie Strasbourg. Son travail et ses recherches, traitent principalement de l'étude des particularités dans le développement cellulaire des mousses. Le Dr Ralf Reski et ses collègues ont notamment découvert, en 2010, un nouveau mécanisme de régulation des gènes chez les eucaryotes.

- Dr. Olga Speck, Université de Freiburg, Groupe de biomécaniques végétales et jardin botanique : « *Solutions basées sur la nature - un chemin vers la construction durable* »

Le Dr. Olga Speck a étudié la biologie et les sports à l'Université de Freiburg. Elle a reçu son doctorat en 2003. Depuis 2002, elle est, depuis 2002, directrice de « Competence Network Biomimetics » qui met en lien des scientifiques de diverses disciplines et des partenaires du commerce et de l'industrie afin de permettre le développement conjoint de produits et de technologies innovantes bio-inspirés.

Olga Speck traite notamment dans ses travaux, d'un des centres de débat important et récurant concernant le biomimétisme, qui est de savoir si ce domaine a un potentiel spécifique pour contribuer à la durabilité.

- Prof. Dr. Gerd de Bruyn, Université de Stuttgart, Institut des théorie de l'architecture et du design (IGMA) : « *Forme et organisme dans (construction) l'Art et la Science* »

Le Dr Gerd de Bruyn est professeur de théorie de l'architecture à l'IGMA de l'Université de Stuttgart. Son travail se concentre sur les préoccupations de la théorie de l'architecture des 18e, 19e et 20e siècles ainsi que la théorie scientifique de l'architecture.

- Prof. Dr. Oliver Röhrle, Université de Stuttgart, Institut de mécanique appliquée : « *Utilisation des techniques de traitements d'image et la méthode des éléments finis pour analyser les structures biologiques à petite échelle* »

Le Dr. Olivier Röhrle est professeur à l'Institut de mécanique appliquée en bio mécanique, à l'Université de Stuttgart. Ses recherches ce porte sur le domaine de la simulation biomécanique du corps humain. Il a notamment modélisé les mouvements chez les patients dont la jambe a été amputée au-dessus du genou, grâce aux nouvelles technologies de traitement d'image.

## SOURCES

<sup>1</sup> SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *SFB/Transregio 141 Conference 2015*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/trr141-conference-information/>. consulté le 03 mai 2016

<sup>2</sup> BIONIKON international. *Welcome to BIONIKON international The Biomimetics Association*. [en ligne]. URL : <http://www.bionikon-international.com/>. consulté le 03 mai 2016

# SFB-TRR 141 : Les acteurs (3/3)<sup>1</sup>

---

### Présentation des intervenants

- Prof. Dr. James H. Nebelsick, Université de Tübingen, Paléontologie des invertébrés : « *Forme et fonction du périostracum des escargots terrestres: un modèle pour le dépôt fusionné continu des enveloppes architecturales* »

Le Dr. James H. Nebelsick est professeur de paléontologie des invertébrés et de paléoclimatologie à Université de Tübingen. Il travaille notamment avec Achim Menges sur le transfert de caractéristiques morphologiques et physiologiques des invertébrés vers des solutions techniques de conceptions architecturales, traduit en particulier au travers les pavillons de recherches de l'Université de Stuttgart.

- Prof. Dr.-Ing Manfred Bischoff, Université de Stuttgart, Institut des mécaniques de structures : « *Optimisation, robustesse et redondance - Catégories pour la conception biologique d'un point de vue de l'ingénierie* »

Le Dr Manfred Bischoff est professeur de mécanique des structures à l'Université de Stuttgart et directeur de l'Institut du même nom IBB. Ses recherches portent sur la mécanique des structures de calcul non linéaires, la théorie des coques (la modélisation et l'analyse des éléments finis avec des coquilles) ou encore l'optimisation structurelle.

- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h. Dr.h.c. Werner Sobek, Université de Stuttgart, ILEK, Institut des structures légères et de la conception: « *Conception et fabrication de structures optimales d'inspiration biologique en béton* »

Werner Sobek (né le 16 mai 1953 à Aalen, en Allemagne) est un ingénieur et architecte allemand considéré comme un des ingénieurs les plus importants et les plus influents de notre ère. Travaillant d'un côté en tant qu'ingénieur avec des architectes mondialement connus comme Norman Foster, Meinhard von Gerkan et Volkwin Marg, Hans Hollein, Gunter Henn, Christoph Ingenhoven, Helmut Jahn, Dominique Perrault et Zaha Hadid, il a également réalisé des œuvres qui ont marqué l'architecture contemporaine. Le bâtiment le plus connu de Werner Sobek est R128.

Il est président de Werner Sobek Group, bureau d'études techniques de renommée mondiale en ingénierie du bâtiment (250 personnes) fondé en 1992 et disposant de bureaux à Stuttgart, Dubai, Frankfurt, Istanbul, London, Moscow and New York.

Il est professeur à l'université de Stuttgart en Allemagne et directeur de l'ILEK (Institut des structures légères et du design conceptionnel). Depuis 2008 Werner Sobek est également titulaire de la chaire Mies van der Rohe à l'Institut de technologie de l'Illinois à Chicago

Werner Sobek est parmi les fondateurs du Conseil de la construction durable allemand DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.), dont il fut le président entre avril 2008 et juin 2010.

## SOURCES

<sup>1</sup>SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *SFB/Transregio 141 Conference 2015*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/trr141-conference-information/>. consulté le 03 mai 2016

## EN SAVOIR PLUS

- **Prof.Dr.-Ing. Jan Knippers :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-ing-jan-knippers/>  
<http://www.itke.uni-stuttgart.de>  
<http://www.itke.uni-stuttgart.de/mitarbeiter.php?id=1>  
<http://www.knippershelbig.com> / <http://www.dfg.de/en/>
- **Prof. Dr. George Jerominidis :**  
<https://www.reading.ac.uk/CME/about/staff/g-jeronimidis.aspx>  
<http://phd.aaschool.ac.uk/faculty/george-jeronimidis/>
- **Dr. Bill Addis :**  
<https://structurae.info/personnes/bill-addis>
- **Prof. Dr. Wilhelm Barthlott :**  
<http://lotus-salvinia.de/index.php/12-kategorie-deutsch/kontakt-ueber-uns/psite/11-prof-wilhelm-barthlott>
- **Prof. Dr. Klaus G. Nickel :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-klaus-g-nickel-phd/>  
<http://www.geo.uni-tuebingen.de/arbeitsgruppen/mineralogie-geodynamik/angewandte-mineralogie/mitarbeiter/klaus-nickel.html>
- **Prof. Dr. Siegfried Schmauder :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-rer-nat-siegfried-schmauder/>  
[http://www.imwf.uni-stuttgart.de/institut/ansprechpartner/mitarbeiter/Schmauder/?\\_locale=de](http://www.imwf.uni-stuttgart.de/institut/ansprechpartner/mitarbeiter/Schmauder/?_locale=de)
- **Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers :**  
<http://www.trr141.de/index.php/prof-dr-ing-wolfgang-ehlers-2/>  
<http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/>
- **Prof. Dr. Oliver Betz :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-oliver-betz/>  
<http://www.mnf.uni-tuebingen.de/fachbereiche/biologie/institute/evolutionecology/lehrbereiche/evolutionsbiologie-der-invertebraten/personal-und-forschungsthemen/prof-dr-oliver-betz.html>
- **Dr. Tom Masselter :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/dr-rer-nat-tom-masselter/>  
<https://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/mitarbeiter/pbg/tommasselter>
- **Prof. Dr.-Ing. Görtz Gresser :**  
<http://spp1420.mpikg.mpg.de/projects/biomimetically-optimised-branched-composite-fibrous-structures-as-technical-components-with-a-high-load-bearing-capacity>
- **Prof. AA Dipl. (Hons.) Achim Menges :**  
<http://www.achimmenges.net/?p=4866>
- **Prof. Mario Carpo :**  
<https://www.bartlett.ucl.ac.uk/architecture/news/mario-carpo-appointed-as-reyner-banham-professor-of-architectural-history-and-theory>
- **Prof. Dr. Thomas Speck :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-rer-nat-thomas-speck/>  
<https://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/mitarbeiter/pbg/thomasspeck>
- **Prof. Dr. Ralf Reski :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-rer-nat-ralf-reski/>  
<http://www.plant-biotech.net>
- **Dr. Olga Speck :**  
<https://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/mitarbeiter/pbg/olgaspeck>
- **Prof. Dr. Gerd de Bruyn :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-phil-m-a-gerd-de-bruyn/>  
<http://www.uni-stuttgart.de/igma/gerd.html>
- **Prof. Dr. Oliver Röhrle :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-oliver-roehrle>  
<http://www.mechbau.uni-stuttgart.de>
- **Prof. Dr. James H. Nebelsick :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-james-nebelsick/>  
<http://www.geo.uni-tuebingen.de/arbeitsgruppen/palaeobiologie/invertebraten-palaeontologie/arbeitsgruppe/james-nebelsick.html> / <http://icd.uni-stuttgart.de/?cat=6>
- **Prof. Dr.-Ing Manfred Bischoff :**  
<http://www.trr141.de/index.php/people/prof-dr-ing-habil-manfred-bischoff/>  
<http://www.ibb.uni-stuttgart.de/institut/leitung/index.html>
- **Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h. Dr.h.c. Werner Sobek :**  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Werner\\_Sobek](https://fr.wikipedia.org/wiki/Werner_Sobek)

# SFB-TRR 141 : Programme colloque

Le 12 et 13 novembre 2015 le Centre SFB-TRR 141 a organisé un colloque sur le thème de la conception biologique et structures intégratives.

### Programme du colloque :

THURSDAY, 12.11.2015

10:00 - 10:20	Jan Knippers, Johanna Eder	<i>Universität Stuttgart / Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart</i>	Welcome
10:20 - 10:40	Jan Knippers	<i>Universität Stuttgart/Speaker TRR 141</i>	Beyond Typologies: Biology As a Driver for an Integrative Design Culture
10:40 - 11:20	George Jeronimidis	<i>University of Reading, Reading, UK</i>	Lessons from Nature – Materials – Structures – Performance
11:20 - 12:00	Bill Addis	<i>University of Cambridge, UK</i>	Biomimetics and the Structural Engineer
12:00 - 13:20	Lunch		
13:20 - 14:00	Wilhelm Barthlott	<i>Universität Bonn</i>	Biological Diversity and Bionics
14:00 - 14:20	Klaus Nickel	<i>Universität Tübingen/Co-Speaker TRR 141</i>	Biomimetics and the Matter of Size
14:20 - 14:40	Siegfried Schmauder	<i>Universität Stuttgart</i>	Challenges in Simulating Natural Microstructures
14:40 - 15:00	Wolfgang Ehlers	<i>Universität Stuttgart</i>	Continuum Mechanics and Biomaterials: An Application of Simulation Technology to Biomechanics of Animals and Plants
15:00 - 15:40	Coffee break		
15:40 - 16:00	Oliver Betz	<i>Universität Tübingen</i>	Joint-Free Movement Principles with Adaptive Stiffness in Invertebrate Animals
16:00 - 16:20	Tom Masselter	<i>Universität Freiburg</i>	Branchings in Nature and Technics
16:20 - 16:40	Götz Gresser	<i>Universität Stuttgart</i>	Bio-Inspired Fiber Composite Structures
16:40 - 17:00	Achim Menges	<i>Universität Stuttgart</i>	Biomimetics in Architecture: Computational Design and Fabrication
17:20 - 18:20	Guided tour, Museum am Löwentor		
19:00 - 22:00	Get-together, Schloss Rosenstein		

FRIDAY, 13.11.2015

10:00 - 10:40	Patrik Schumacher	<i>Zaha Hadid Architects, London, UK</i>	Perceptual Orientation and Spatial navigation in Dense Urban Environments as a Bio-mimetic Research Problem
10:40 - 11:20	Mario Carpo	<i>The Bartlett, University College London, UK</i>	Search, Don't Sort. The Second Digital Turn.
11:20 - 12:00	Stanislav Gorb	<i>Universität Kiel</i>	Functional Surfaces in Biology: From the Fish Adhesion to the Snake Camouflage
12:00 - 13:20	Lunch		
13:20 - 13:40	Thomas Speck	<i>Universität Freiburg</i>	Elastic Deformation in Plants and Architecture
13:40 - 14:00	Ralf Reski	<i>Universität Freiburg</i>	Moss Molecular Bionics
14:00 - 14:20	Olga Speck	<i>Universität Freiburg</i>	Nature-Based Solutions – a Path Towards Sustainable Construction
14:20 - 14:40	Gerd de Bruyn	<i>Universität Stuttgart</i>	Form und Organismus in (Bau)Kunst und Wissenschaft
14:40 - 15:20	Coffee break		
15:20 - 15:40	Oliver Röhrle	<i>Universität Stuttgart</i>	Using Image Processing Techniques and the Finite Element Method to Analyse Small-Scale Biological Structures
15:40 - 16:00	James H. Nebelsick	<i>Universität Tübingen</i>	Form and Function of the Periostracum in Land Snails: a Model for Continuous Fused Deposition of Architectural Envelopes
16:00 - 16:20	Manfred Bischoff	<i>Universität Stuttgart</i>	Optimality, Robustness and Redundancy – Categories for Biological Design from an Engineering Point of View
16:20 - 16:40	Werner Sobek	<i>Universität Stuttgart</i>	Design and Manufacturing of Biologically Inspired Optimal Structures Made of Functionally Graded Concrete
16:40 - 16:50	Thomas Speck	<i>Universität Freiburg/Co-Speaker TRR 141</i>	Closing Remarks and Discussion

## SOURCES

<sup>1</sup> SFB-TRR 141: Biological Design and Integrative Structures. *SFB/Transregio 141 Conference 2015*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/trr141-conference-information/>. consulté le 03 mai 2016

# SFB-TRR 141 : Travaux remarquables



## Prof. Dr. Stanislav Gorb Adhésifs secs, textures de surface<sup>1</sup> :

Stanislav Gorb est entomologiste. Entre 1999 et 2002 il a travaillé comme chef de groupe ("biologique microtribology" du groupe) à l'Institut Max Planck de biologie du développement de Tübingen. Entre 2002 et 2008, il était chef d'équipe du groupe "Evolutionary Biomatériaux" à l'Institut Max Planck de Stuttgart. Il prend ensuite la tête du groupe morphologie fonctionnelle et biomécanique à l'université de Kiel.

Ses recherches se concentrent principalement sur des surfaces biologiques pour la réduction des frottements ou l'amélioration des forces adhésives.<sup>2</sup>

Les êtres vivants ont développé des systèmes très élaborés pour diminuer la friction, pour l'augmenter (systèmes de frottement).

Fait intéressant, dans les deux cas, le but d'un tel système est d'économiser l'énergie. Les modèles étudiés dans le laboratoire du Prof. Dr. Stanislav N. Gorb sont par exemple la libellule, la peau de serpent, les systèmes d'accroche des graines ou encore les articulations chez les vertébrés et invertébrés.

Dans les systèmes biologiques, les organes adhésifs utilisés pour la fixation à des substrats ainsi que ceux qui sont impliqués dans la capture des proies, démontrent une grande diversité dans leurs propriétés structurales et chimiques. Pour la fixation lors de la locomotion, les animaux ont développé seulement deux mécanismes distincts: coussinets lisses ou surfaces ciliés (poilus). En raison de la flexibilité des matériaux d'attache, les deux mécanismes peuvent maximiser la zone de contact possible avec le substrat.

Les insectes sont les principaux organismes étudiés dans le laboratoire pour l'analyse des propriétés d'adhésion humide, sèche, les sécrétions ou encore les stratégies anti-adhésives utilisées par les plantes pour limiter l'accessibilité de leurs surfaces.

L'analyse des relations étroites entre structures et fonctions de ces différents matériaux et surfaces a permis au laboratoire de s'engager dans le biomimétisme pour développer de nouvelles technologies adhésives, anti-friction, ou encore haptiques.

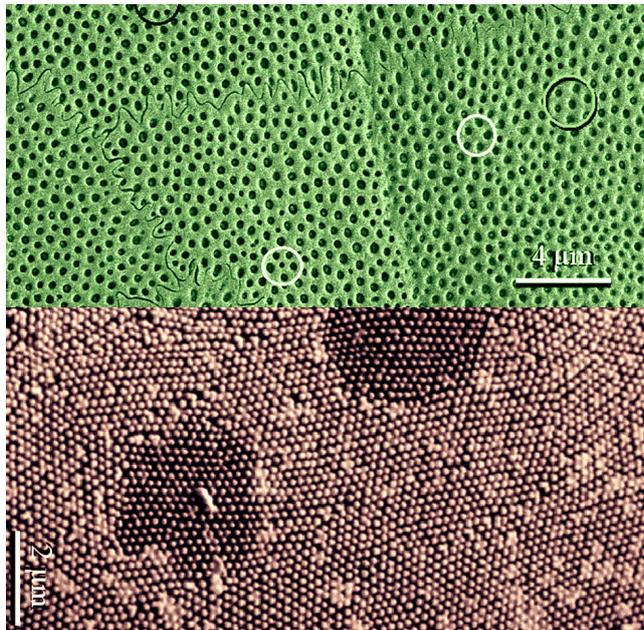


Figure 1: Image en microscopie électronique à balayage de la queue d'un serpent *viridis Morelia*

Figure 2: Image electronmicroscopique d'une surface de ommatidium unique d'un oeil de papillon *Manduca sexta*.

Credit : research group Gorb

Source : <http://www.uni-kiel.de/pressemeldungen/?pmid=2016-137-motten-und-schlangen&lang=en>

## SOURCES

<sup>1</sup> Université Christian Albrecht de Kiel. *Stanislav N. Gorb*. [en ligne]. URL : <http://www.uni-kiel.de/zoologie/gorb/sgorb.html>. consulté le 04 mai 2016

<sup>2</sup> Université Christian Albrecht de Kiel. *Zoologie*. [en ligne]. URL : <http://www.uni-kiel.de/zoologie/gorb/topics.html>. consulté le 04 mai 2016

# SFB-TRR 141 : Travaux remarquables



**Dr. rer. nat. Olga Speck**  
**Validation du modèle**  
**bio-inspiré et de la**  
**durabilité<sup>1</sup> :**

Le Dr. Olga Speck a étudié la biologie à l'Université de Freiburg.  
Elle a reçu son doctorat en 2003.  
Depuis 2002, elle est directrice de « Competence Network Biomimetics » qui met en lien des scientifiques de diverses disciplines et des partenaires du commerce et de l'industrie afin de permettre le développement conjoint de produits et de technologies innovantes bio-inspirés.  
En 2007, elle intègre le "Conseil consultatif Bionics" de l'Association des ingénieurs allemands.  
Depuis 2009, elle est présidente du groupe de travail «Éducation et formation» de BIONIKON internationale<sup>2</sup> et depuis 2011 elle est membres de l'Institut de normalisation ISO où elle travaille sur des normalisations dans le domaine du biomimétisme<sup>3</sup> (l'ISO / TC 266 18458 qui fournit un cadre pour la terminologie concernant la biomimétique à des fins scientifiques, industrielles et éducatives.).

Olga Speck traite notamment dans ses travaux, d'un des centres de débat important et récurrent concernant le biomimétisme, qui est de savoir si ce domaine a un potentiel spécifique pour contribuer à la durabilité. Pour cela elle a développé une méthode précise en deux parties, qui vise à identifier le niveau de durabilité d'un projet biomimétique.

**PROJET**



**DETERMINATION  
DE L'ASPECT  
BIOMIMETIQUE**



**ANALYSE  
DE DURABILITÉ**

Premièrement il faut déterminer si le projet appartient au domaine du biomimétisme. Pour cela Olga Speck fait appel à la norme VDI 6220<sup>4</sup> et l'ISO/TC 266-18458 développées par l'Association des ingénieurs Allemands, qui définit des critères pour déterminer si un projet ou une solution est biomimétique.

- **MODELE BIOLOGIQUE (projet issu d'un modèle biologique étudié par les concepteurs)**
- **ABSTRACTION DU MODELE (les principes fonctionnels et opérationnels sont dissociés du modèle biologique pour amener à des solutions techniques)**
- **APPLICATION TECHNIQUE (transfère du modèle en application technique)**

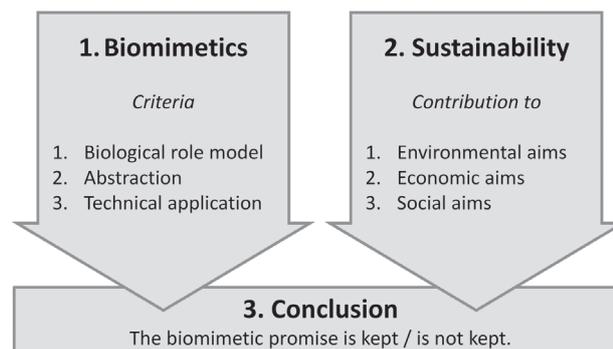
Olga Speck utilise l'outil PROSA (Product Sustainability Assessment)<sup>5</sup> pour la mise en place de la deuxième étape, qui est d'évaluer la durabilité du projet biomimétique.

PROSA permet d'analyser différents aspects importants du projet comme :

- **L'analyse des avantages**
- **L'analyse des effets sociaux**
- **L'analyse des coûts**
- **L'évaluation particulière du Cycle de Vie et des impacts environnementaux**

Ce qui est intéressant dans l'utilisation de PROSA est qu'il représente un outil comparatif des capacités de durabilité des solutions biomimétiques avec des solutions conventionnelles.

Tout ce travail est illustré dans le projet C01 : « *Promesse biomimétique : solutions naturelles comme concepts générateurs pour le développement de technologies durables dans le secteur de la construction* »<sup>6</sup> qui a pour but d'élaborer un cadre de durabilité sur la base de paramètres bio-inspirés, avec un accent sur le secteur de la construction.



**Figure 1 : Procédure de validation pour savoir si la promesse biomimétique d'une innovation est maintenue ou non.**

Credit : Plant Biomechanics Group Freiburg

Source : TRR-141. C01 > *The biomimetic promise: natural solutions as concept generators for sustainable technology development in the construction sector.* [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/c01/>. consulté le 04 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup> Universität Freiburg. *Dr. Olga Speck.* [en ligne]. URL : <https://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/mitarbeiter/pbg/olgaspeck>. consulté le 04 mai 2016

<sup>2</sup> BIONIKON International. *Welcome to BIONIKON international: The Biomimetics Association.* [en ligne]. URL : <http://www.biokon-international.com/>. consulté le 04 mai 2016

<sup>3</sup> ISO. *ISO/TC 266 - Biomimetics.* [en ligne]. URL : [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_browse.htm?commid=652577](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=652577). consulté le 04 mai 2016

<sup>4</sup> VDI The Association of German Engineers. *VDI-Standard: VDI 6220.* [en ligne]. URL : [http://www.vdi.eu/nc/guidelines/entwurf\\_alt\\_vdi\\_6220-bionik\\_konzeption\\_und\\_strategie\\_abgrenzung\\_zwischen\\_bionischen\\_und\\_konventionellen\\_verfahrenprodukten/](http://www.vdi.eu/nc/guidelines/entwurf_alt_vdi_6220-bionik_konzeption_und_strategie_abgrenzung_zwischen_bionischen_und_konventionellen_verfahrenprodukten/). consulté le 04 mai 2016

<sup>5</sup> PROSA. *Background.* [en ligne]. URL : <http://www.prosa.org/index.php?id=362>. consulté le 04 mai 2016

<sup>6</sup> TRR-141. C01 > *The biomimetic promise: natural solutions as concept generators for sustainable technology development in the construction sector.* [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/c01/>. consulté le 04 mai 2016

# SFB-TRR 141 : Travaux remarquables



## Prof. Klaus G. Nickel, PhD Question d'échelle <sup>1</sup>:

L'objectif des travaux du professeur est une description des rapports Taille/Volume/Propriété, en appliquant les sciences des matériaux aux concepts naturels et biomimétiques des constructions poreuses. Il s'agit de vérifier si les prédictions peuvent être faites sur la base de la distribution des paramètres mécaniques au sein d'une population ou d'espèces d'animaux ou de plantes et d'évaluer le pouvoir prédictif d'une telle approche pour les constructions biomimétiques.<sup>2</sup>

Un autre objectif est de déterminer les limites de ces méthodes car les constructions biologiques naturelles sont souvent structurées hiérarchiquement, et réagissent donc à des contraintes environnementales, en formant, à partir d'une certaine taille, un autre niveau de la construction avec ses propres relations taille/propriété.

Pour obtenir une meilleure compréhension des processus adaptatifs observés dans les générateurs de concepts biologiques du point de vue phylogénétique et ontogénétique, un outil de prédiction mathématique, indiquant le stade auquel un nouveau niveau (structurel) est nécessaire, serait d'une grande valeur et pourrait être considéré comme une percée. C'est notamment le cas pour le développement de matériaux et de structures bio-inspirés.

Le modèle utilisé pour ce développement est l'épine d'oursin, car il s'agit d'une structure relativement simple et sous forme de tige, adaptée aux tests mécaniques et physiques.

Néanmoins leur microstructure est hiérarchique et possède donc la complexité requise pour agir en tant que candidat typique de matériaux naturels. Des organes végétaux sont également étudiés, notamment les coquilles et enveloppes de graines qui montrent une structuration hiérarchique prononcée, avec une augmentation de la taille et de la complexité au cours du développement, qui peut être caractérisée mécaniquement.<sup>3</sup>

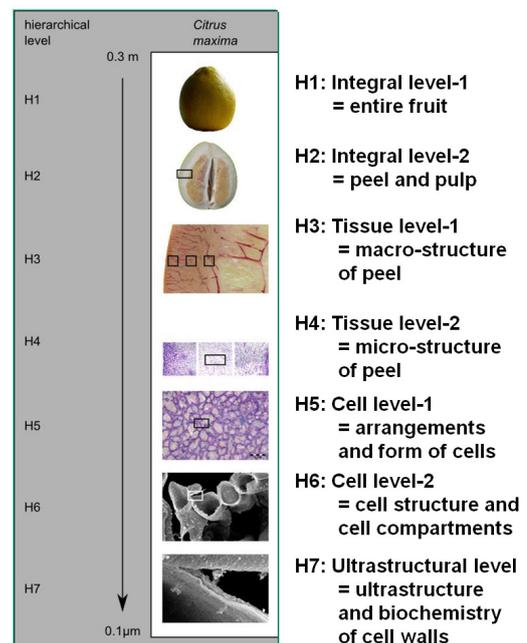


Figure 1 : Structuration hiérarchique du pamplemousse (*Citrus maxima*); dans le fruit, sept niveaux hiérarchiques peuvent être discernés. La peau représente une mousse renforcée par des fibres à gradient qui présente cinq niveaux hiérarchiques.

Credit : Plant Biomechanics Group Freiburg

Source : TRR-141. B01 > Scaling of properties of highly porous biological and biomimetic constructions. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/b01/>, consulté le 05 mai 2016

## SOURCES

<sup>1</sup>TRR-141. *Prof. Klaus G. Nickel, PhD*. [en ligne]. URL : [http://www.trr141.de/index.php/people/?page\\_id=201](http://www.trr141.de/index.php/people/?page_id=201). consulté le 05 mai 2016

<sup>2</sup>Université Eberhard Karl de Tübingen. *Prof. Dr. Klaus Nickel*. [en ligne]. URL : <http://www.geo.uni-tuebingen.de/en/work-groups/mineralogy-geodynamics/angewandte-mineralogie/mitarbeiter/klaus-nickel.html>. consulté le 05 mai 2016

<sup>3</sup>TRR-141. *B01 > Scaling of properties of highly porous biological and biomimetic constructions*. [en ligne]. URL : <http://www.trr141.de/index.php/research-areas-2/b01/>. consulté le 05 mai 2016



# *“S’inspirer du Vivant, Innover Autrement”*

*Groupe d’Innovation Stratégique  
Habitat Bio-Inspiré*

**Le Ceebios**  
62 rue du Faubourg Saint Martin,  
60300 Senlis  
<http://ceebios.com/>

©2016. CEEBIOS.  
Tous droits réservés.

**Image de couverture :**  
Pavillon de recherche ICD/ITKE  
2015-16 - Stuttgart 2016