



Biomimétisme et Bio-inspiration  
Contexte et Opportunités

27 juin 2016

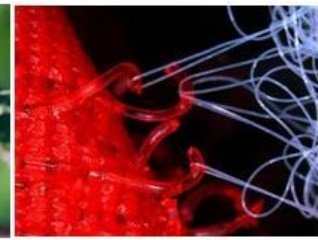
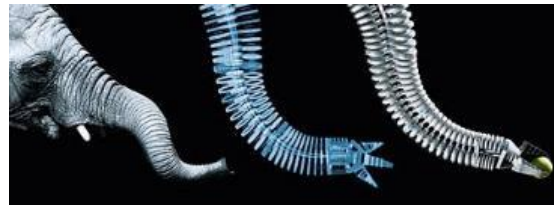
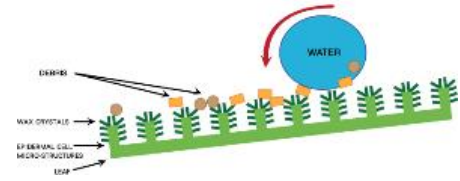
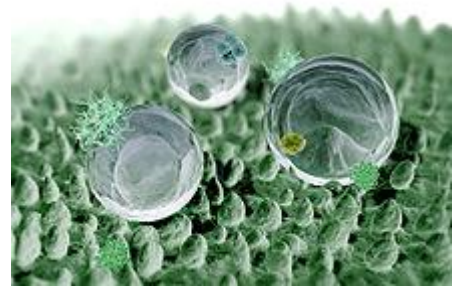


Kalina RASKIN

Olivier SCHEFFER

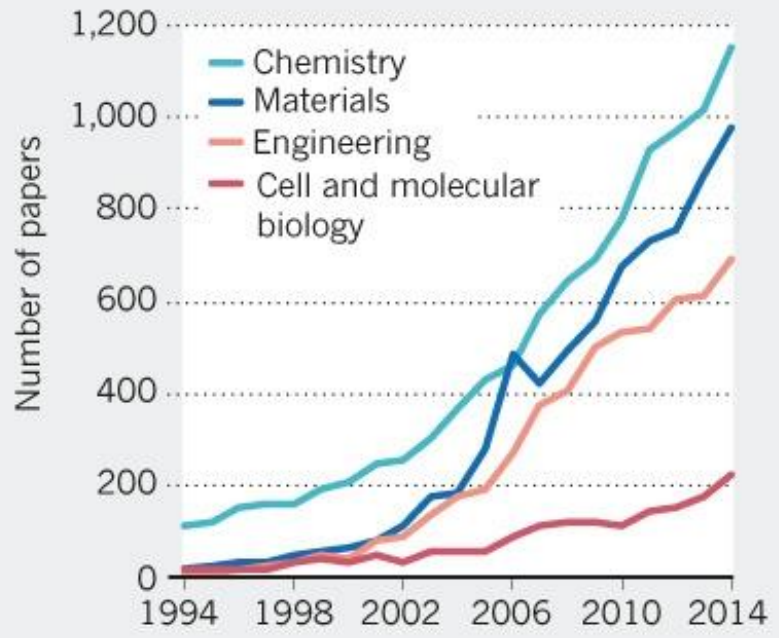


# CEEBIOS Les Grands Classiques

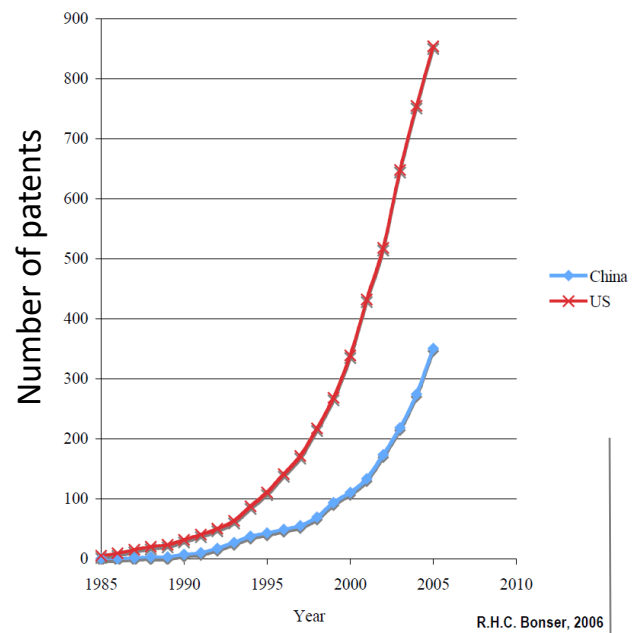


# TRENDS IN BIOMIMETICS

A search of the more than 25,000 papers in biomimicry shows the rising interest in the field over the past decade, but studies are mainly restricted to the physical sciences.

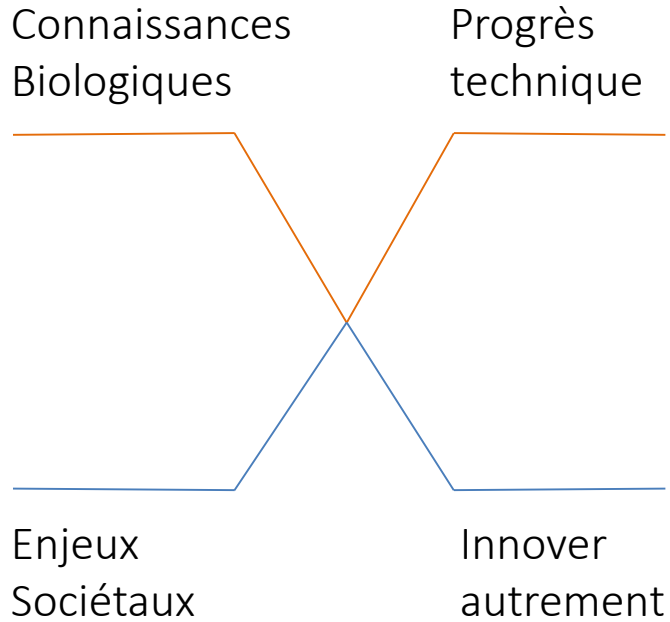


Data obtained by searching the Web of Science Core Collection with the term "biomim\* or bioinspir\*".



R.H.C. Bonser, 2006

Tendances



Pourquoi maintenant ?

Energie solaire,

Séquestration du CO2 atmosphérique

Optimisation de la consommation selon saison, conditions locales et moment de la journée :

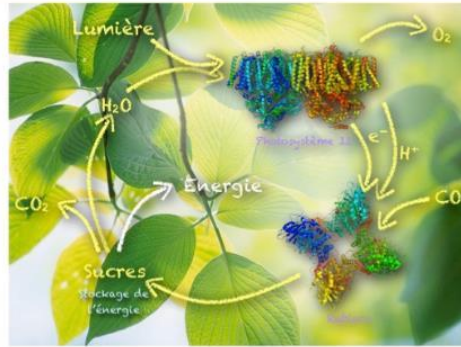
Sources diversifiées pour s'adapter aux conditions changeantes – décentralisation énergétique



Marc  
FONTECAVE

Ca marche déjà

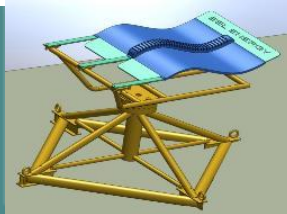
cea



3 avril 2012 Ecole de physique des Houches W. Leibl CEA/DSV/IBITECS 12



Photosynthèse artificielle  
pour la production  
d'hydrogène



Hydroliennes innovantes

Hierarchisés

Multifonctionnels

Composites, interfaces, lamellaires, hybrides

Réactifs à l'environnement

Stockent le CO<sub>2</sub> (biomasse et calcaire...)

Production basée sur l'énergie solaire

Auto-assemblés, manufacture additive

Biocompatibles et recyclables

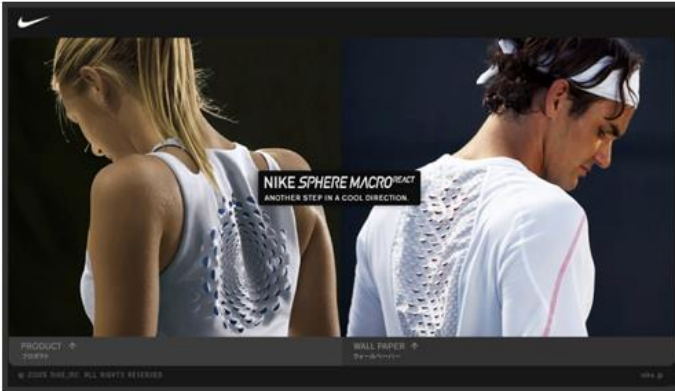
3 familles de polymères



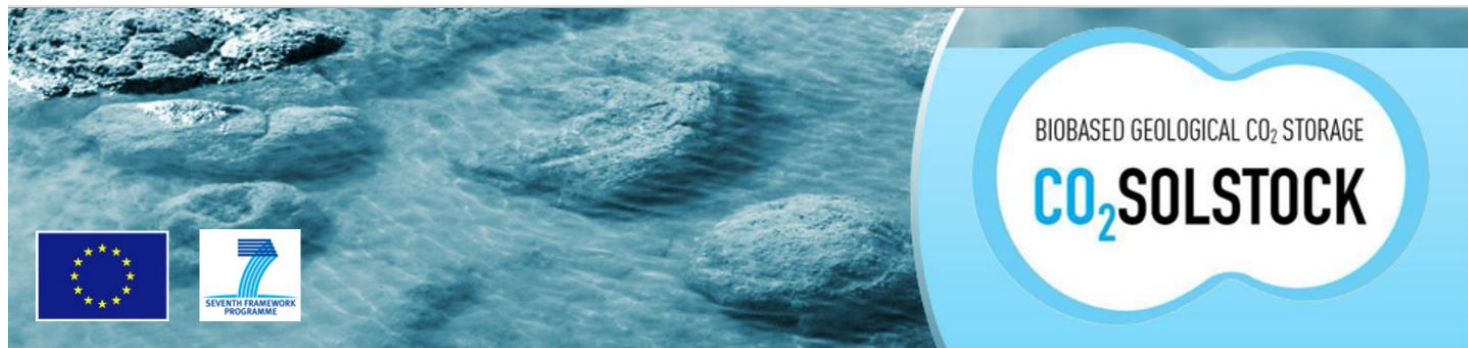




© Werns Photography



Réactivité à  
l'environnement



Séquestration  
du CO<sub>2</sub>



CEE BIO

4 éléments abondants (C,O,H,N)

Energie solaire

T,P modérés

Solution aqueuse

Recyclage métabolique

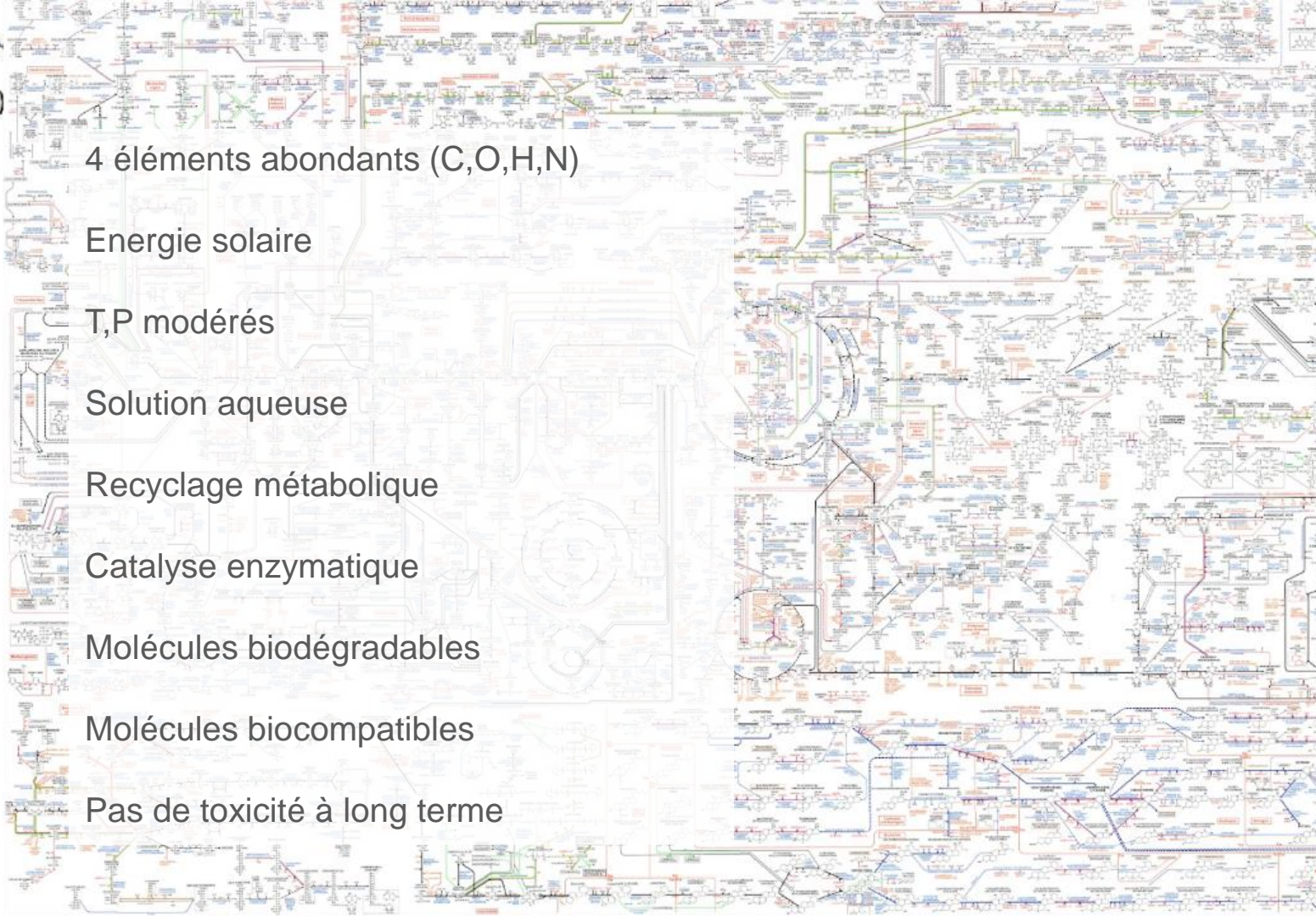
Catalyse enzymatique

Molécules biodégradables

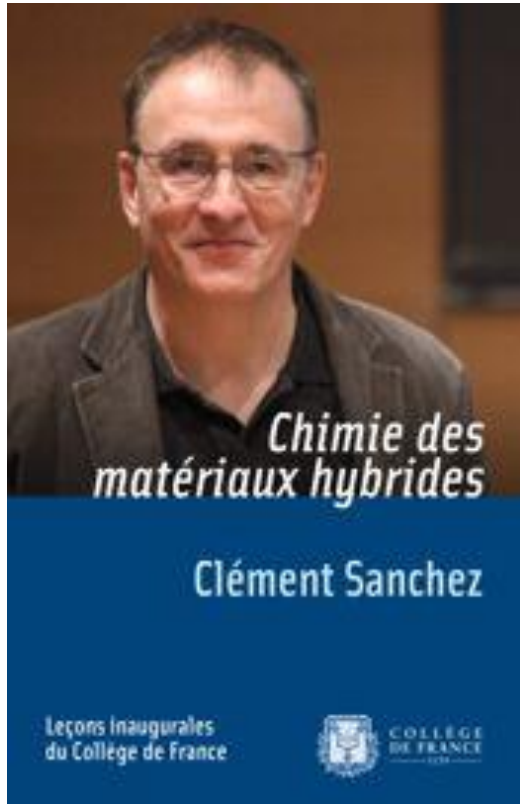
Molécules biocompatibles

Pas de toxicité à long terme

Chimie verte



## Du Verre à température et pressions ambiantes



Jacques Livage





Claude Grison, Médaille de l'innovation CNRS 2014

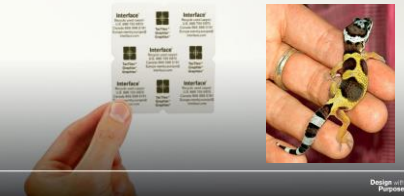
Dépollution  
des sols  
& éco-catalyse



**Système d'installation sans colle**

110g — Colle par m<sup>2</sup>

5g — TacTiles™, par m<sup>2</sup>



Interface® Design with Purpose



**GECKO**  
BIOMEDICAL

**Interface**®

Colles sans  
formaldéhyde

Purification

ex: Phytoremédiation,  
mycorémédiation, membranes,  
aquaporin, solvants...

Récupération en milieu aride

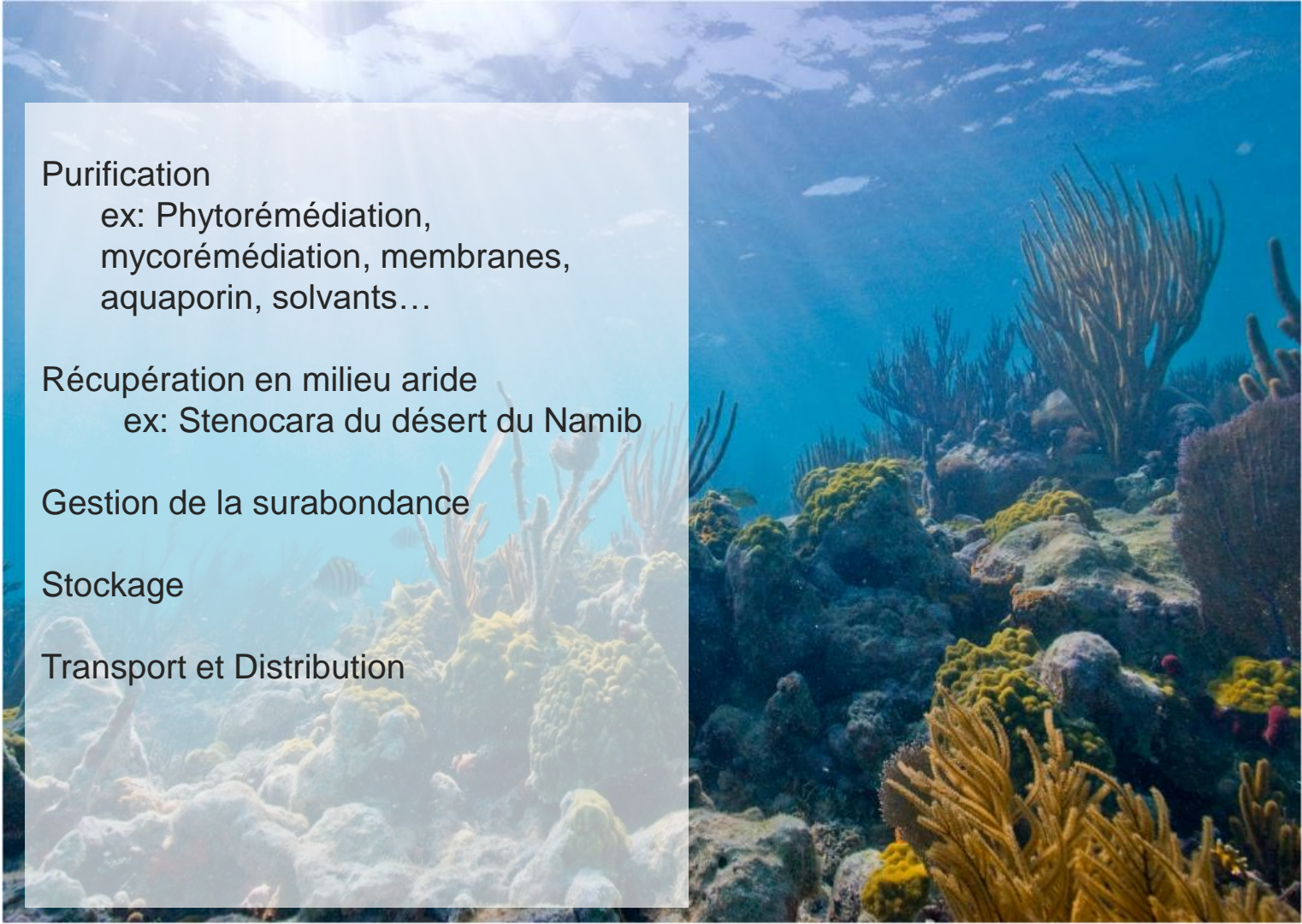
ex: Stenocara du désert du Namib

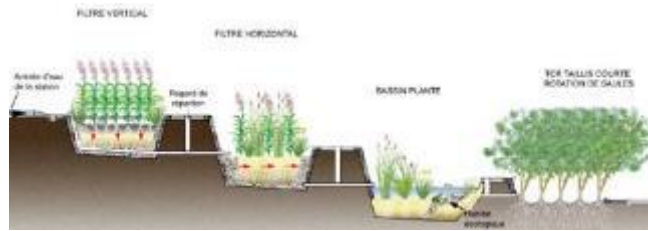
Gestion de la surabondance

Stockage

Transport et Distribution

Eau

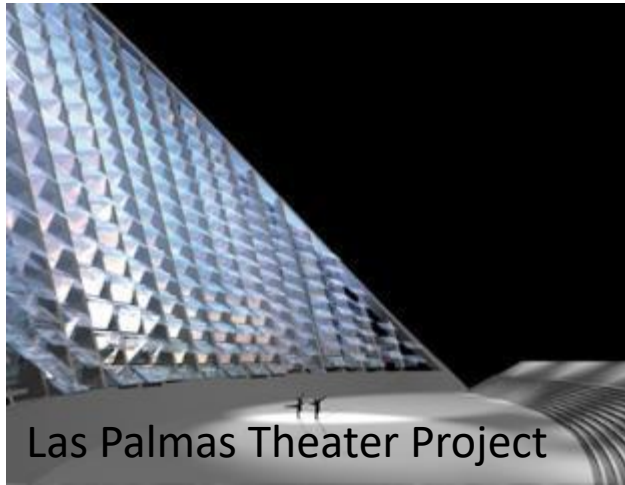








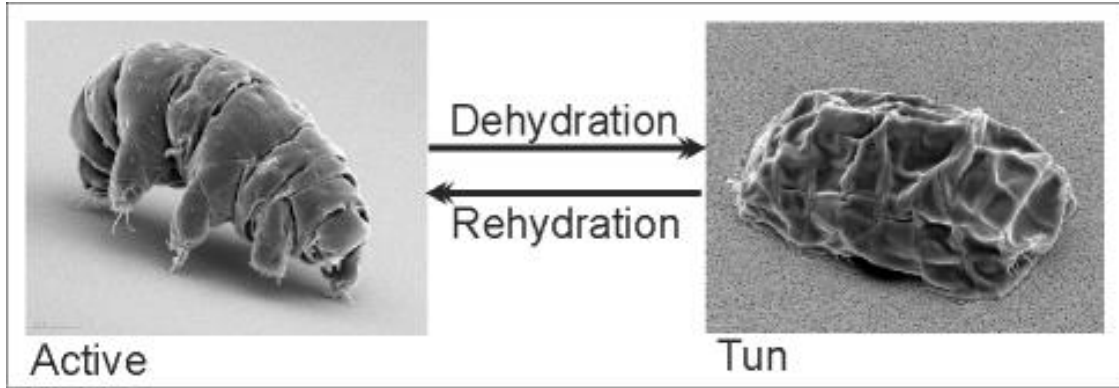
Sea Water GreenHouse - Oman



Las Palmas Theater Project

**QinetiQ**

Récolter l'eau  
de rosée



Deshydration

Stockage moléculaire

Transmission (chimique, électrique...)

Agrégation

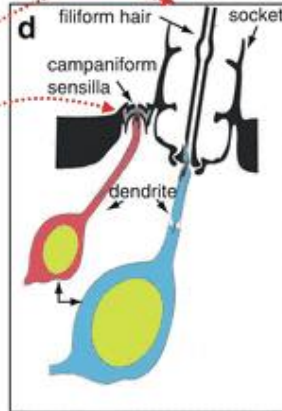
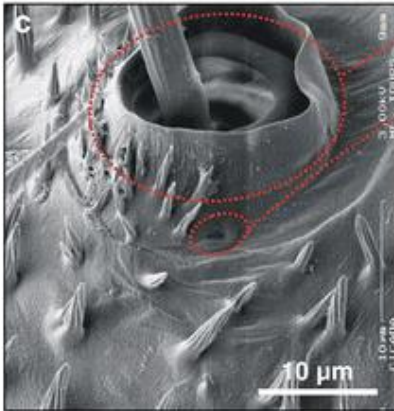
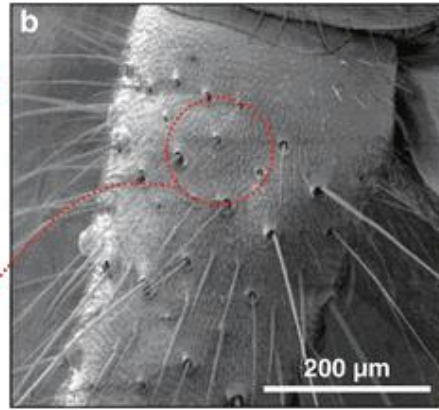
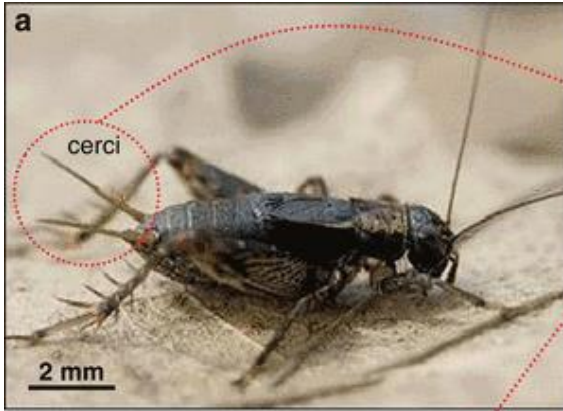
Analyse

Intelligence collective

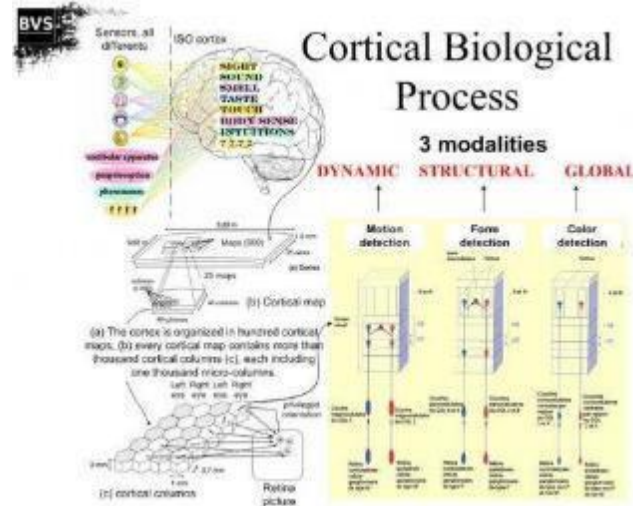
ex : algorithmes inspirés des essaims, des réseaux de neurones, morphogénétiques

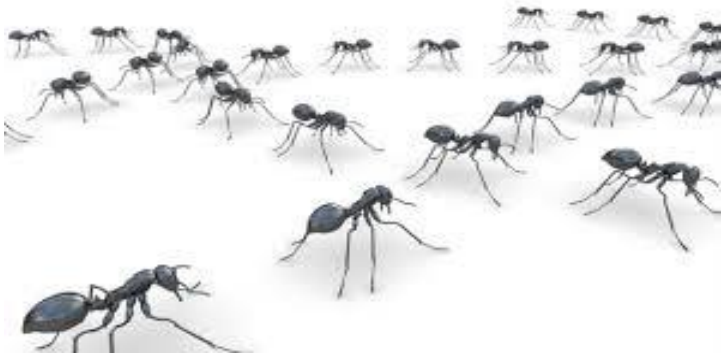
Capteurs, Senseurs

ex : MEMS



Capteurs/  
senseurs

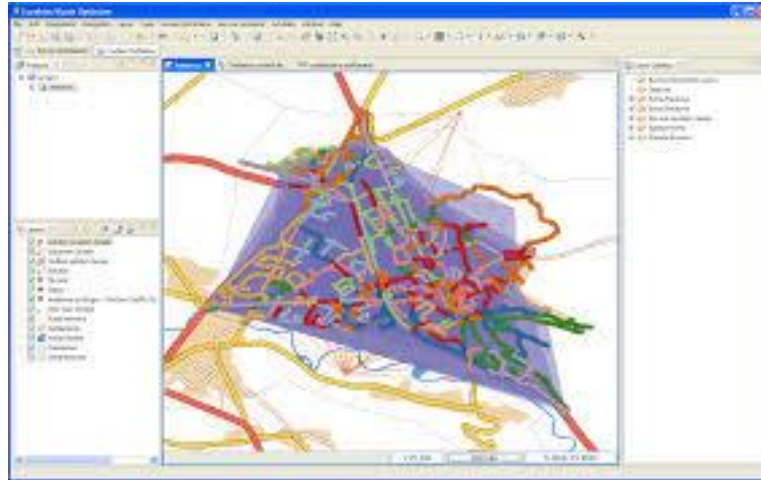




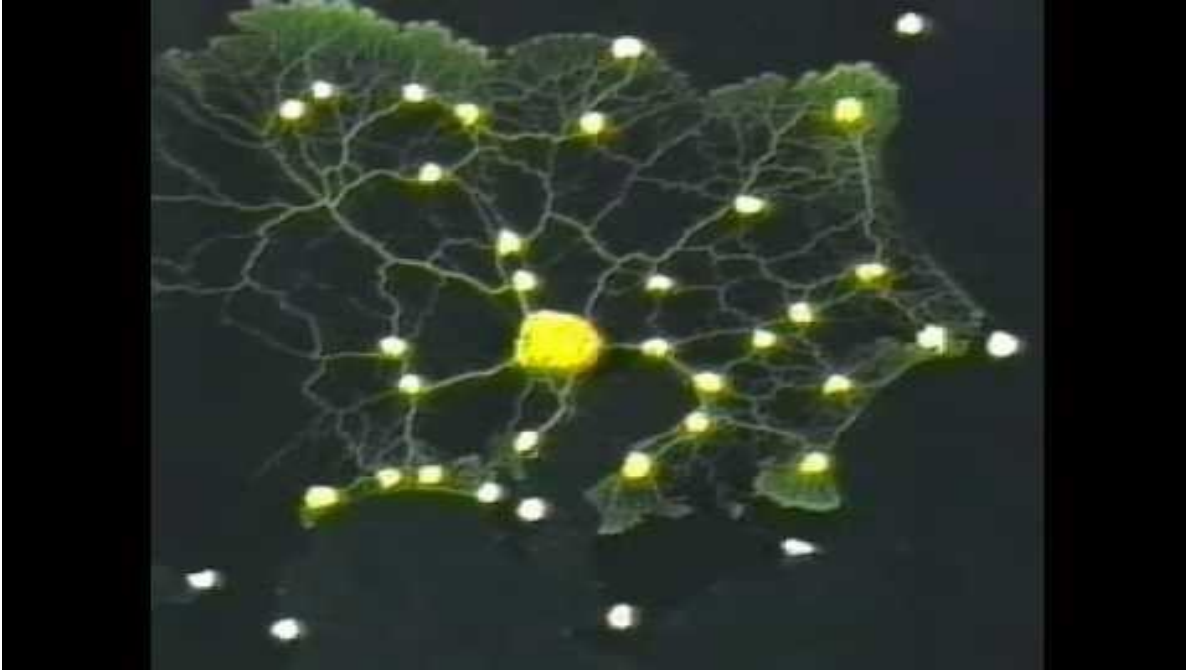
Algorithmes  
d'optimisation



**eurobios**  
complexity made simple



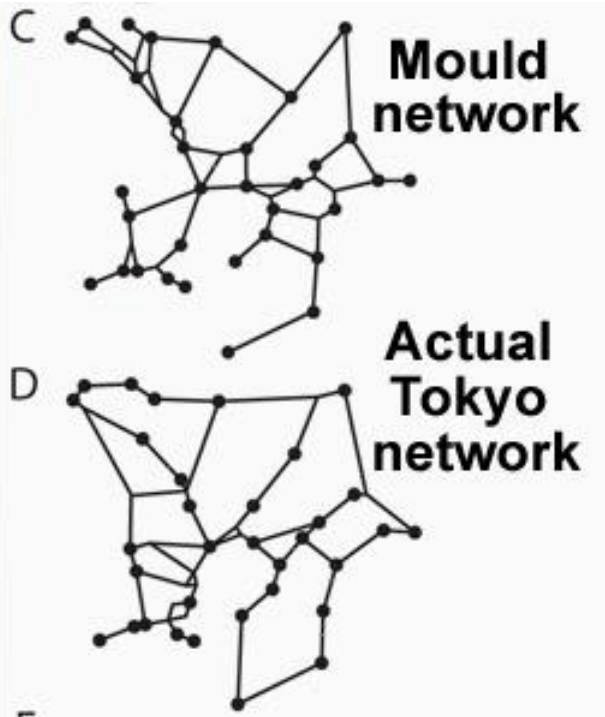
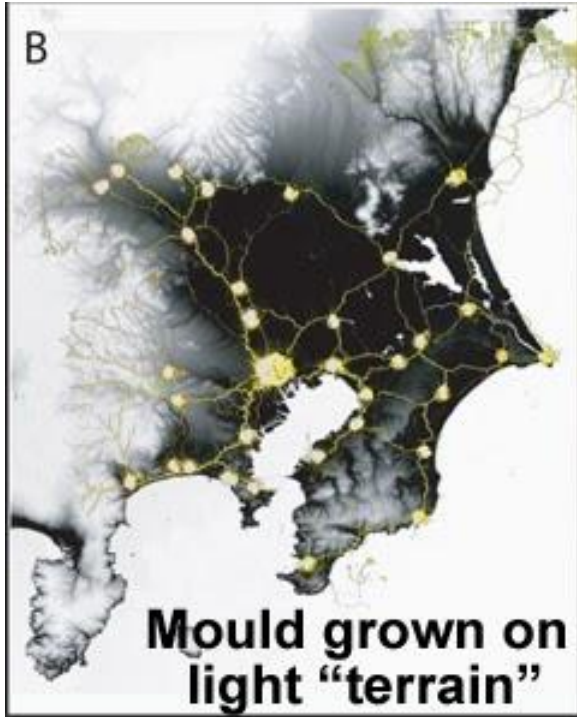
Algorithmes  
d'optimisation



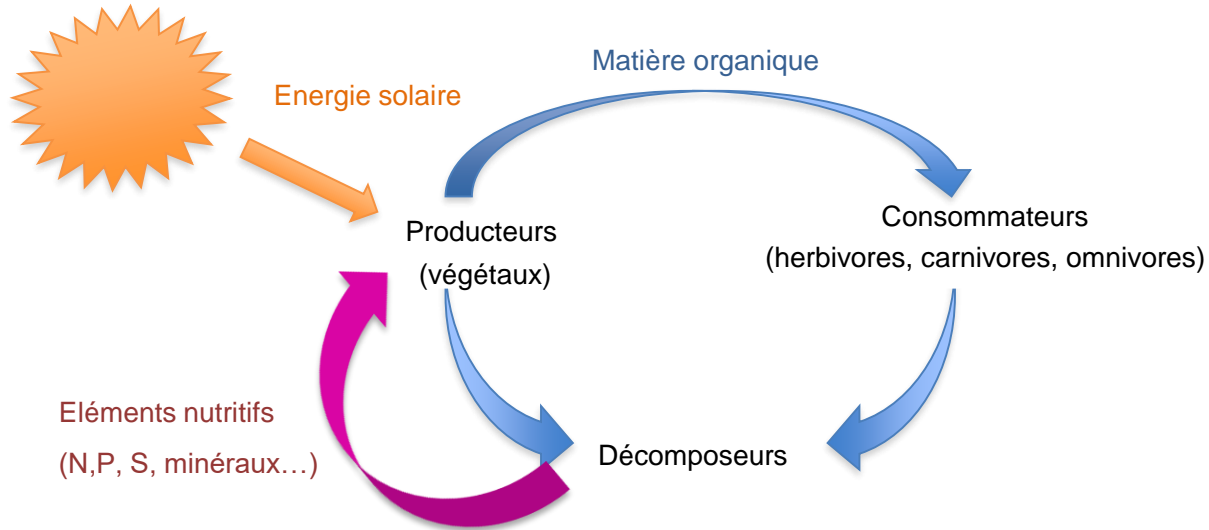
*Tero et al., Science 2010*

Information et  
Mobilité





## Complexes & Cycliques, en non-équilibre dynamique



Ressources locales  
et abondantes  
Régénératifs

Interconnectés, symbiotiques  
Distribués, diversifiés, redondants  
Optimisés globalement  
T,P modérées

Moins d'1% de matière non  
revalorisée -> Pétrole et  
biominéraux !  
Non toxicité à long terme

Ecosystèmes  
naturels



Agriculture



Habitat



Economie circulaire

**1**

Absence de pluridisciplinarité

**2**

Développement sur le long terme

**3**

Développement de nouvelles technologies

**4**

Terminologie

**5**

Absence de cartographie et de formation

**6**

Manque de reconnaissance politique et manque de financements dédiés

**7**

Freins réglementaires

**8**

Méthodologie

### Autriche

Bionikum

### Belgique

Biomimicry Europa

### Espagne

Biomimicry Iberia

### France

CEEBIOS

Réseau Bionique

Biomimicry Europa (CF)

### Italie

Planet

### Pays Bas

Biomimicry NL

### Royaume-Uni

BIONIS

Biomimicry UK

NIM

### Suisse

EPFL

Bio-Inspired Materials National Center

Biomimicry Switzerland

### Allemagne

- Biokon
- Biokon International
- Kompetenznetz Biomimetik Baden-Württemberg
- Bayonik Bionik-Netz Bayern
- Bionik-Innovations-Centrum (B-I-C) Bremen
- Bionic Engineering Network (BEN) Saarland
- Bionik-Netzwerk Hessen
- Bionik-Zentrum ‚bionicum‘ in Nürnberg
- Collaborative Research Center - Transregio 141
- Freiburg Centre for Interactive Materials and Bioinspired Technologies (FIT)
- Biomimicry Germany

Energie

Matériaux

Chimie

Information

Eau

En France  
~ 150 Laboratoires  
~ 70 Entreprises



n° 72  
Octobre  
2012

## *Étude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France : état des lieux, potentiel, leviers*



CGDD,  
2012



The cover features a green header bar at the top. Below it is the French flag with the motto 'Liberté - Égalité - Fraternité' and 'REPUBLIQUE FRANÇAISE'. The text 'MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE' is centered. The background is a photograph of a meadow with various flowers, including a prominent purple orchid in the foreground. A green banner with the word 'biodiversité' in white lowercase letters is overlaid on the image. Above this banner, the text 'Ségolène ROYAL' and 'Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie' is displayed. Below the banner, the text 'PROJET DE LOI' is visible. At the bottom, the text 'Examen du projet de loi à l'Assemblée nationale Du 16 au 19 mars 2015' is printed.

Liberté - Égalité - Fraternité  
REPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET DE L'ÉNERGIE

Ségolène ROYAL  
Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

PROJET DE LOI

**biodiversité**

Examen du projet de loi à l'Assemblée nationale  
Du 16 au 19 mars 2015

Loi Biodiversité,  
2015



## 2015-23 LE BIOMIMÉTISME : S'INSPIRER DE LA NATURE POUR INNOVER DURABLEMENT



Aller chercher l'inspiration dans la nature n'est pas une idée neuve. La pratique a été courante tout au long de l'histoire de l'humanité.

Mais imiter la nature pour innover de façon durable, voilà une idée qui prend tout son sens au moment où la France s'engage dans une transition à la fois énergétique et écologique. C'est cette ambition que porte le biomimétisme.

Il s'agit d'une démarche qui invite l'homme à puiser aux multiples sources d'inspiration que lui présente la nature, qu'il s'agisse des formes, des matériaux ou des écosystèmes. Il lui propose d'observer les solutions mises au point et perfectionnées tout au long de l'évolution par le vivant, afin de les reproduire d'une manière qui facilite la résolution des problèmes des sociétés humaines et leur permette de satisfaire leurs propres besoins, tout en limitant la consommation de matières et d'énergie. Le biomimétisme se veut un outil au service du développement durable.

Dans les domaines scientifiques, techniques ou industriels le champ des applications du biomimétisme est vaste et varié : de l'agriculture à l'industrie en passant par l'architecture, les perspectives en matière d'innovation, de création d'activités économiques et d'emplois semblent prometteuses. S'il existe d'ores et déjà un cadre à l'innovation qui inclut une dimension environnementale en Europe comme en France, ainsi qu'un certain nombre d'outils mis à la disposition des acteurs économiques et dont le biomimétisme pourrait bénéficier, les freins à son expansion demeurent. Le présent avis a pour vocation de proposer des solutions pour les lever et aller plus loin.

Les trois sources d'inspiration de la démarche biomimétique.

### Les formes :

Source d'inspiration : les animaux marins dont l'ondulation du corps ou des nageoires leur permet de se déplacer.

Réalisation : une membrane ondulante destinée à produire de l'électricité grâce à l'énergie fournie par la pression des fluides (en cours d'essai).

### Procédés et matériaux :

Sources d'inspiration : le fil de trame de l'araignée, le byzuss de la moule.

Réalisations : exploitation des propriétés mécaniques pour de nouveaux matériaux, très résistants et extensibles, fils de suture utilisables en milieu liquide, milles à utilisation médicale ou industrielle...

### Les écosystèmes :

Sources d'inspiration : capacité de certains champignons à absorber les métaux contenus dans le sol comme le plomb ou le cadmium ou à détruire des hydrocarbures.

Réalisations : requalification et restauration de sols pollués, réutilisation de la matière organique produite selon des principes proches de ceux de l'économie circulaire et de l'écologie industrielle, en optimisant les flux à l'image du fonctionnement des écosystèmes.



Patricia Ricard

est cadre supérieur et présidente de l'Institut océanographique Paul Ricard. Elle siège au CESE à la section de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation et à la section de l'environnement où elle représente le groupe des personnalités qualifiées.

### Contact :

patricia.ricard@ceese.fr  
01-44-43-62-27



Réseau  
Formation  
Lieu de rencontre  
Démonstrateur



# MEMBRES ET PARTENAIRES



Ville de Senlis, matkem, UPtex, IAR, CCI OISE, Muséum national d'Histoire naturelle, Chimie du Végétal, BiomimicryEuropa, INSPIRE, unit, egis, Mäder, EIFFAGE, AIR LIQUIDE, L'ORÉAL, RENAULT, CORNING, LVMH, Rabot Dutilleul, Interface, GRENEVER, MYHOPP, Cleoways, Manufacture de Senlis, NewCorp Conseil, D.A.R.S., DRONE & YOU, LABio, Amétios, IN SITU, République Française, Région Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, Institut Paul Ricard, Parc naturel régional Oise - Pays de France, Université de Pau et des Pays de l'Adour, ensait, utc

- Cartographie des compétences nationales
- Feuille de route en Région Aquitaine Poitou Charentes Limousin
- Coordination Interrégionale
- Contribution aux travaux de normalisation ISO TC 266
  
- *Action concertée CNRS - groupes thématiques académiques*

Actions  
structurantes



Habitat

Groupe  
Habitat Bio-Inspiré

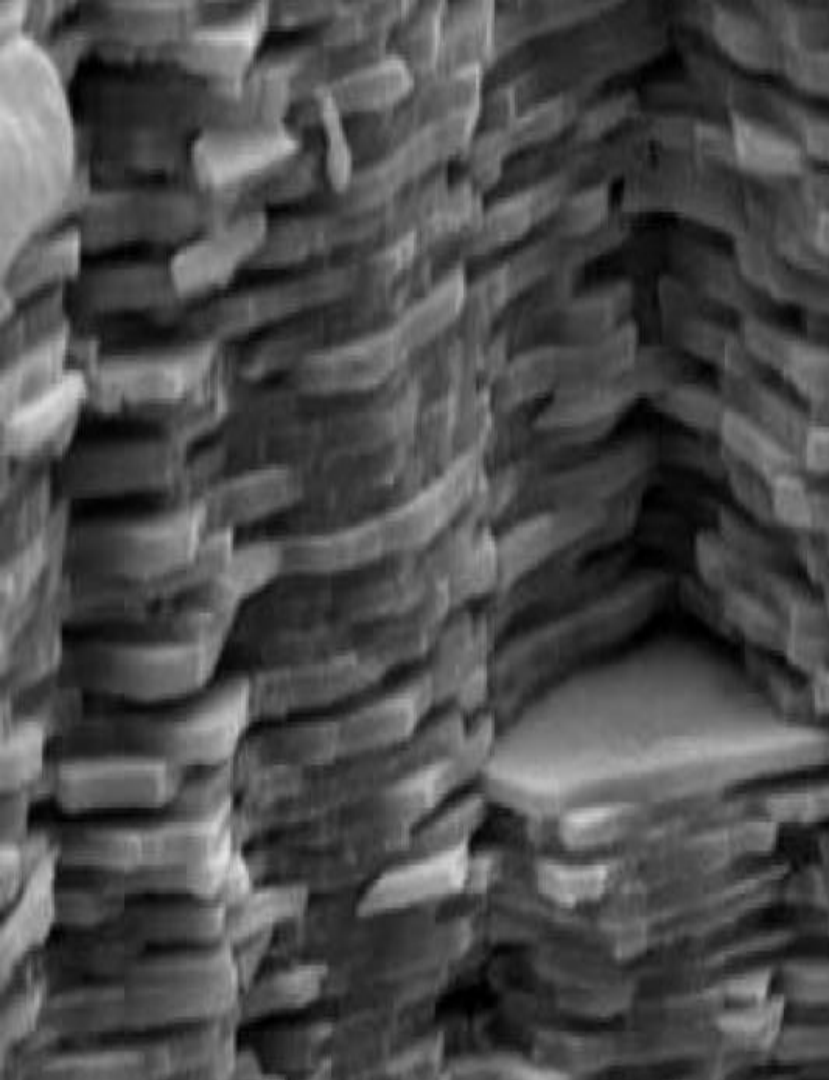
Réaliser un  
**Etat de l'art**

Définir le cahier des  
charges de **l'Habitat  
Durable Bio-Inspiré**

Identifier et lancer des  
**Projets de recherche**

---

Objectifs



GROUPE DE TRAVAIL

# COMPOSITES BIO-INSPIRÉS

AUTOMNE 2016



PROJETS

# BASES DE DONNÉES DU VIVANT



# Formation au BIOMIMETISME

Réconcilier biodiversité, innovation & économie.

Avec 3,8 milliards d'années de R&D à son actif, la Nature est une source infinie d'apprentissages. Le biomimétisme est cet art de s'inspirer du vivant et d'imiter ses propriétés pour innover de façon durable.



14, 15, 29 et 30 juin 2016



UN LIEU DE RENCONTRES



EVENTS



CEEBIOS  
Centre Européen d'Excellence  
en Biomimétisme de Senlis

**QUAND LA NATURE  
INSPIRE L'INNOVATION**

Biomim'expo®,  
le salon/rassemblement des  
acteurs et parties prenantes  
du biomimétisme et  
des innovations bio-inspirées



**biomim expo**  
1 & 2 juillet 2016  
[www.biomimexpo.com](http://www.biomimexpo.com)

Avec le soutien de



En partenariat avec



biomim'expo®  
est un événement  
et une marque  
NewCorp Conseil

CEEBIOS



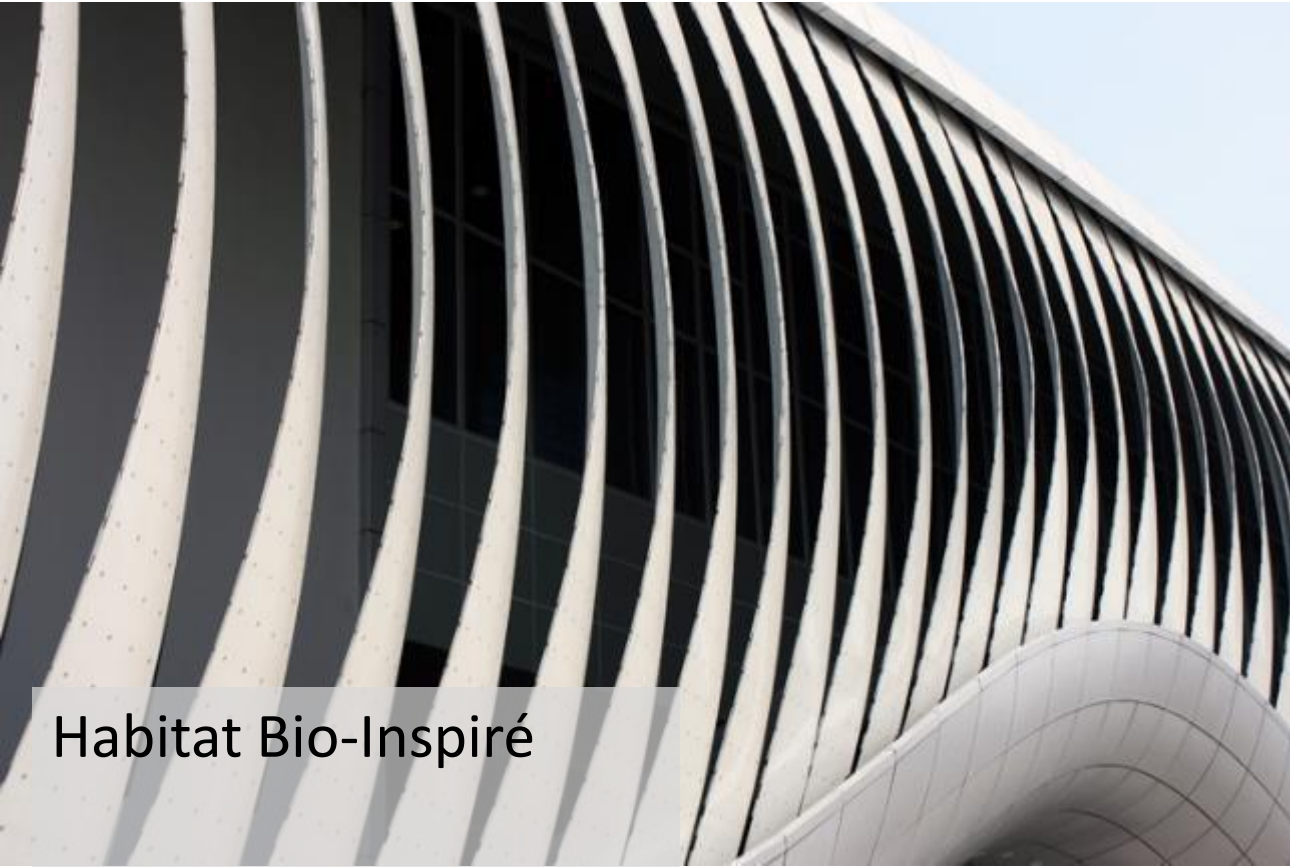
COP21 - CMP11  
**PARIS 2015**  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE



*La Belle Société  
Production*



Nature  
=  
Futur !



Habitat Bio-Inspiré

## *L'architecture vernaculaire*



Maisons de Grassoden, Islande  
Premier Earthship de Mike Reynolds, années 70

## *L'architecture organique*



Fallingwater House, Pennsylvania, Frank Lloyd Wright, 1935  
Centre du Mt-Cenis, Allemagne, Bourda & Perraudin, 1996-99

## *L'architecture solaire*



## *L'architecture écologique*



# L'architecture biomimétique



D'autres architectes et ingénieurs se sont inspirés à partir des années 60 des formes et fonctions trouvées dans la nature<sup>5</sup>:

- Pour minimiser l'emploi de matériaux à travers des structures légères inspirées des formes naturelles (Buckminster Fuller, Frei Otto, Heinz Isler, Pier Luigi Nervi,...)
- Pour bio-climatiser des bâtiments en s'inspirant des termitières (Eastgate Center à Harare, Zimbabwe, de Mick Pearce et Arup) ou de la paroi des œufs de mouche (Dirk Henning Braun)
- Ou encore pour conférer des propriétés particulières aux matériaux de construction (adhésifs secs, surfaces autonettoyantes, films protecteurs, surfaces anti-reflets, films et peintures sans pigments, biociment, biobriques,...)

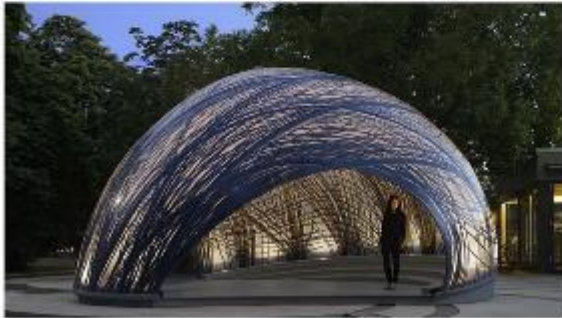
Stade Olympique de Munich, Frei Otto,  
1972





# Etat de l'art 2016

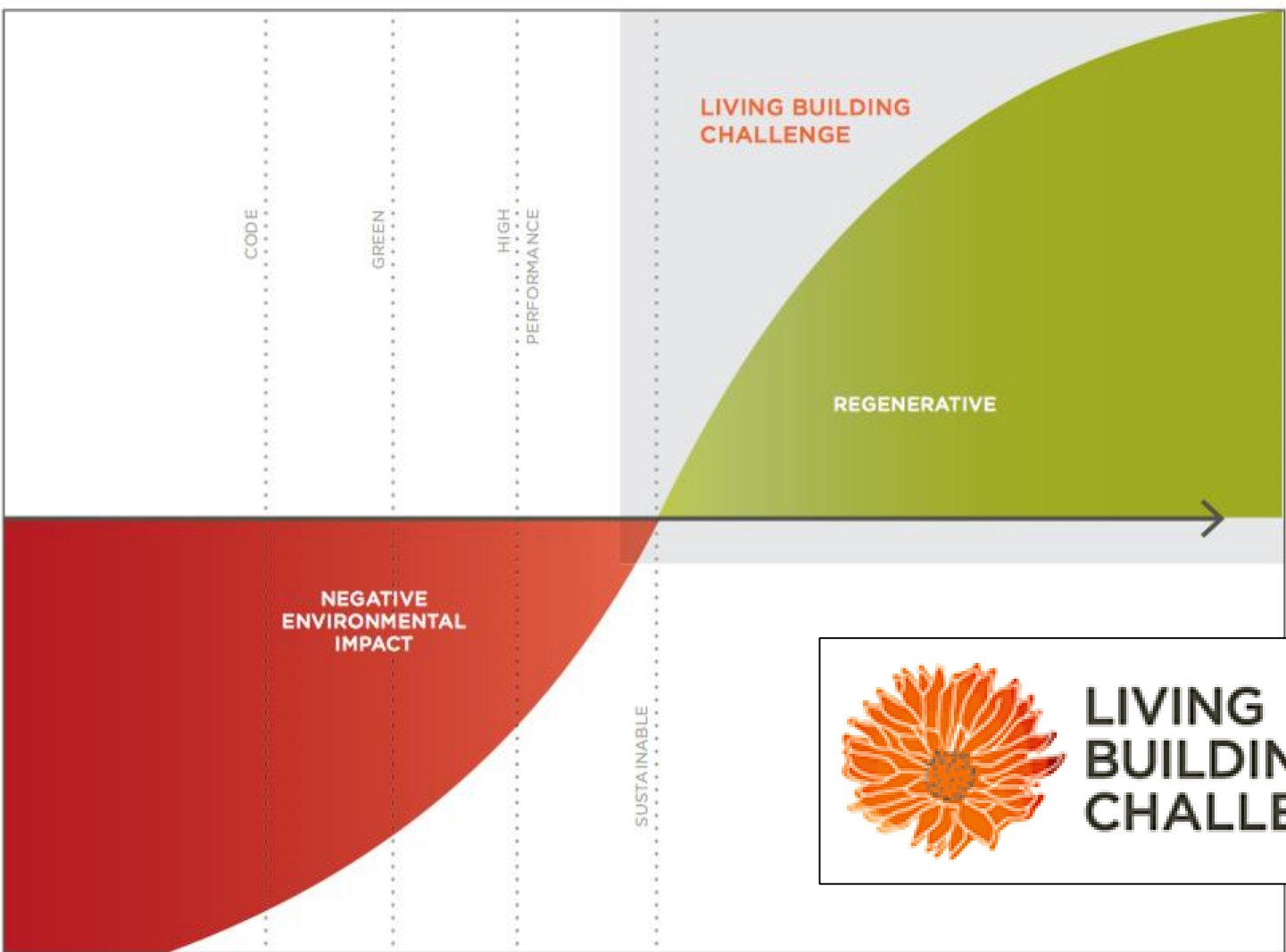
## *Habitat bio-inspiré*



ITKE Achim Menges



Michael Pawlyn :  
The Biomimetic Office Building



**LIVING  
BUILDING  
CHALLENGE™**



Figure 1 : *Bullitt Centre, Seattle, Washington*  
Source : Living Building Challenge, <http://living-future.org/bullitt-center-0>, consulté le 05 mai 2016



**1 WARMTH FROM BELOW**  
hydronic heat



**2 SUSTAINED BY THE CITY**  
walkability



**3 SOLAR DISTRICT #1**  
power production and purchase



**4 BUILDING NEUROLOGY**  
building management system



**5 WATER-LESS WASTE**  
foam flush toilets and urinals



**6 WASTE NOT... WASTE**  
composting toilets



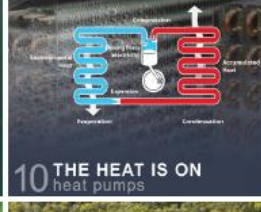
**7 WASTEWATER USE**  
greywater system



**8 WATERWORKS**  
rainwater harvesting



**9 A POWERFUL PLUNGE**  
regenerative elevator



**10 THE HEAT IS ON**  
heat pumps



**11 ACTIVE DESIGN**  
irresistible stair



**12 TALL TIMBERS**  
wood, steel & concrete



**13 WATER WASHING**  
constructed wetlands



**14 A BROAD CANOPY**  
overhanging solar panels



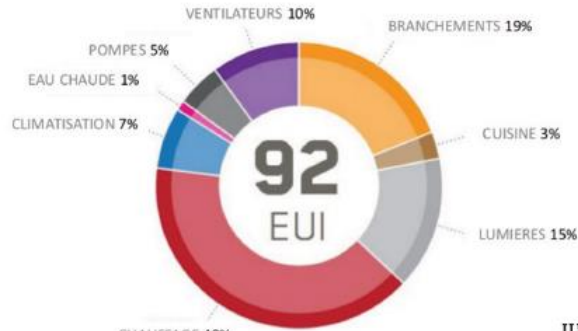
**15 A FUTURE SO BRIGHT**  
we need windows with shades



**16 RIDE. RACK. RINSE.**  
bike to work incentives

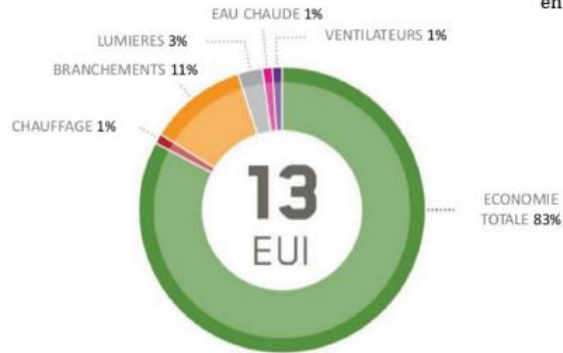


**17 BREATH OF WARM AIR**  
passive heat recovery



**BATIMENT CLASSIQUE**

IUE : exprime la consommation d'énergie d'un bâtiment en fonction de sa taille ou d'autres caractéristiques.



**BULLITT CENTER**

COUTS 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>Éléments additionnels du projet</b>		<b>Éléments 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>

- Le coût de ce type de projet est 25% plus chère 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.





Ceebios.com

Kalina RASKIN  
Responsable Développement CEEBIOS  
Mobile:06.62.49.42.72  
[raskin.k@ville-senlis.fr](mailto:raskin.k@ville-senlis.fr)