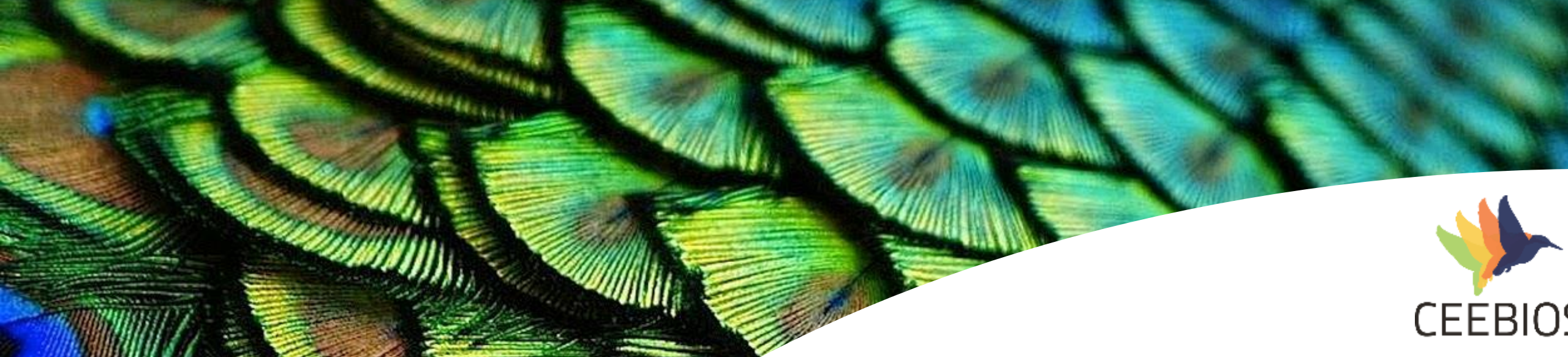


CEEBIOS

Biomimétisme

Contexte, Enjeux Opportunités

Kalina RASKIN
Directrice Générale

16-04-2019

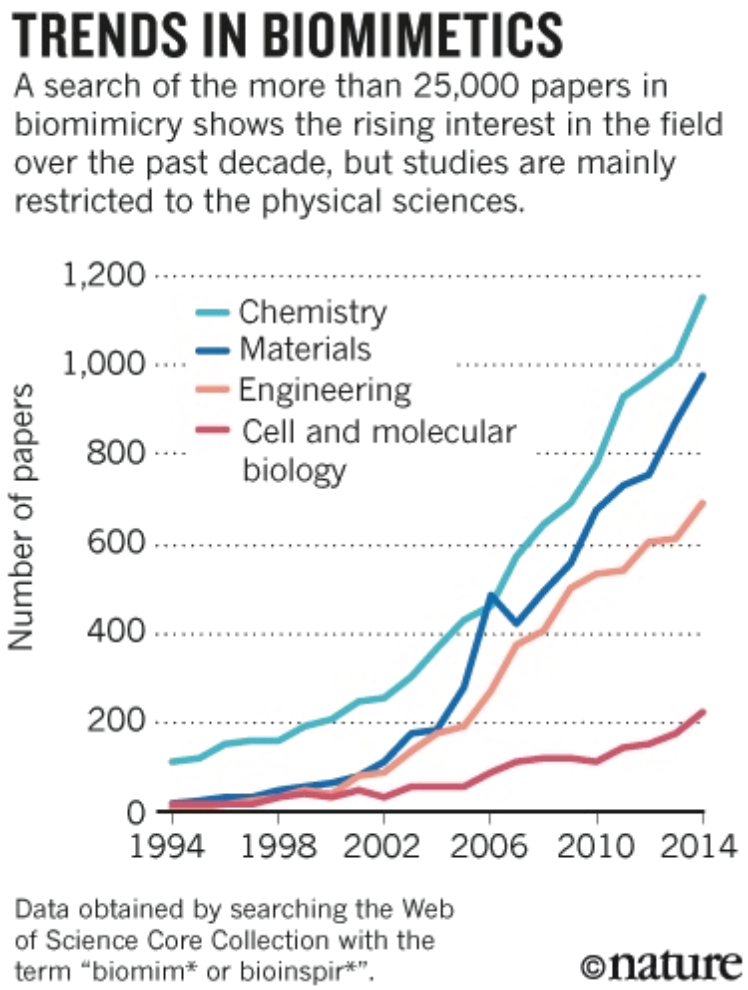
ile de Science
PARIS-SACLAY

Domaines d'applications

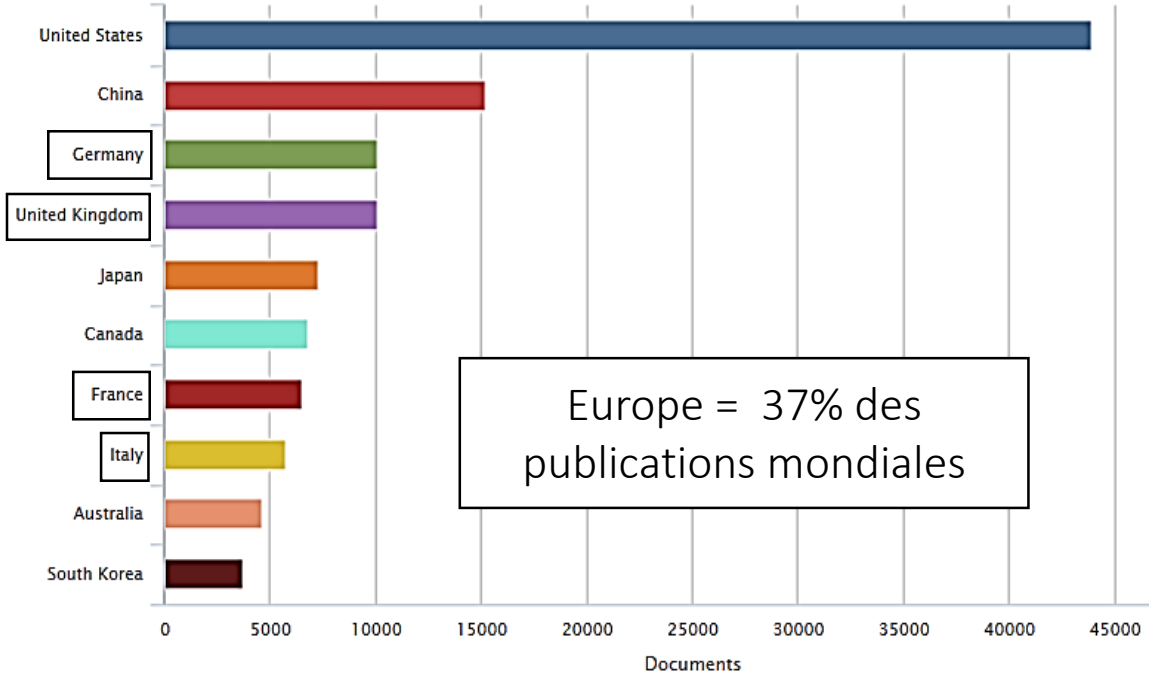
SECTEURS INDUSTRIELS IMPACTÉS

Le biomimétisme en tant que **démarche et méthodologie d'innovation** est transversal par nature et va impacter **presque tous les secteurs d'activités industriels**.

Tendances

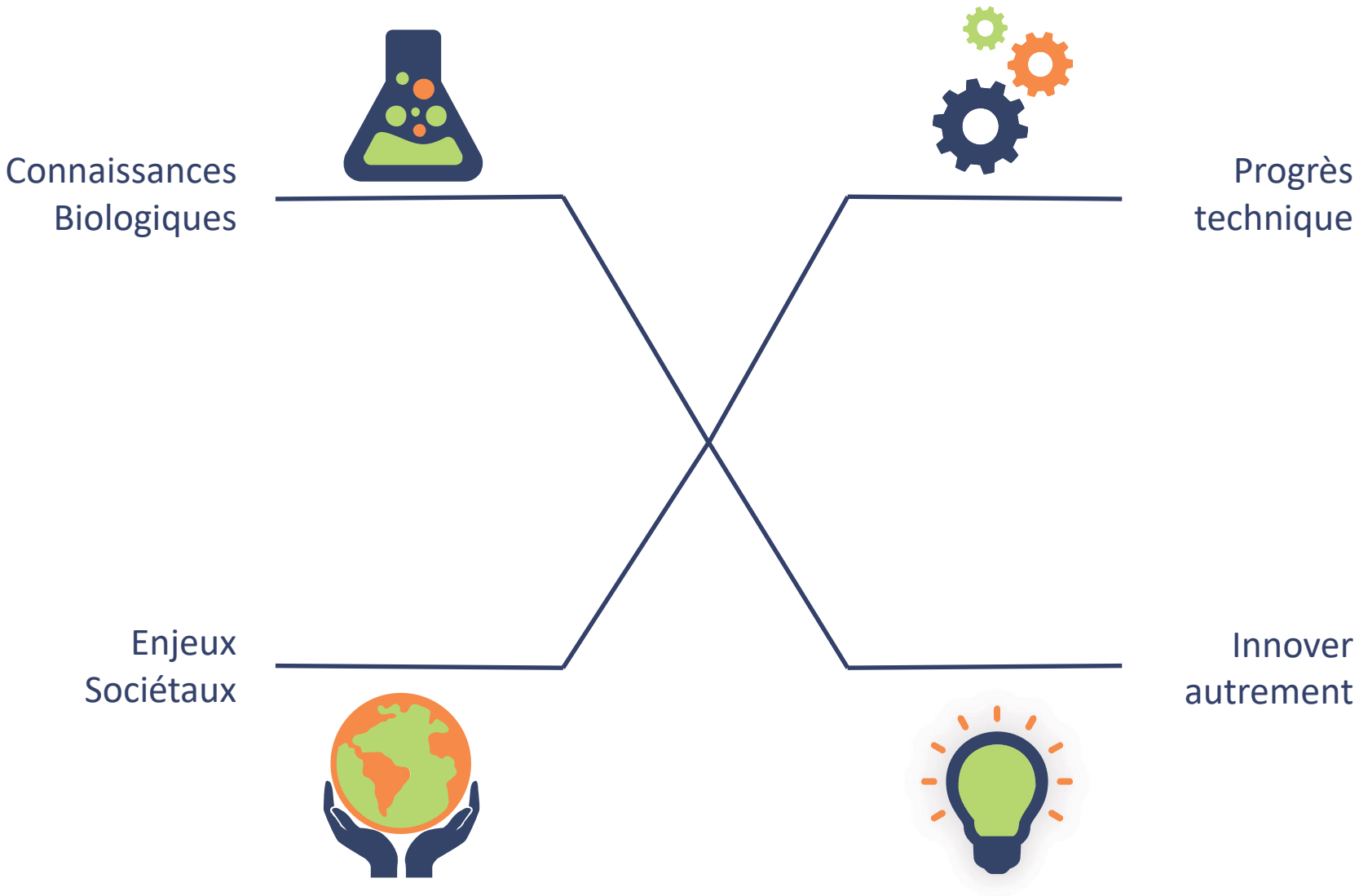


Published documents between 2005 and 2015
Scopus



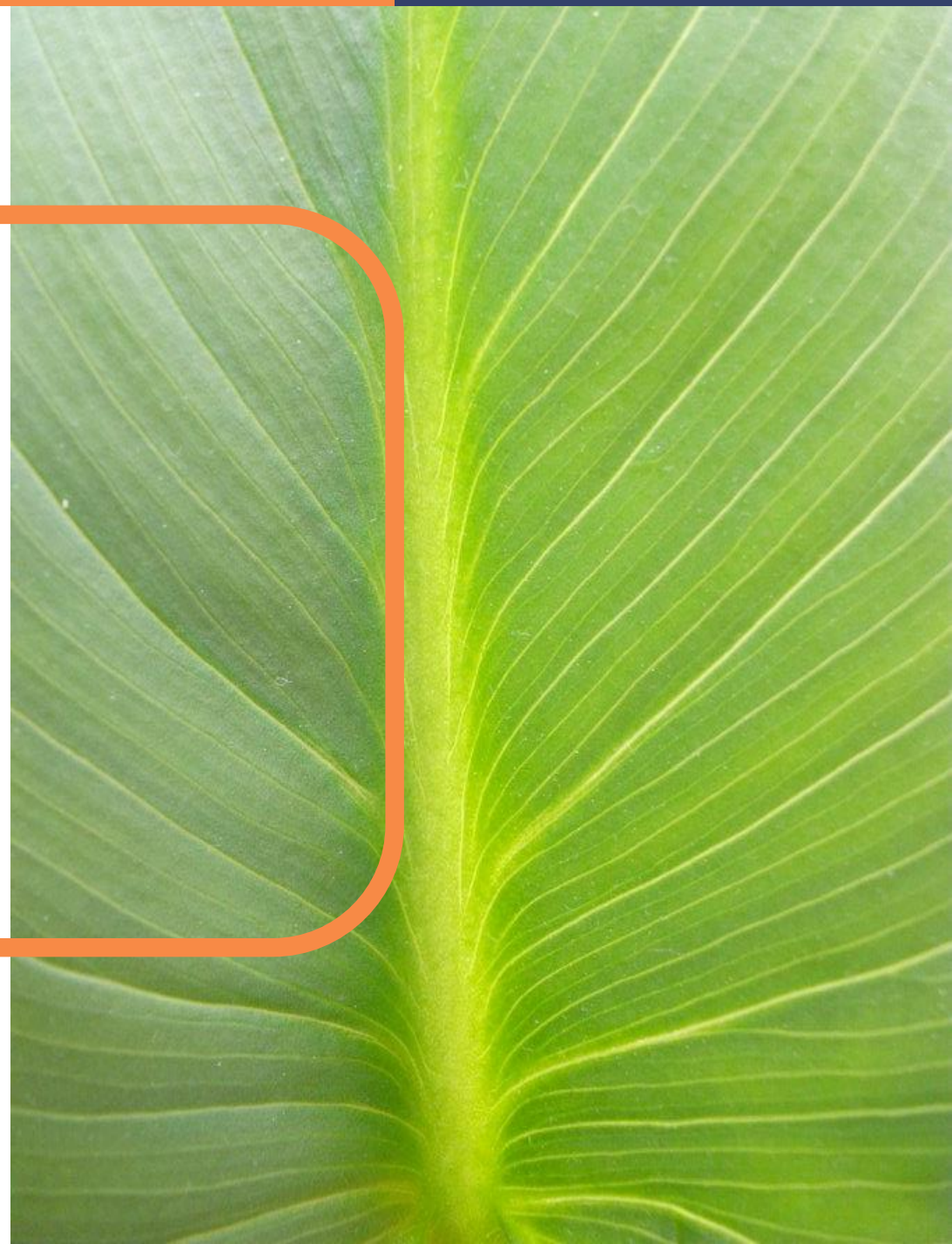
Snell-Rood, *Nature Comment 2016*

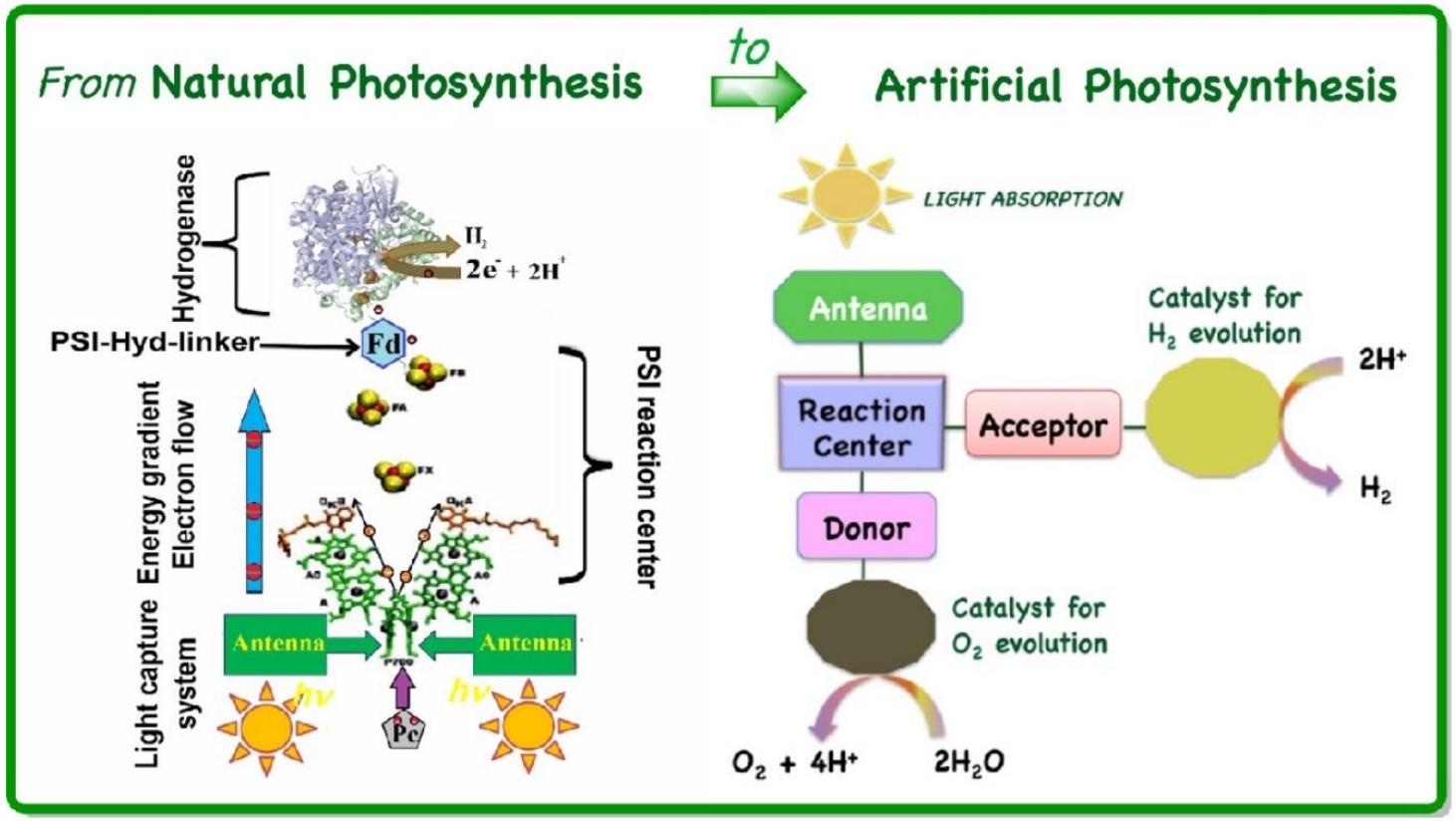
Pourquoi maintenant ?



ENERGIE

- 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





El Khouly, J. Photo. , 2017

European Commission

English EN

Search Search

Home > Research and Innovation > Strategy > EIC pilot > Prizes >

Fuel from the Sun: Artificial Photosynthesis

This prize aims to build a prototype, using photosynthesis, that can produce useable synthetic fuel.

Bill Gates: Artificial Photosynthesis Can Produce Clean Fuel for the Cars of Tomorrow

He referred to its potential as "magical."

Imiter la photosynthèse

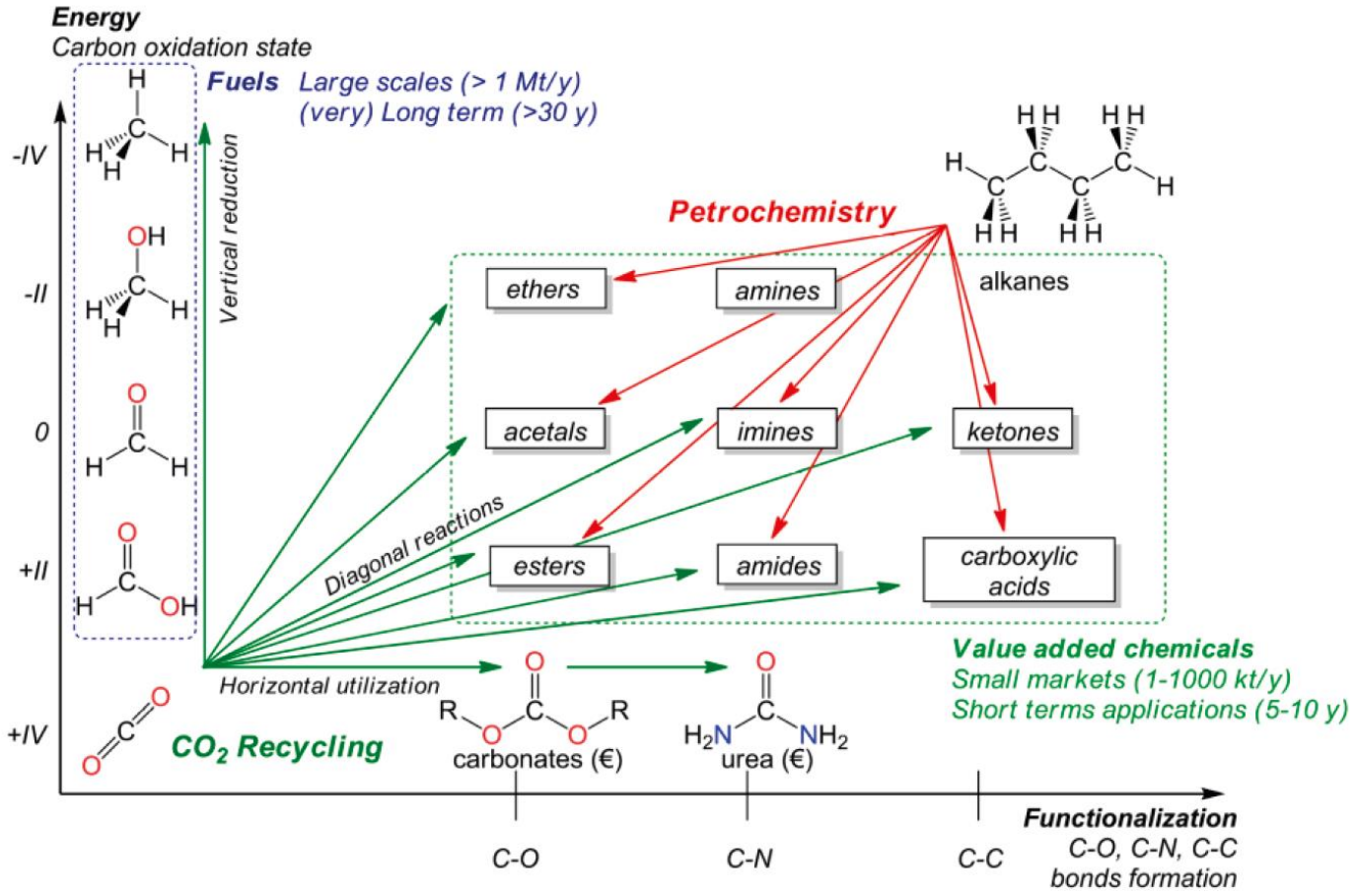
ICMMO UPMC SORBONNE UNIVERSITÉS ARCANE bio-driven chemistry UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR escaled

Colloque « Biomimétisme et chimie durable », 10 novembre 2015

Quelles voies de recherches pour la catalyse de l'hydrogène et la valorisation du dioxyde carbone ?

sommaire

05 - Introduction
09 - Quand le vivant inspire le chimiste pour la transition énergétique
13 - Oxydation et production de dihydrogène : leçons de la nature
17 - Technologies de l'hydrogène : bio-inspiration et photosynthèse artificielle
21 - Développement de l'hydrogène énergie : rôle et défis de la catalyse
25 - L'hydrogène énergie : regards croisés
31 - Nouvelles transformations catalytiques pour le recyclage chimique du CO_2
35 - Valorisation du dioxyde de carbone : regards croisés
41 - Conclusion
43 - Annexe 1 : laboratoire d'excellence Arcane
45 - Annexe 2 : CEEBIOS, Centre européen d'excellence en biomimétisme



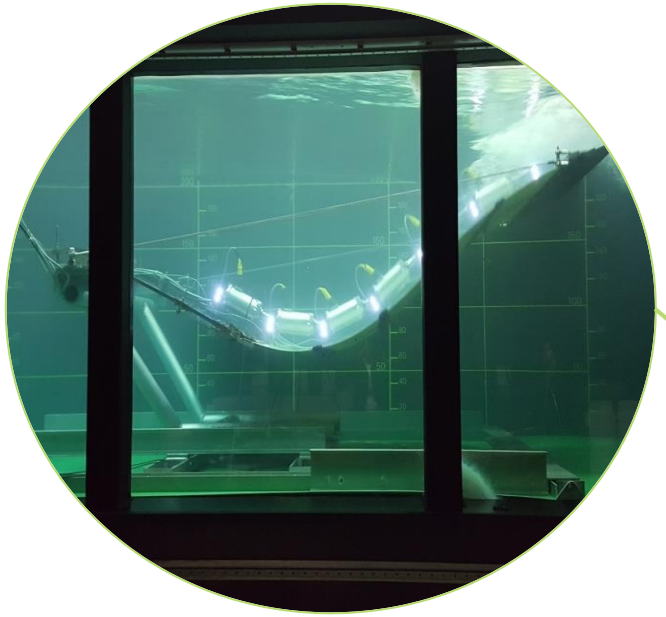
Source : *Thibault CANTAT - CEA*

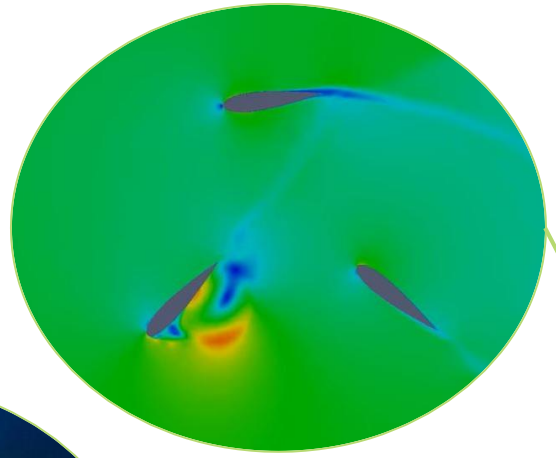
Valorisation du CO2

Colloque « Biomimétisme et chimie durable », 10 novembre 2015
Quelles voies de recherches pour la catalyse de l'hydrogène et la valorisation du dioxyde carbone ?

sommaire

05 - Introduction
09 - Quand le vivant inspire le chimiste pour la transition énergétique
13 - Oxydation et production de dihydrogène : leçons de la nature
17 - Technologies de l'hydrogène : bio-inspiration et photosynthèse artificielle
21 - Développement de l'hydrogène énergie : rôle et défis de la catalyse
25 - L'hydrogène énergie : regards croisés
31 - Nouvelles transformations catalytiques pour le recyclage chimique du CO_2
35 - Valorisation du dioxyde de carbone : regards croisés
41 - Conclusion
43 - Annexe 1 : laboratoire d'excellence Arcane
45 - Annexe 2 : CEEBIOS, Centre européen d'excellence en biomimétisme





Hydroliennes

Courant océaniques et fluviaux

EEL Energy

EEL ENERGY

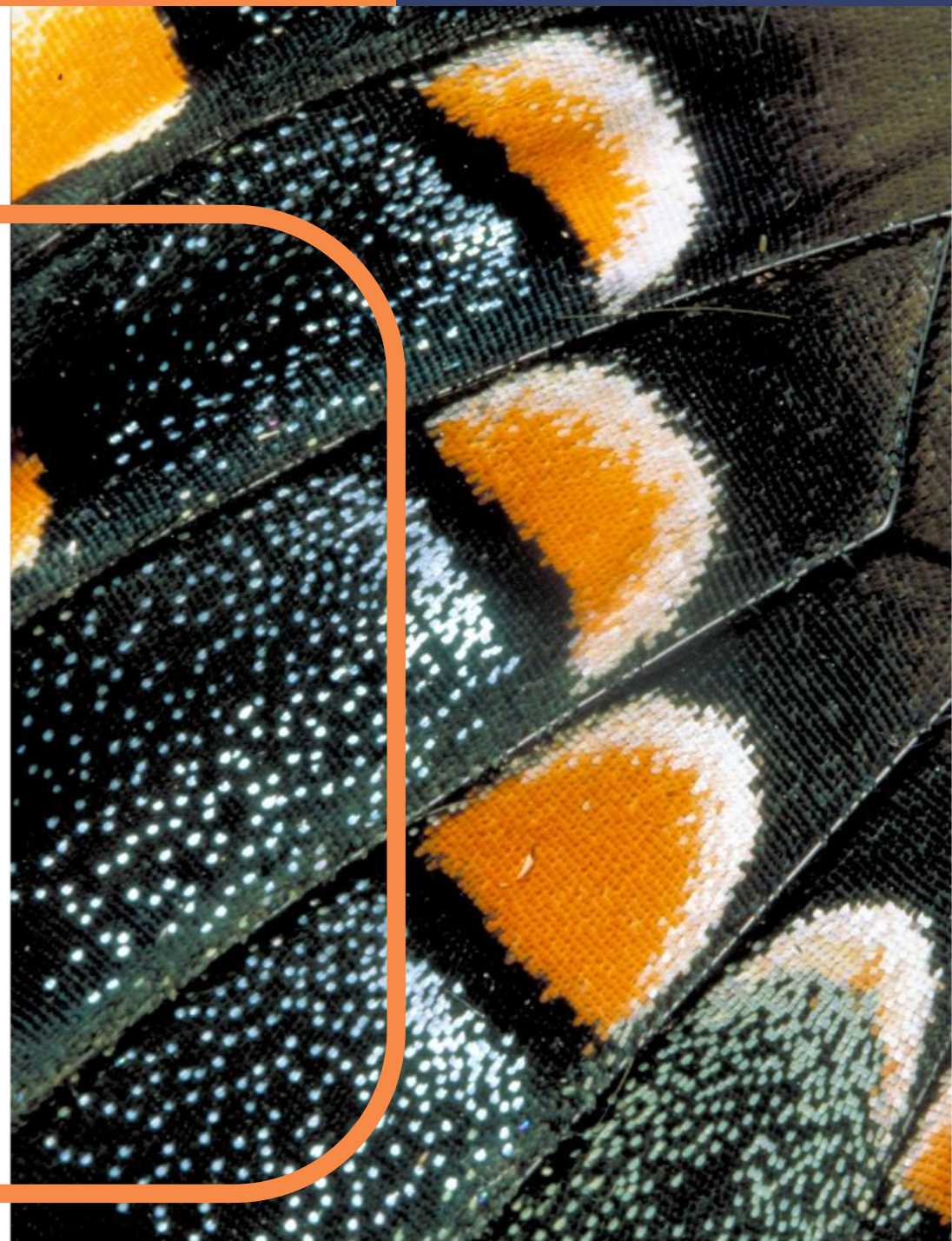
Ifremer

Eoliennes

ADV TECH

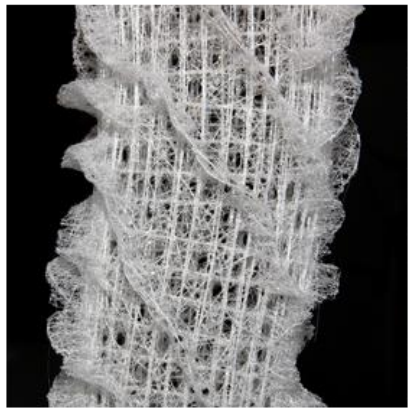
MATERIAUX

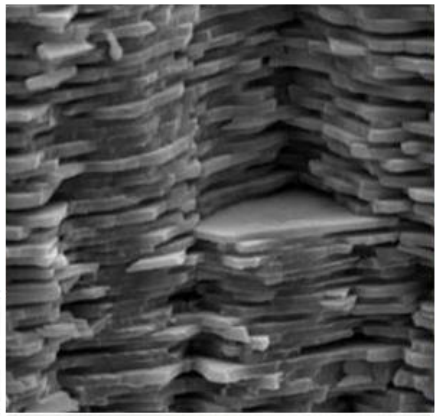
- Multifonctionnels
- Composites, interfaces, lamellaires, hybrides
- Réactifs à l’environnement
- Stockent le CO2 (biomasse et calcaire…)
- Production basée sur l’énergie solaire
- Auto-assemblés, manufacture additive
- Biocompatibles et recyclables
- 3 familles de polymères (350 chez l’Homme)



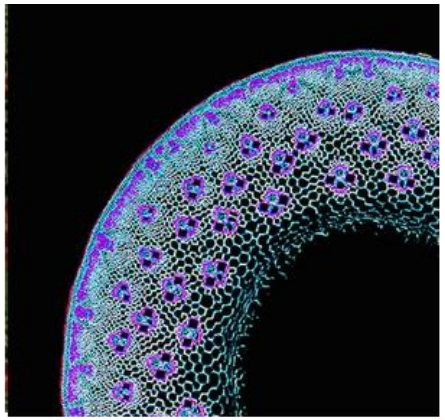
Focus sur les Matériaux Biologiques

COMPOSITION CHIMIQUE

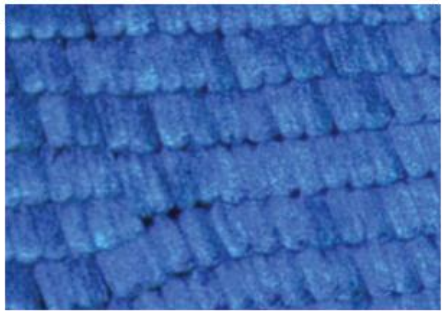


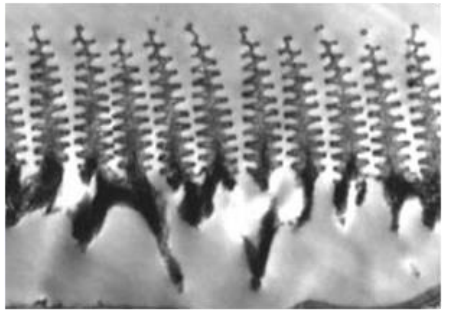


NIVEAUX D'ORGANISATION

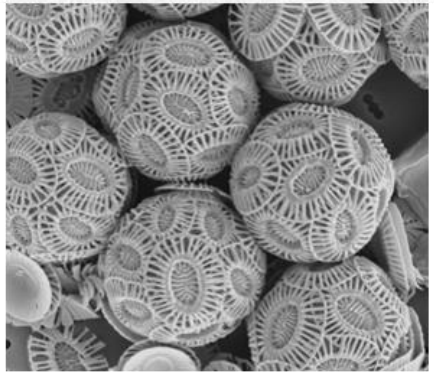


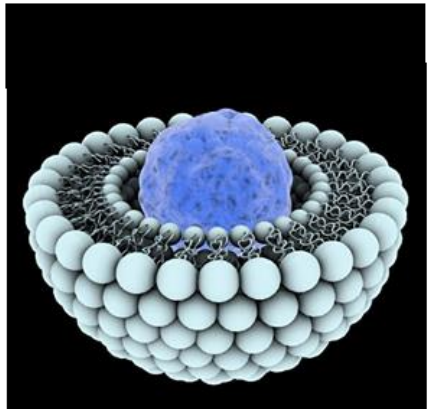
MULTI-FONCTIONS





ENJEUX DE MANUFACTURE

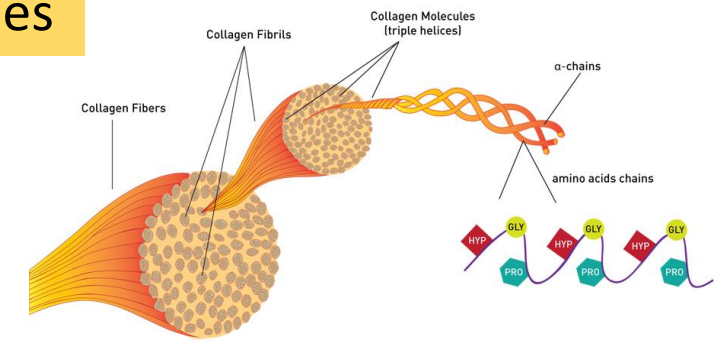




Briques élémentaires - Polymères

3 familles de polymères

Protéines

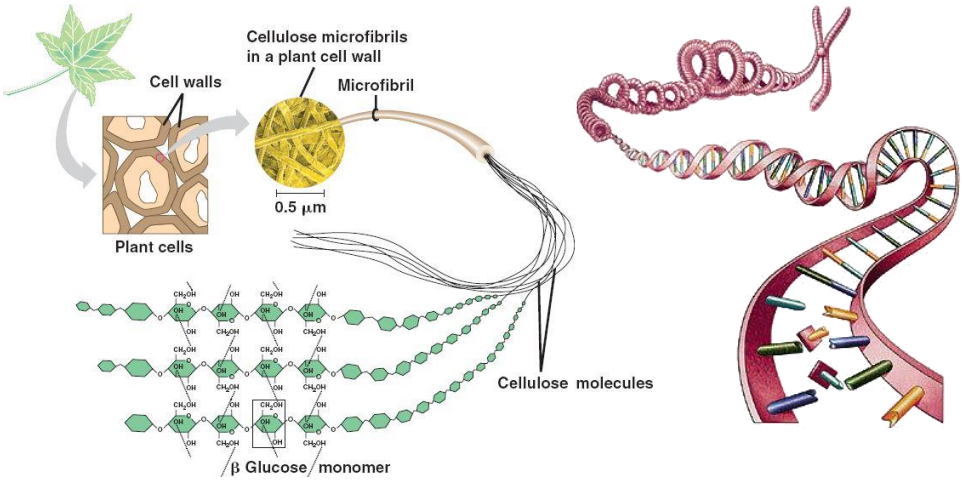


Protéines structurales :

- Collagène (os, cartilage, peau, tissus conjonctifs)
- Kératine (ongles, cheveux, cornes, écailles)
- Elastine (ligaments, peau, vaisseaux sanguins)
- Fibroïne (soie)

Sucres

Acides nucléiques



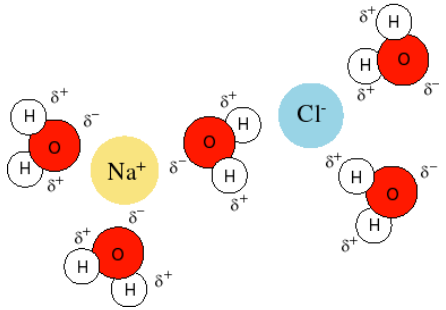
Polysaccharides structuraux :

- Cellulose (parois cellulaires des végétaux, bois)
- Chitine (carapaces d'insectes, exosquelette des crustacés, parois cellulaires des champignons)

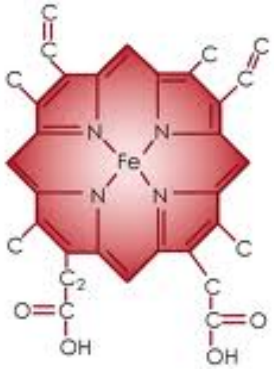
Briques élémentaires - Minéraux

Minéraux

Ions



Oligoéléments

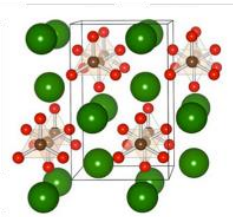


Structures minéralisées

Carbonate de calcium

(calcite, aragonite)

$CaCo_3$

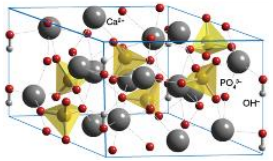


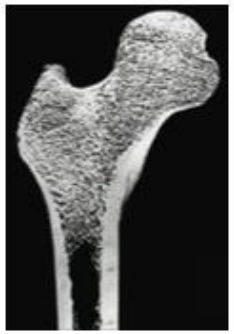
Pinctada margaritifera

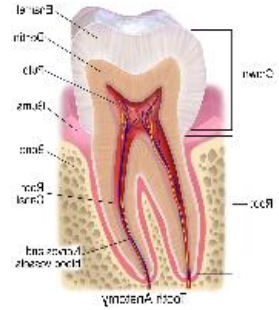
Phosphate de calcium

(Hydroxyapatite)

$Ca_5(PO_4)_3(OH)$

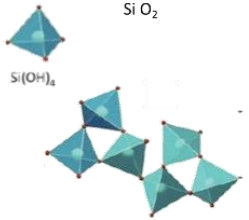






Silice

SiO_2



Euplectella aspergilum

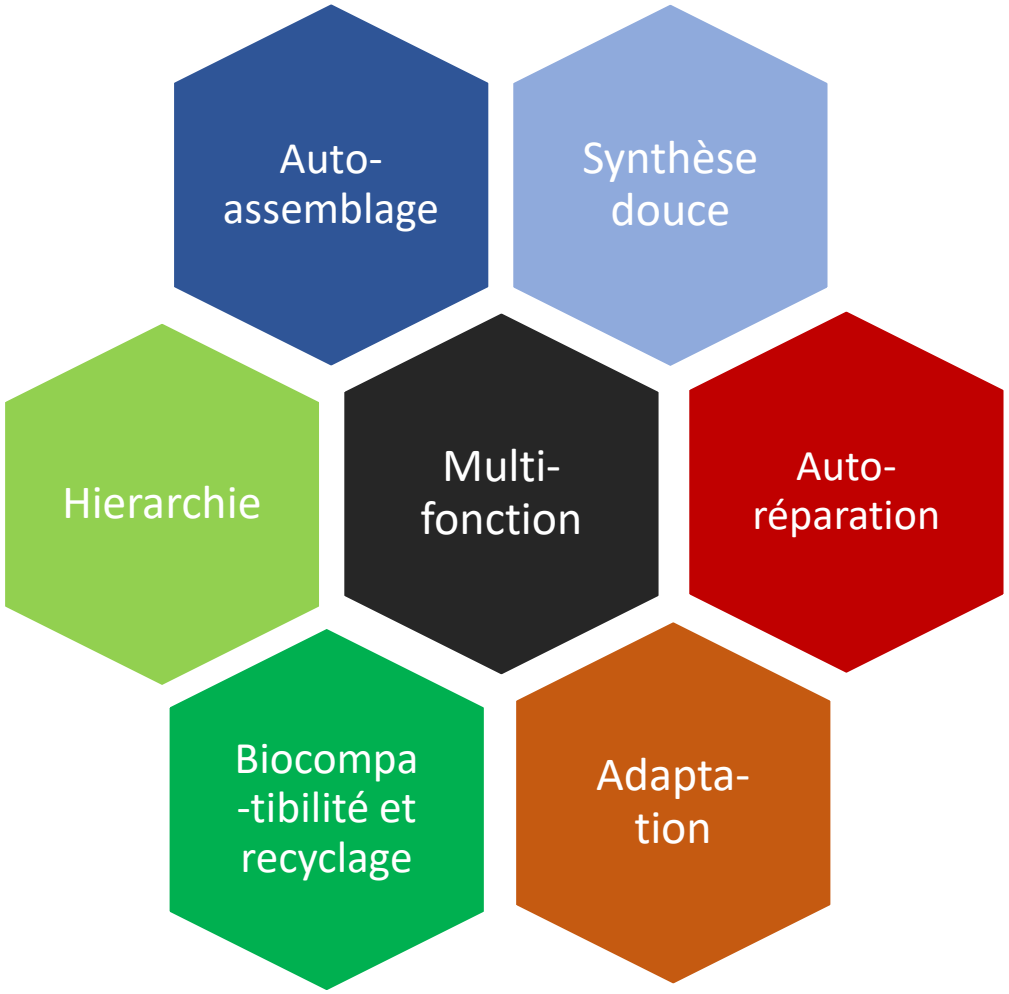
Diatomées

Combinaison des briques élémentaires

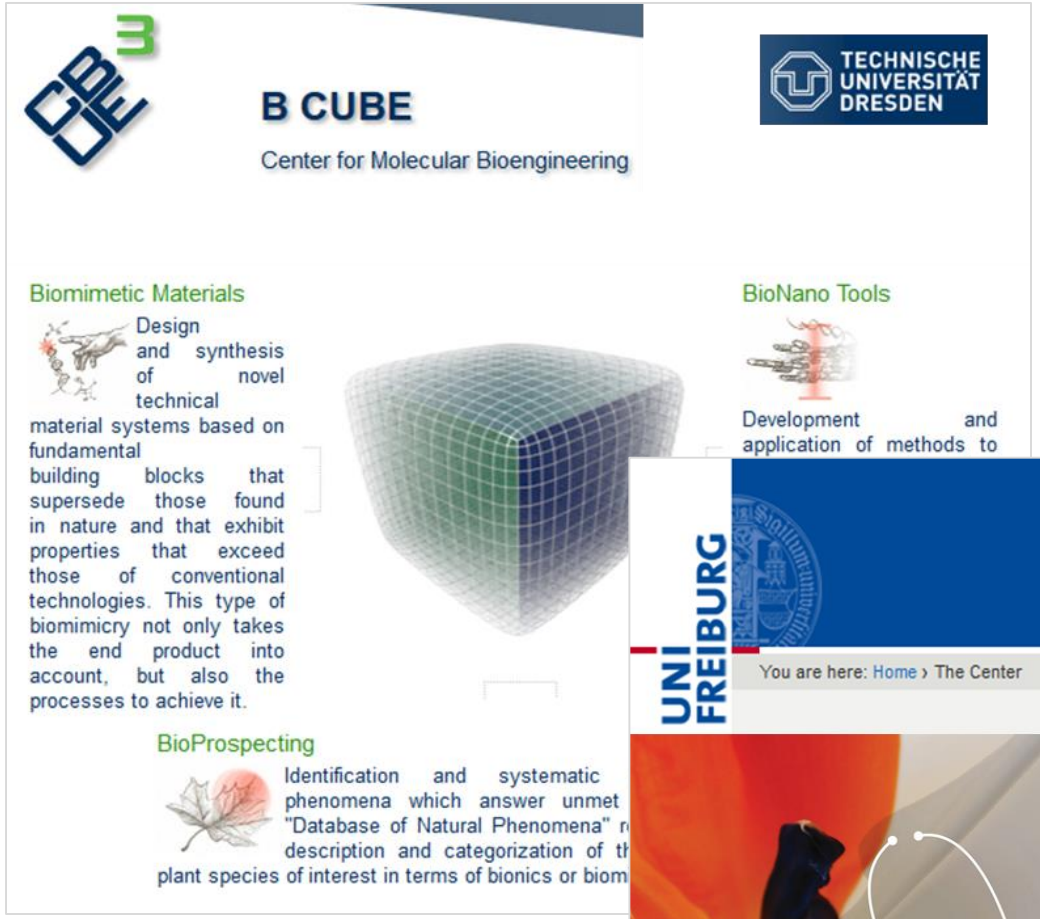
minéral

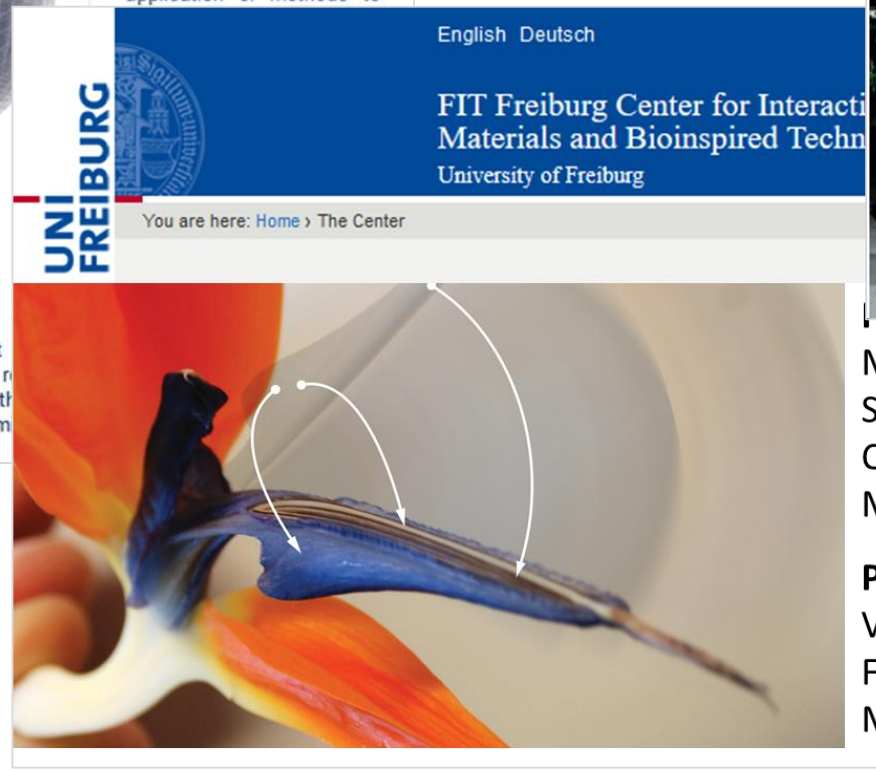
organique

Principes de design des matériaux biologiques



Centres de recherche académique - Allemagne

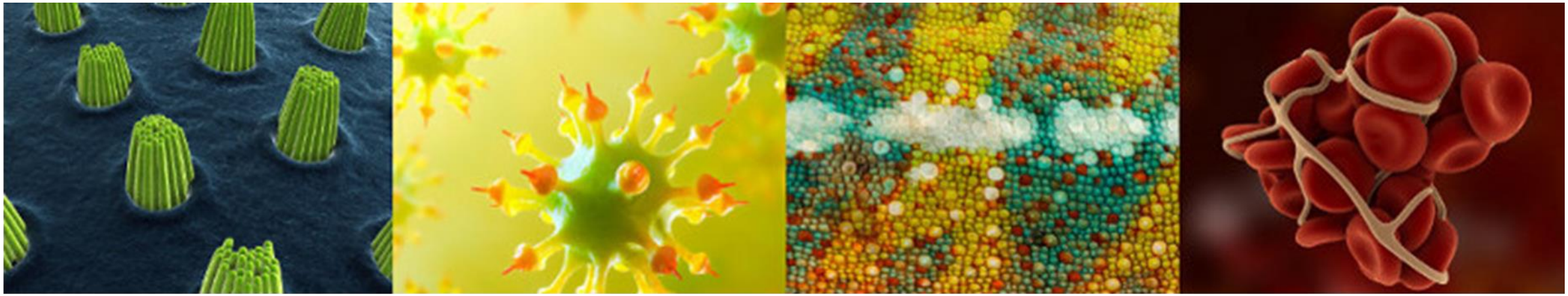




Projets de recherche :
Matériaux intelligents
Surfaces adaptatives
Composites, biopolymères
Microsystèmes, énergie

Plateformes technologiques :
Visualisation 3D
Fabrication 3D
Modélisation

Centres de recherche académique – Suisse



BIO-INSPIRED MATERIALS
NATIONAL CENTER OF COMPETENCE IN RESEARCH

UNI FR
UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

adolphe merkle institute
excellence in pure and applied nanoscience
UNIVERSITY OF FRIBOURG SWITZERLAND

ETH zürich

EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

<u>Matériaux mécaniquement réactifs</u>

Polymères fonctionnels, capsules réactives,

Energie de liaison dans les macromolécules

<u>Matériaux par auto-assemblage</u>

Hydrogels, matériaux photoniques, colloïdes,

Biomimétisme de bicouches lipidiques

<u>Interactions matériaux/cellules</u>

Nanoparticules & cellules immunitaires ou cancéreuses,

substrats de culture cellulaire magnéto-réactifs

livMatS

UNI FREIBURG

Matériaux bio-inspirés

Feuille de route

- Cluster allemand : Living, Adaptative and Energy-autonomous Materials Systems **liv-Mat-S**
- Collaboration : Freiburg Center for Interactive Materials and Bioinspired Technologies (FIT), Freiburg Materials Research Center (FMF), Sustainability Center Freiburg
- Financements : 45-50 M€ sur 5 ans
- Matériaux bio-inspirés : autonomie énergétique, adaptabilité, longévité, durabilité

SUSTAINABILITY CENTER FREIBURG

FMF

FIT

Matériaux bio-inspirés

Feuille de route – publication 2019

- Equipes de recherches françaises et formations
- Programmes collaboratifs FR / UE , chaires industrielles
- Structurations institutionnelles (CNRS, CEA, MNHN, …)

- Opportunités de financements
- Enjeux écologiques et technologiques
- Etude de cas à l'international
- Recommandations opérationnelles

CEEBIOS
Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis

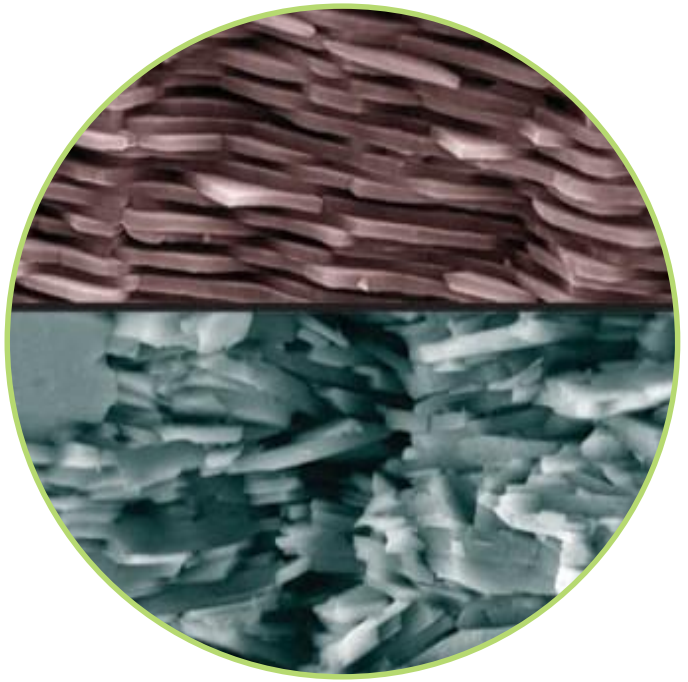
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Adhésifs

Un des enjeux majeurs de l’industrie

Interface® PureBond® FORMALDEHYDE-FREE TECHNOLOGY GECKO BIOMEDICAL

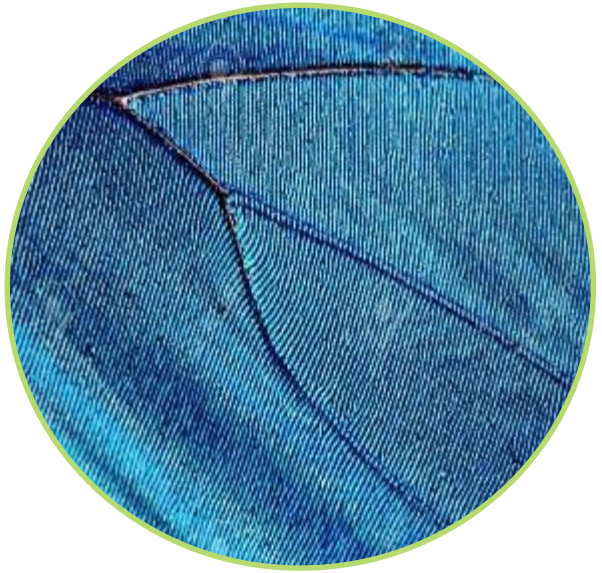


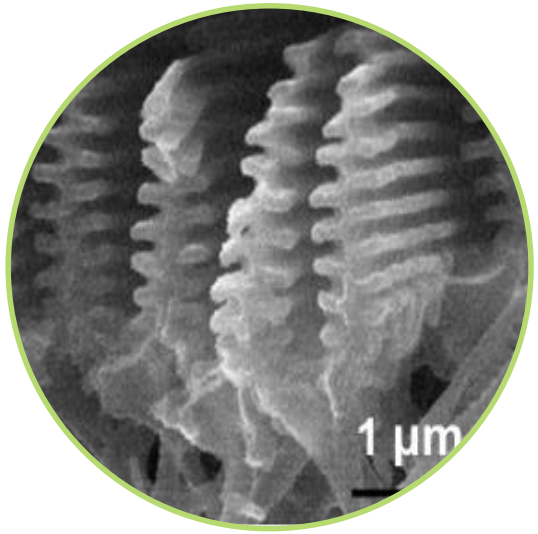
Polymères composites

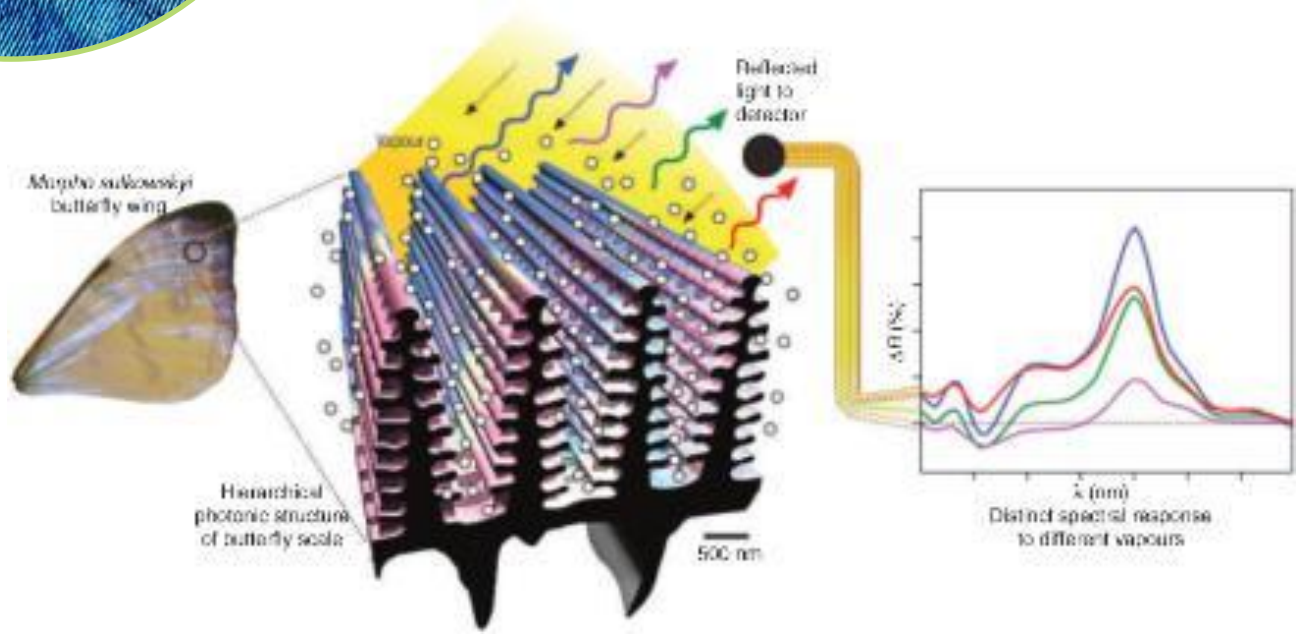
Assemblage de différentes typologie de matériaux

spiber AMSilk

Gestion de l'Information dans le vivant
TYPE DE SIGNAL – chimique / ondulatoire







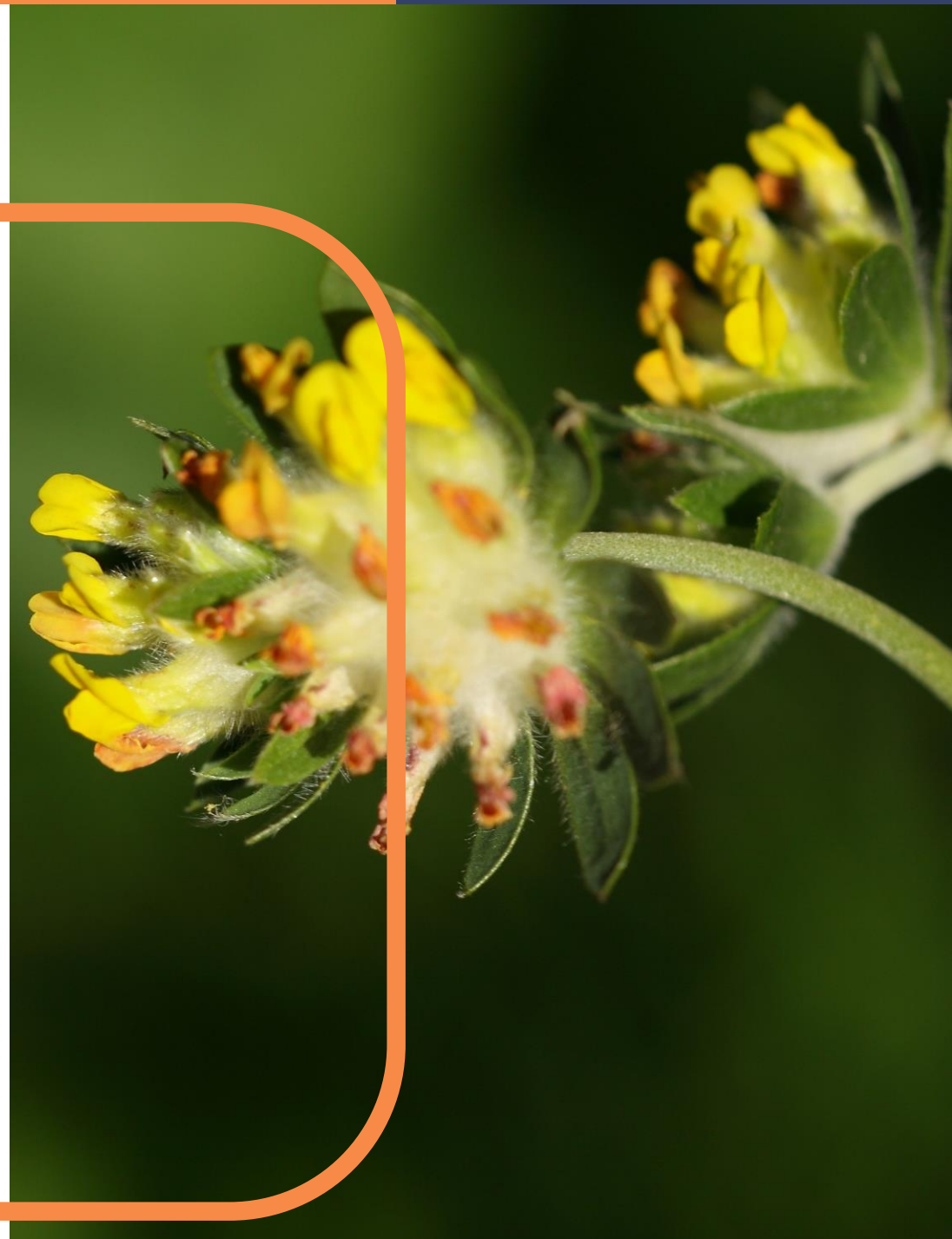
Aile du Morpho

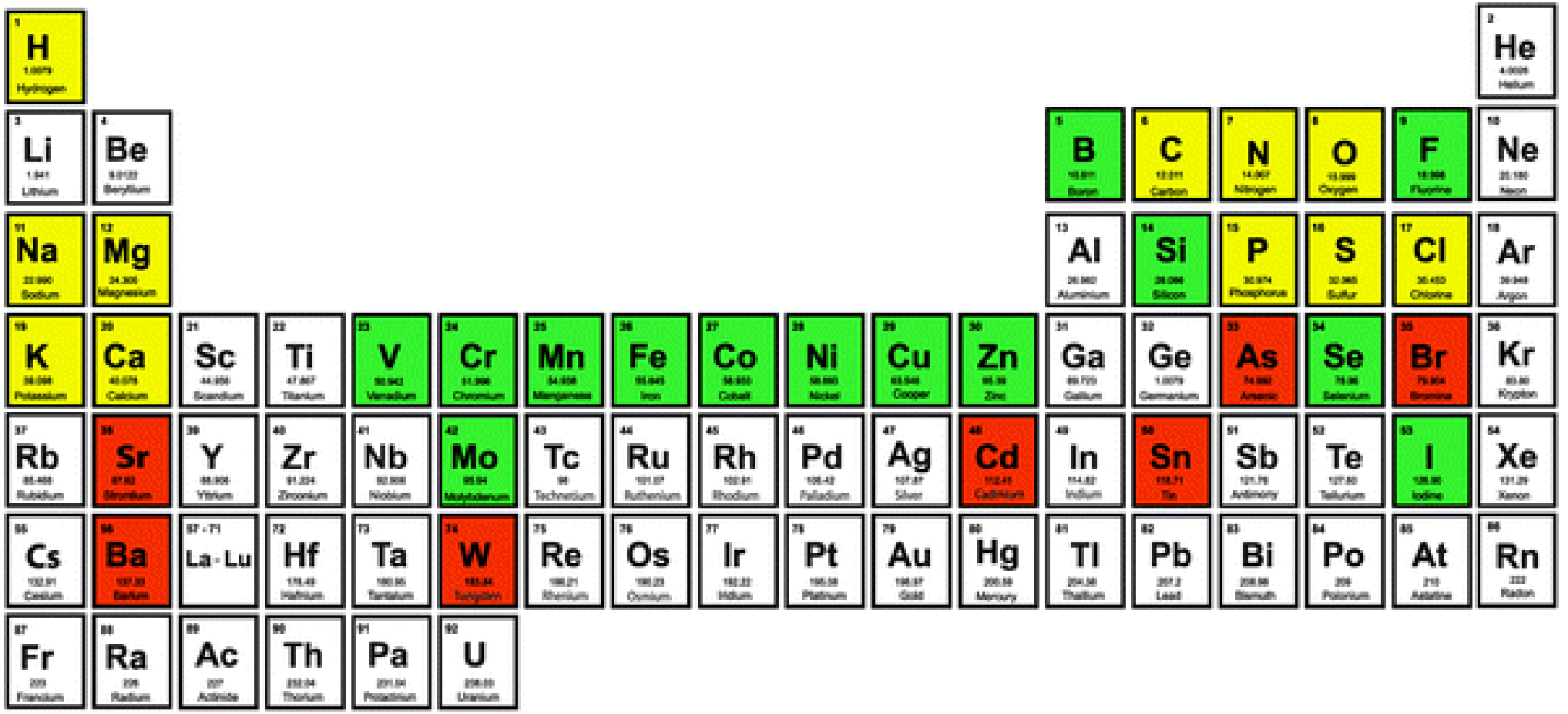
Serge Berthier

INSP INSTITUT DES NANOSCIENCES DE PARIS

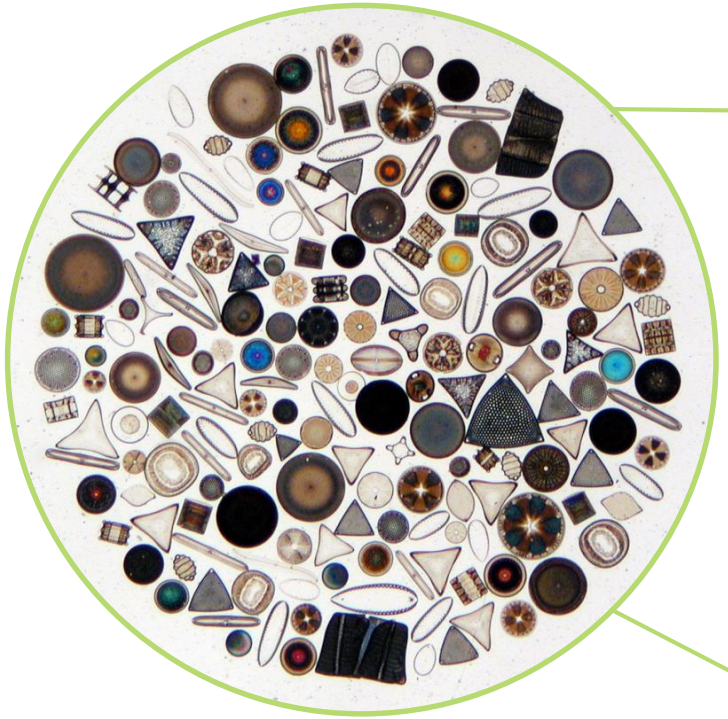
CHIMIE DOUCE

- 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





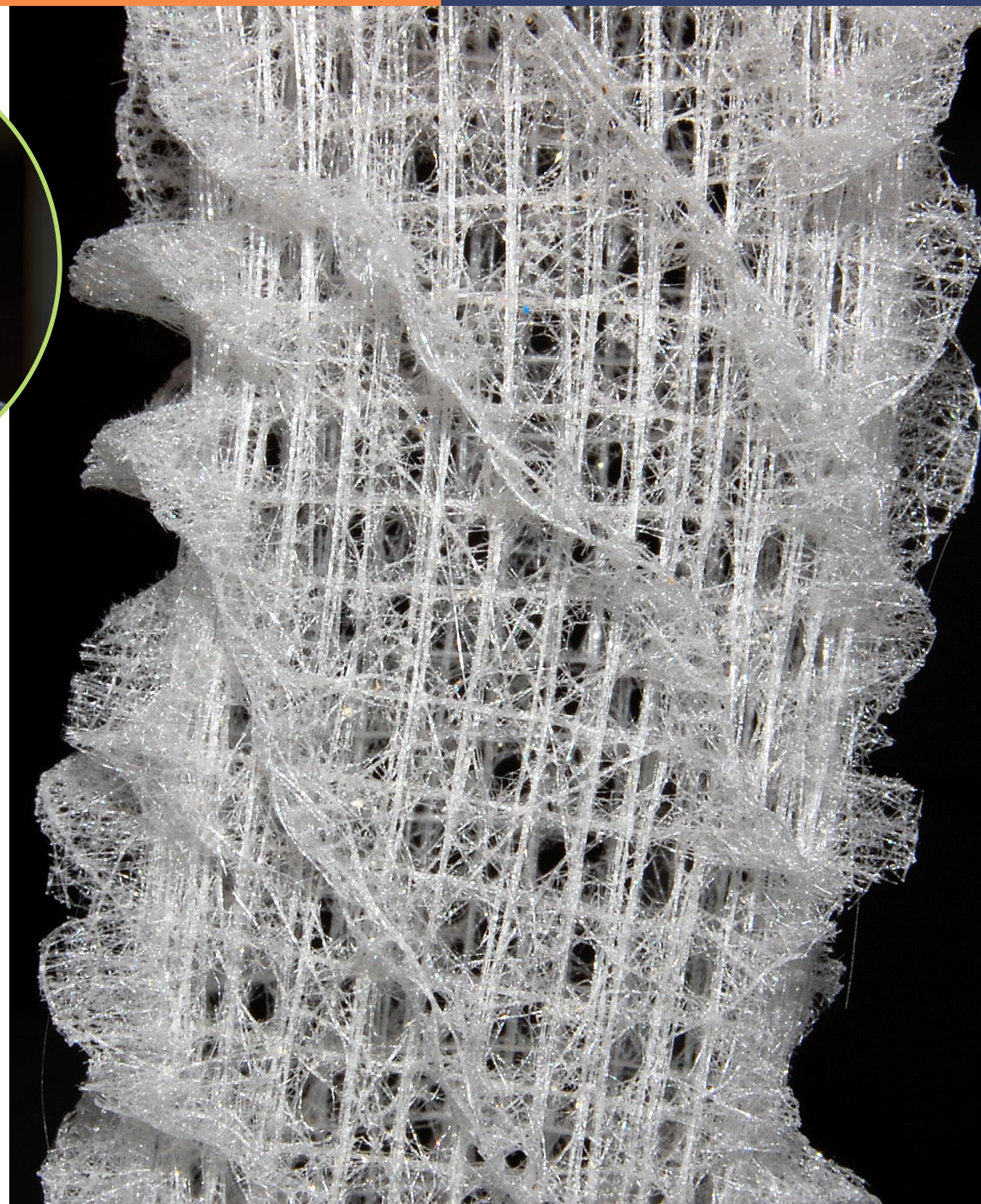
R. J. P. Williams and R. Rickaby, "A chemical account of evolution", *Chem. World*, 2012



Fabrication du verre

Dans l’eau, à température et pression ambiante

Jacques Livage et Clément Sanchez



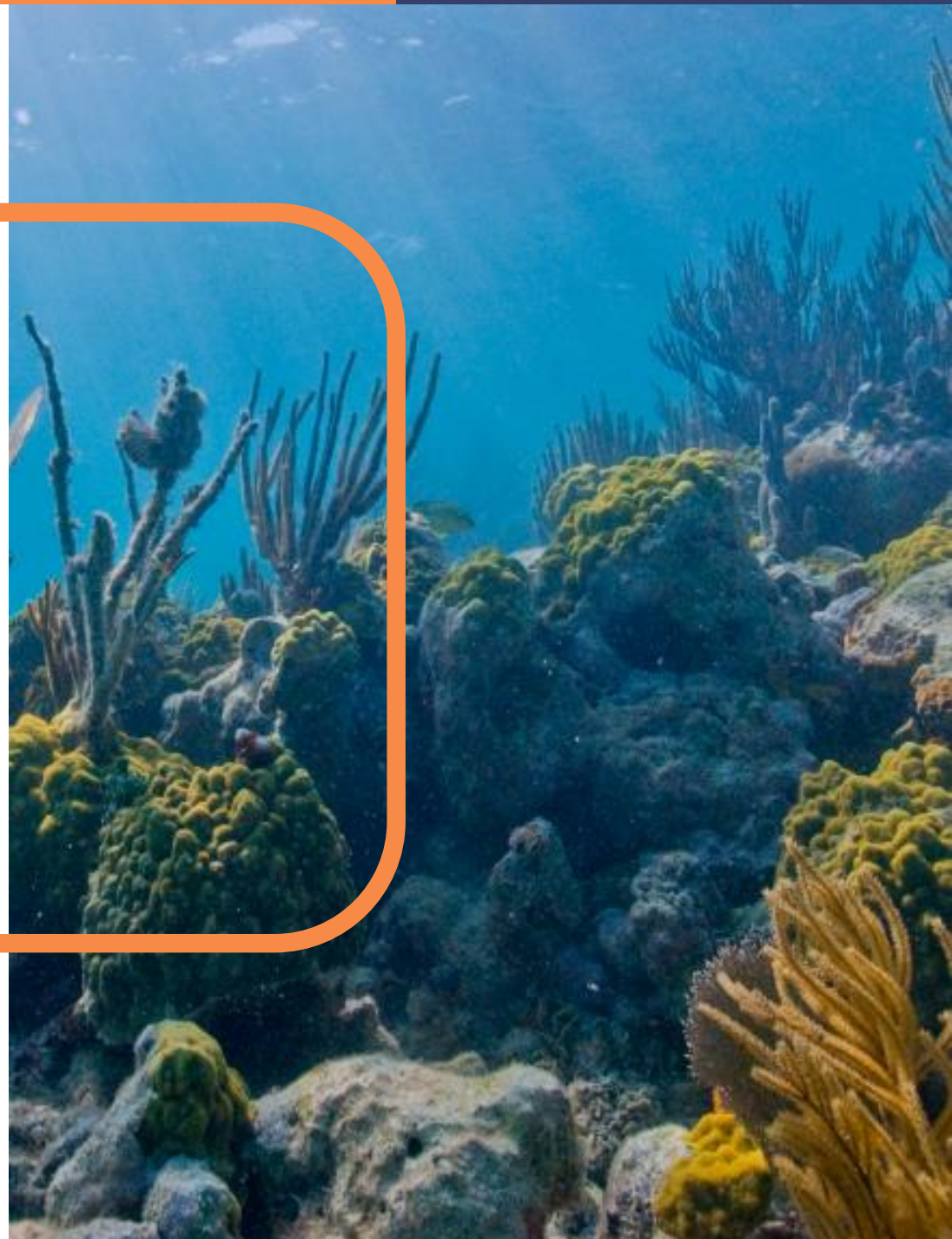
Dépollution des sols & éco-catalyse

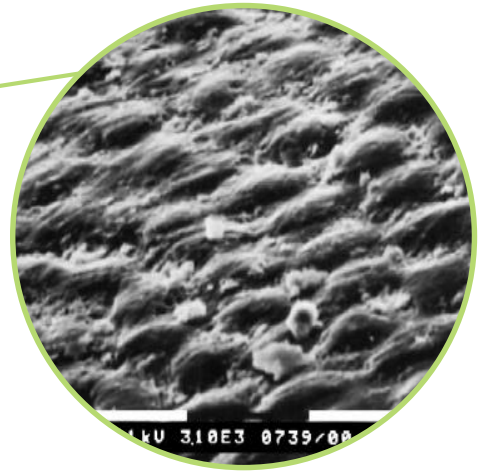
Laboratoire ChimEco

Claude Grison

EAU

- Purification
- Récupération en milieu aride
- Gestion de la surabondance
- Stockage
- Transport et Distribution





Mouillabilité

Hydrophobie, récupération d'eau

QinetiQ SAINT-GOBAIN SLIPS TECHNOLOGIES WYSS INSTITUTE

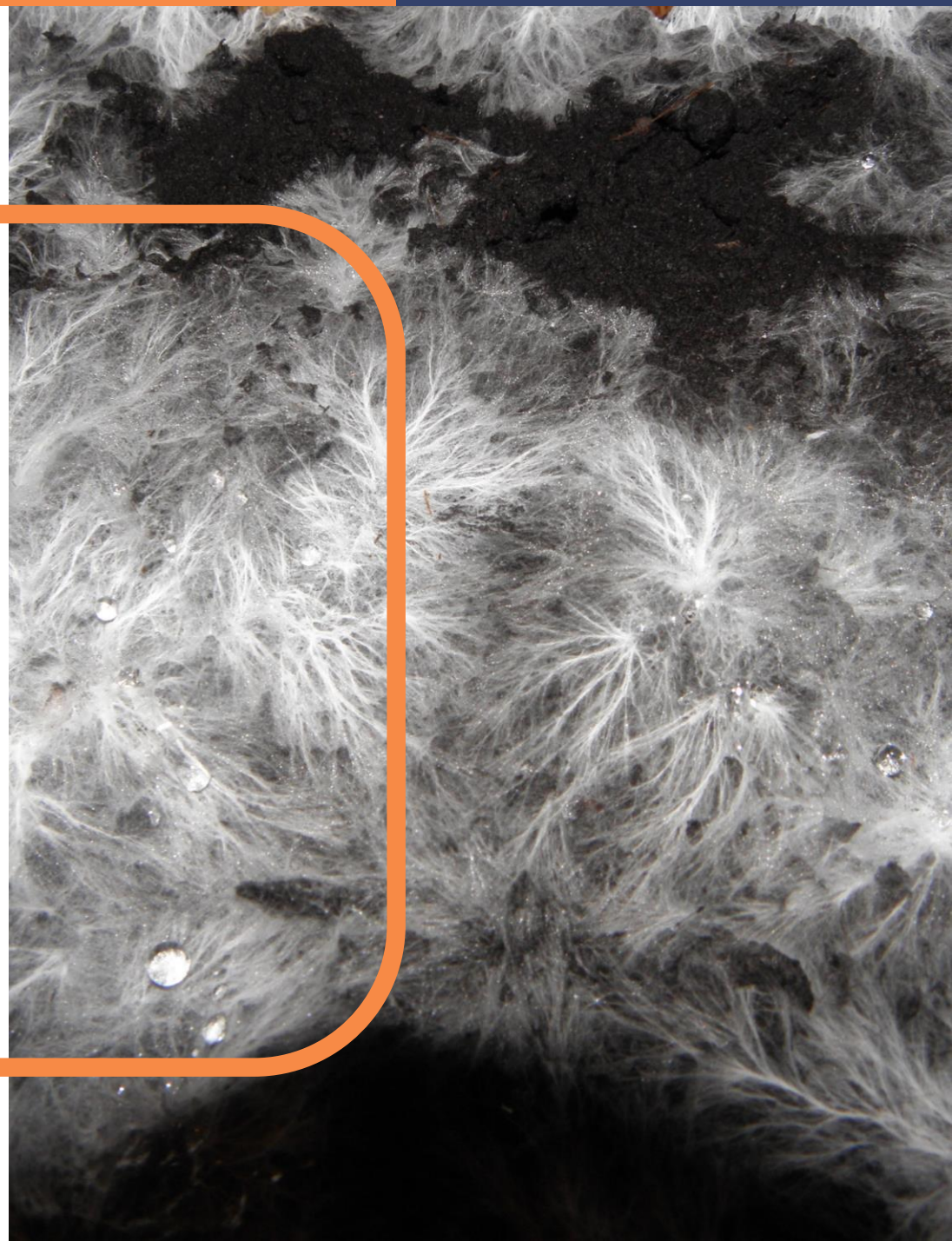
Déshydration

Biomātrica
THE BIOSTABILITY COMPANY

HEMARINA

INFORMATION

- Purification
- Stockage moléculaire
- Transmission (chimique, électrique…)
- Agrégation
- Analyse
- Intelligence collective
- Capteurs, Senseurs



Gestion de l’Information dans le vivant

Enjeux biologiques :

Reproduction, prédation, défense, accès à la ressource, …

Transmission intergénérationnelle, intra / inter spécifique, …

Gestion cognitive spatiale et temporelle

Typologie de signaux :

Ondes visibles, acoustiques, molécules chimiques, …

De l’émission à la réception de signal :

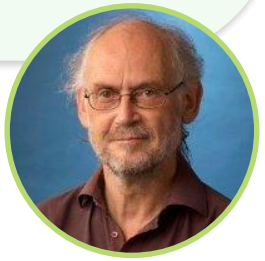
Emetteurs, capteurs, analyse du signal, algorithmes, code, …

Gestion de l'Information dans le vivant

Monde Technologique

Monde Vivant

Energie
Matière
Information



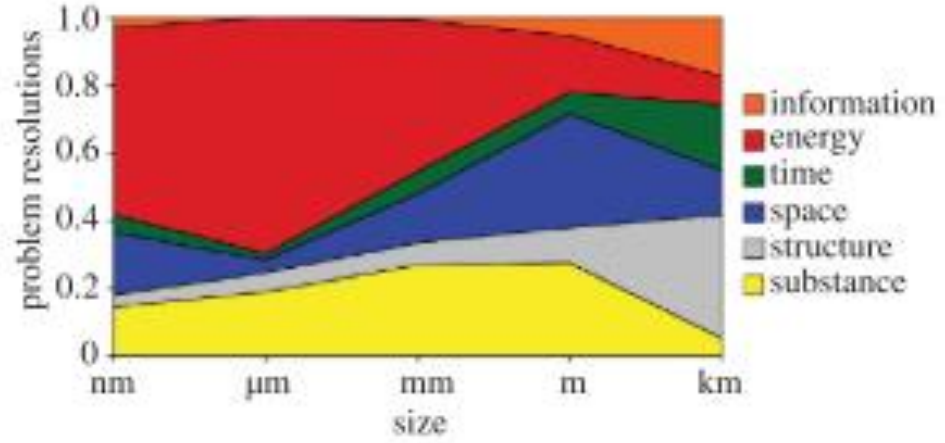


Figure 2. Engineering TRIZ solutions arranged according to size/hierarchy.

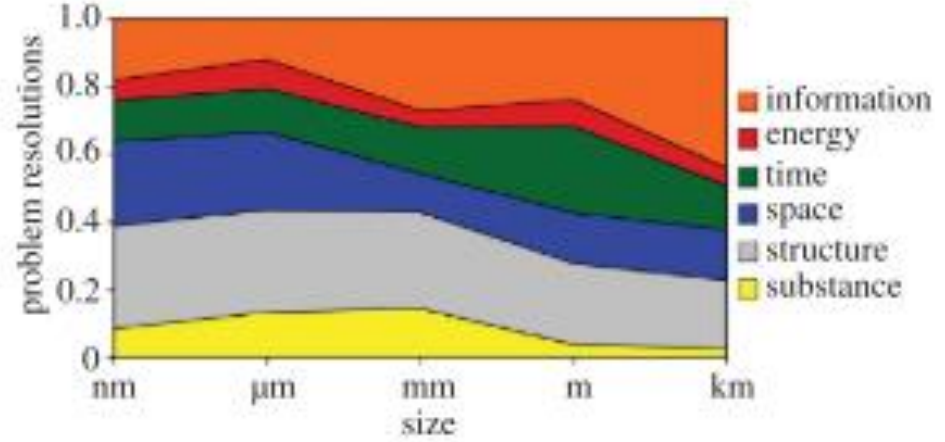
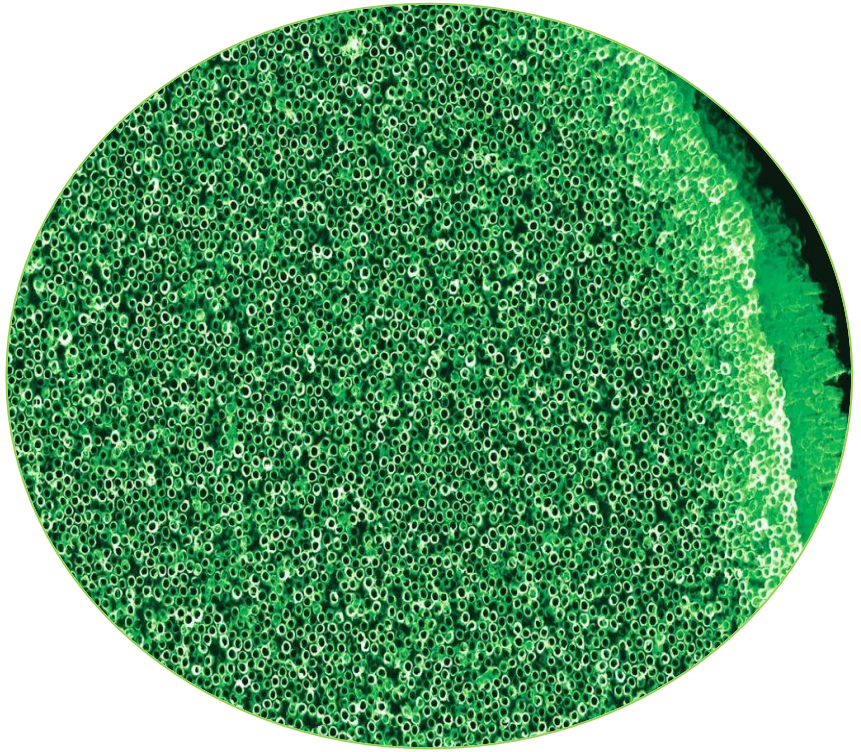


Figure 3. Biological effects arranged according to size/hierarchy.

Source : Biomimetics: its practice and theory
Julian F. V. Vincent*, Olga A. Bogatyreva, Nikolaj R. Bogatyrev, Adrian Bowyer and Anja-Karina Pahl

Gestion de l’Information dans le vivant
TYPE DE SIGNAL – chimique

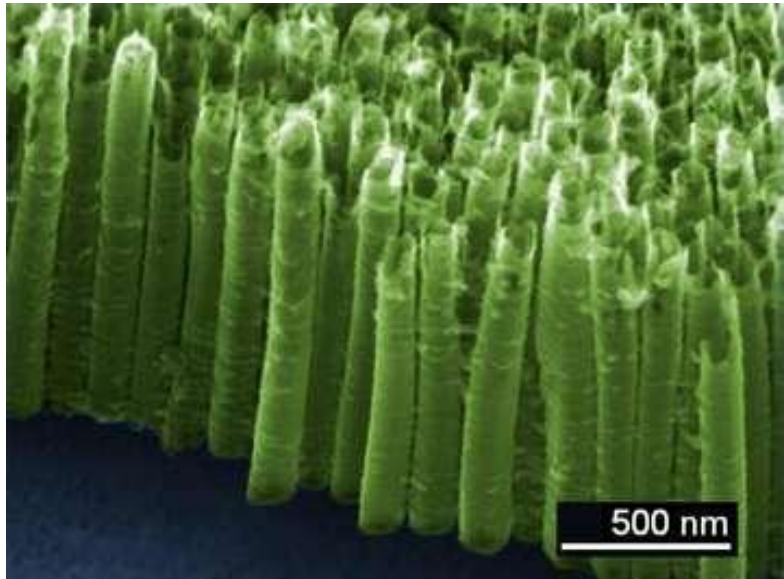


Odorat / Détecteur de gaz bio-inspiré

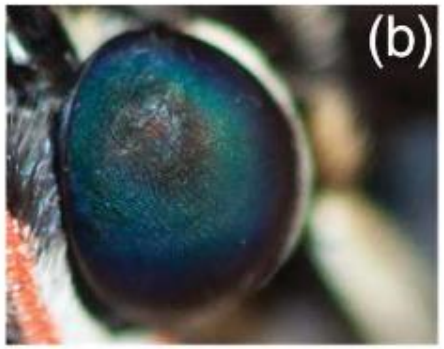
Denis Spitzer

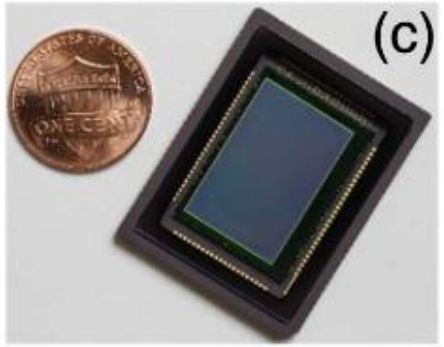
ISL

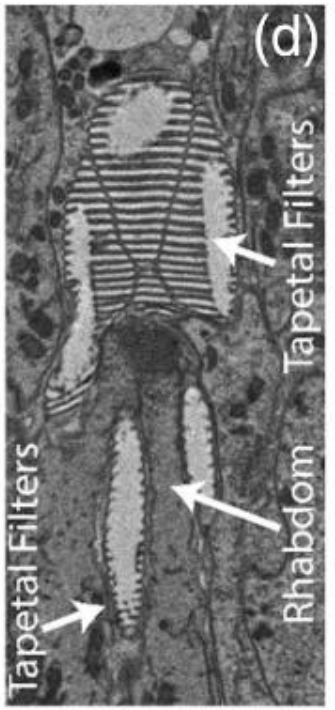
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

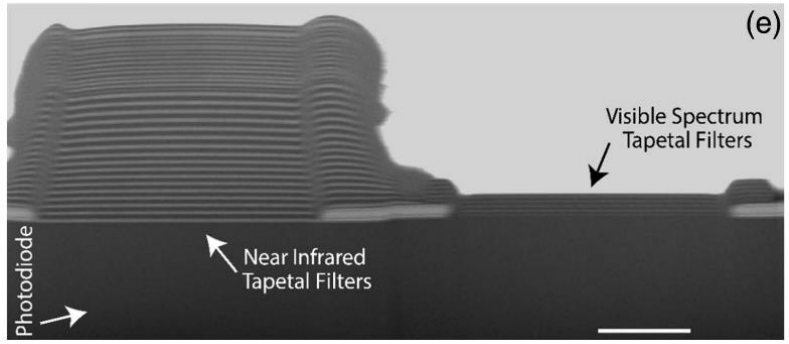


Gestion de l'Information dans le vivant
TYPE DE SIGNAL – ondulatoire





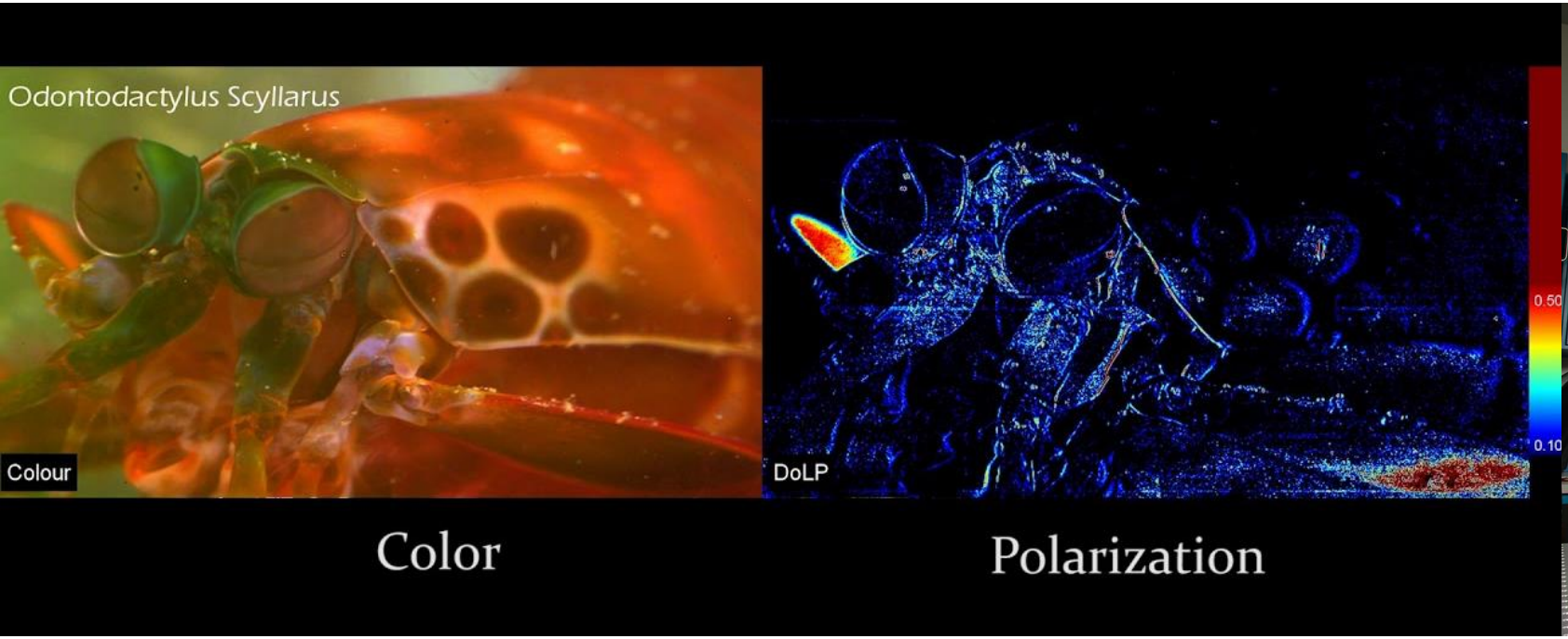


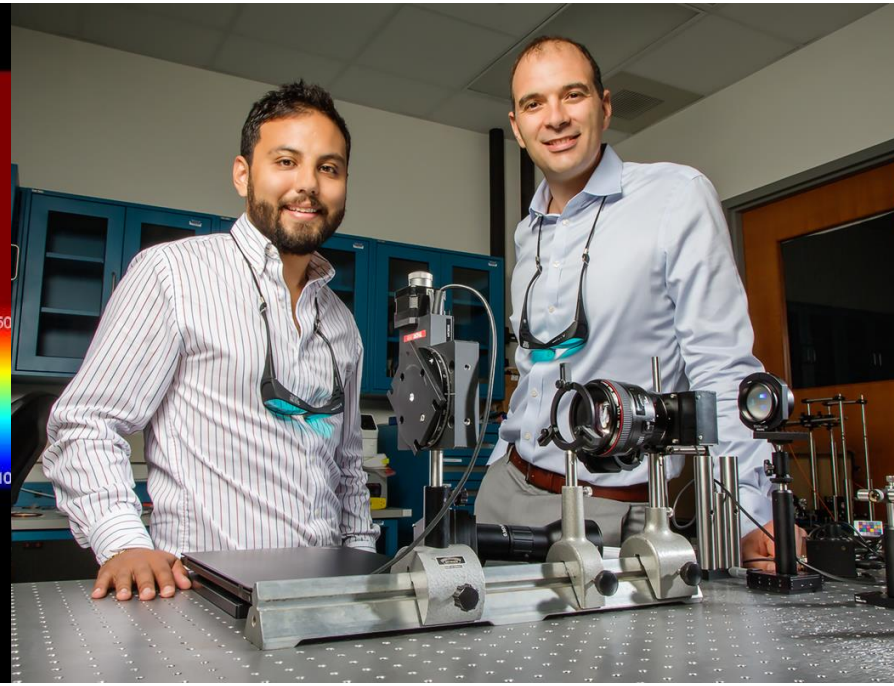


Yeux du Morpho

Viktor Gruev

ILLINOIS
UNIVERISTY OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN





Yeux de la Crevette Mante

Viktor Gruev

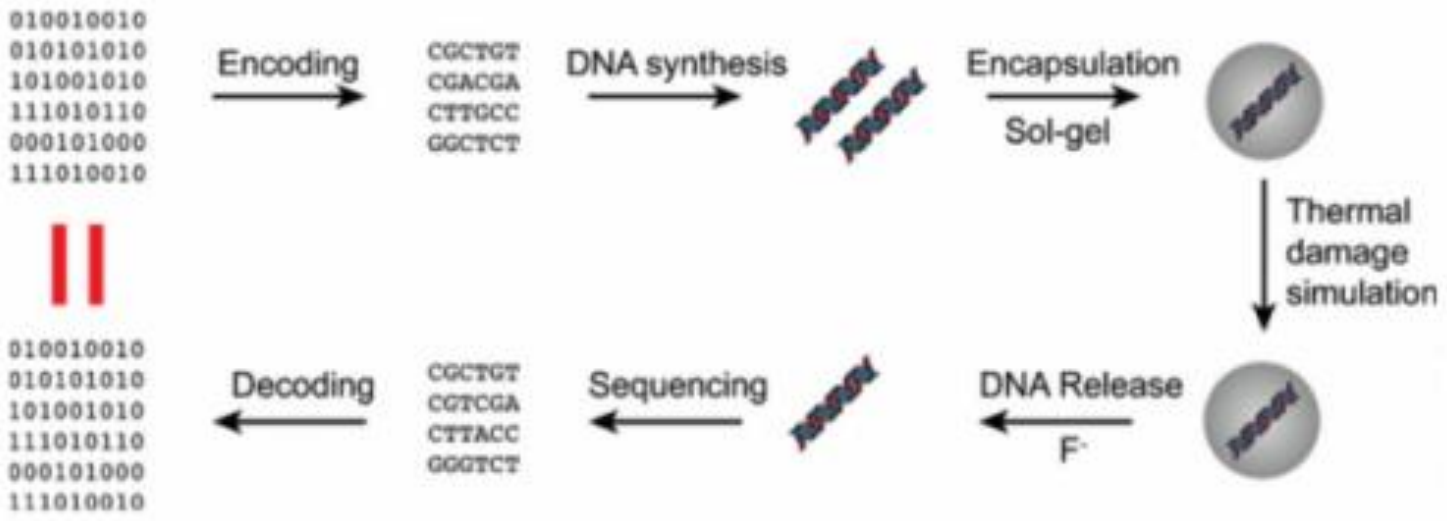
ILLINOIS
UNIVERISTY OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN

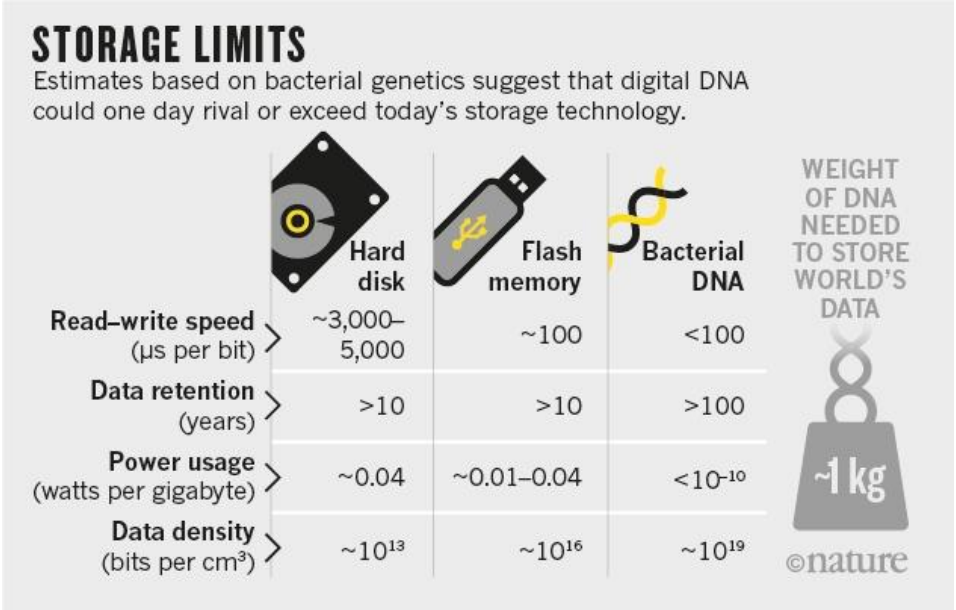
Bio-robotique

Stéphane Viollet

INSTITUT DES SCIENCES ETIENNE DU MOUVEMENT JULES MAREY
Aix*Marseille université

Gestion de l'Information dans le vivant
STOCKAGE ?





ADN - Stockage des données

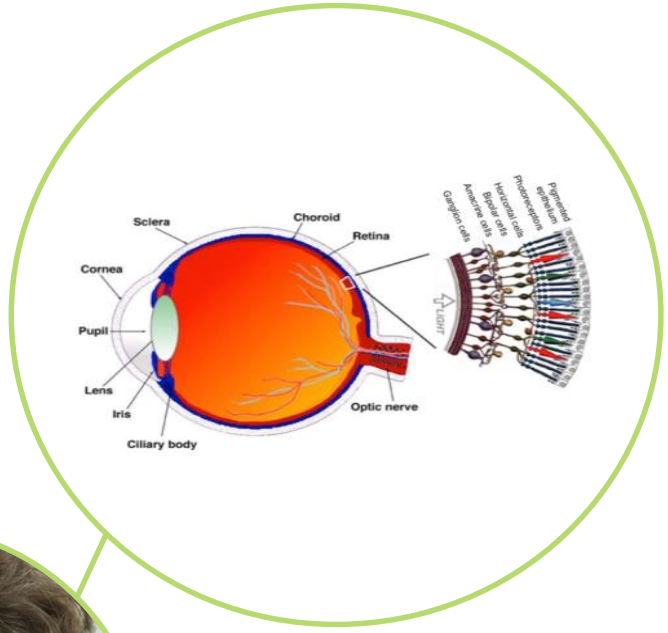
George Church (Harvard), Nick Goldman

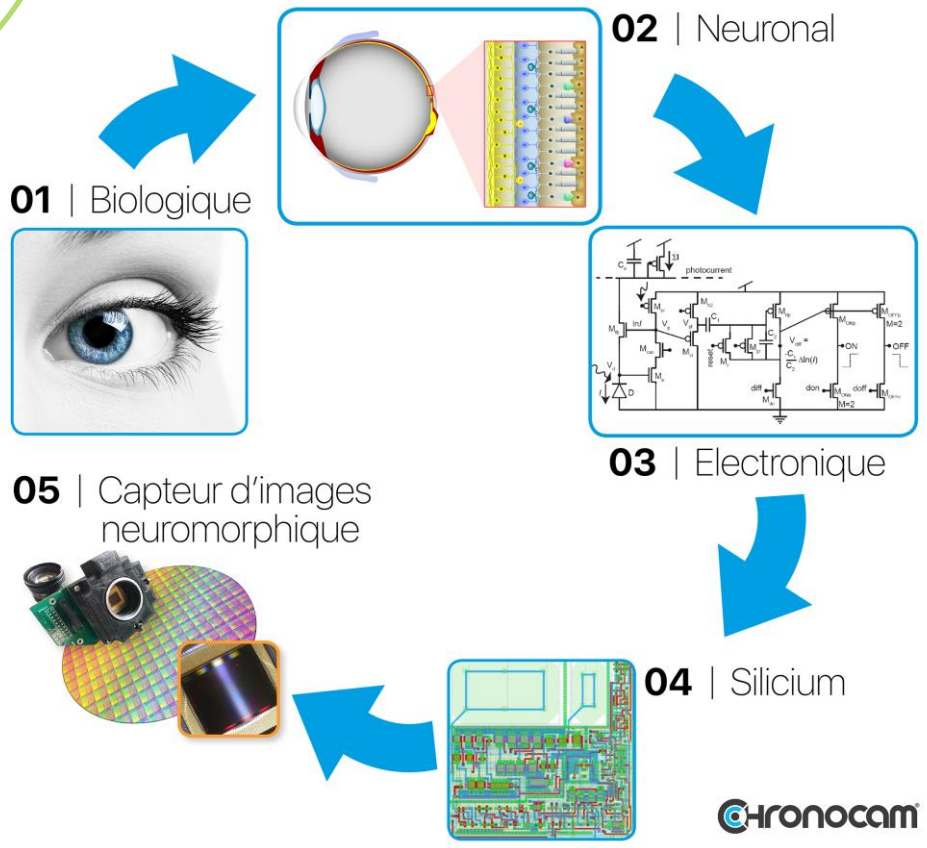
EMBL

Microsoft

TWIST BIOSCIENCE

DNA SCRIPT
NextGen DNA Synthesis





Vision Bio inspirée

Nicolas franceschini, Ryad Benosman, Luca Verre

INSTITUT DES SCIENCES ETIENNE DU MOUVEMENT JULES MAREY

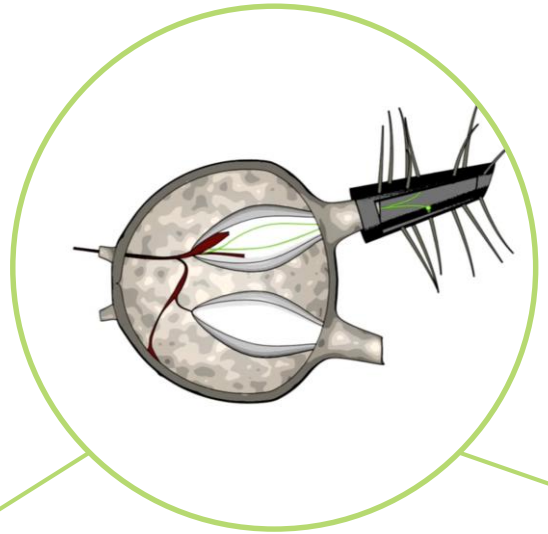
Aix*Marseille université

INSTITUT DE LA VISION PARIS

PROPHESEE METAVISION FOR MACHINES

Chronocam

Gestion de l'Information dans le vivant
CAPTEUR



Capteurs et senseurs

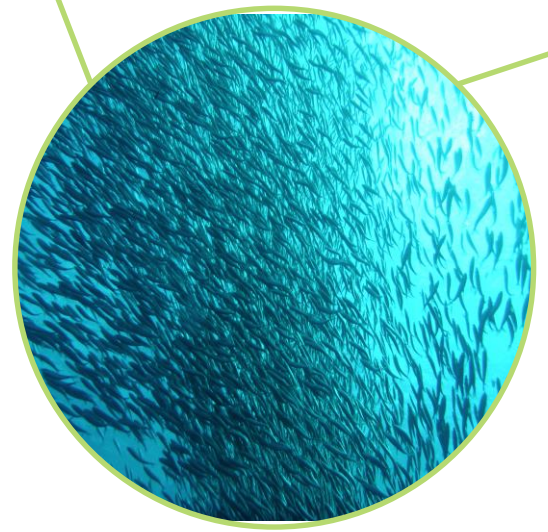
Du grillon des bois aux micro-capteurs performant

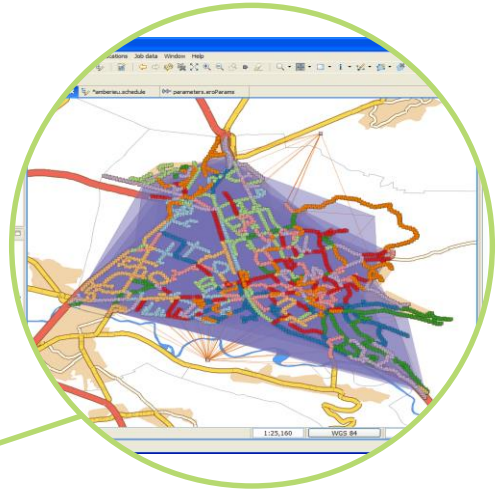
Jérôme Casas *(IRBI, UMR Univ. Tours et CNRS)*

IRBI
Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte

leti
ceatech

Gestion de l’Information dans le vivant
ALGORITHME





Algorithmes d’optimisation

Intelligence collective

eurobios
complexity made simple

ubiant®

GDR BioComp

Implémentations matérielles du calcul naturel

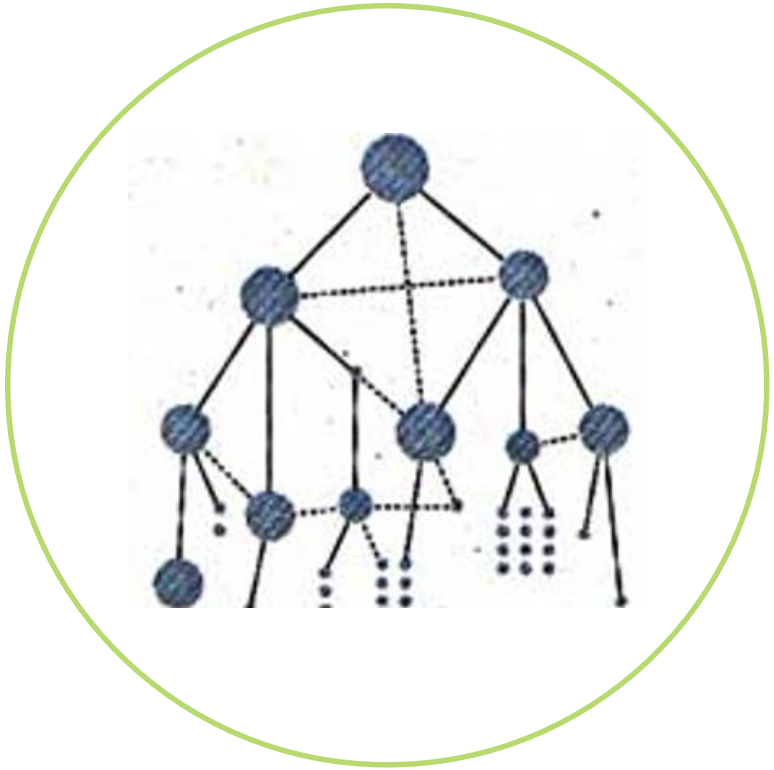
Le but du GDR BioComp est de faciliter les échanges interdisciplinaires en France autour d’un but commun : la réalisation de systèmes matériels bio-inspirés.

Domaines d’applications

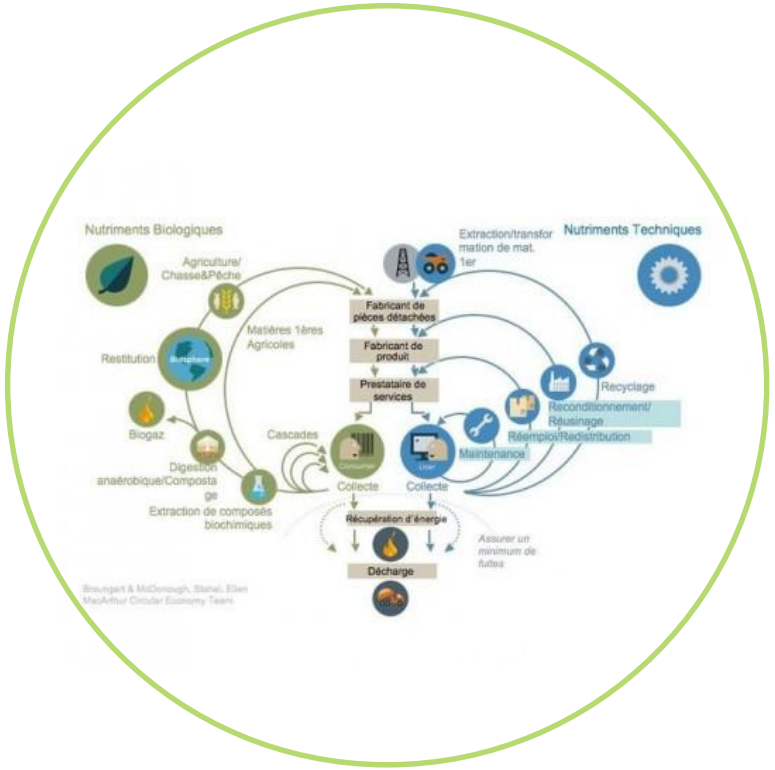
AGRICULTURE

PROJETS URBAINS

Domaines d’applications

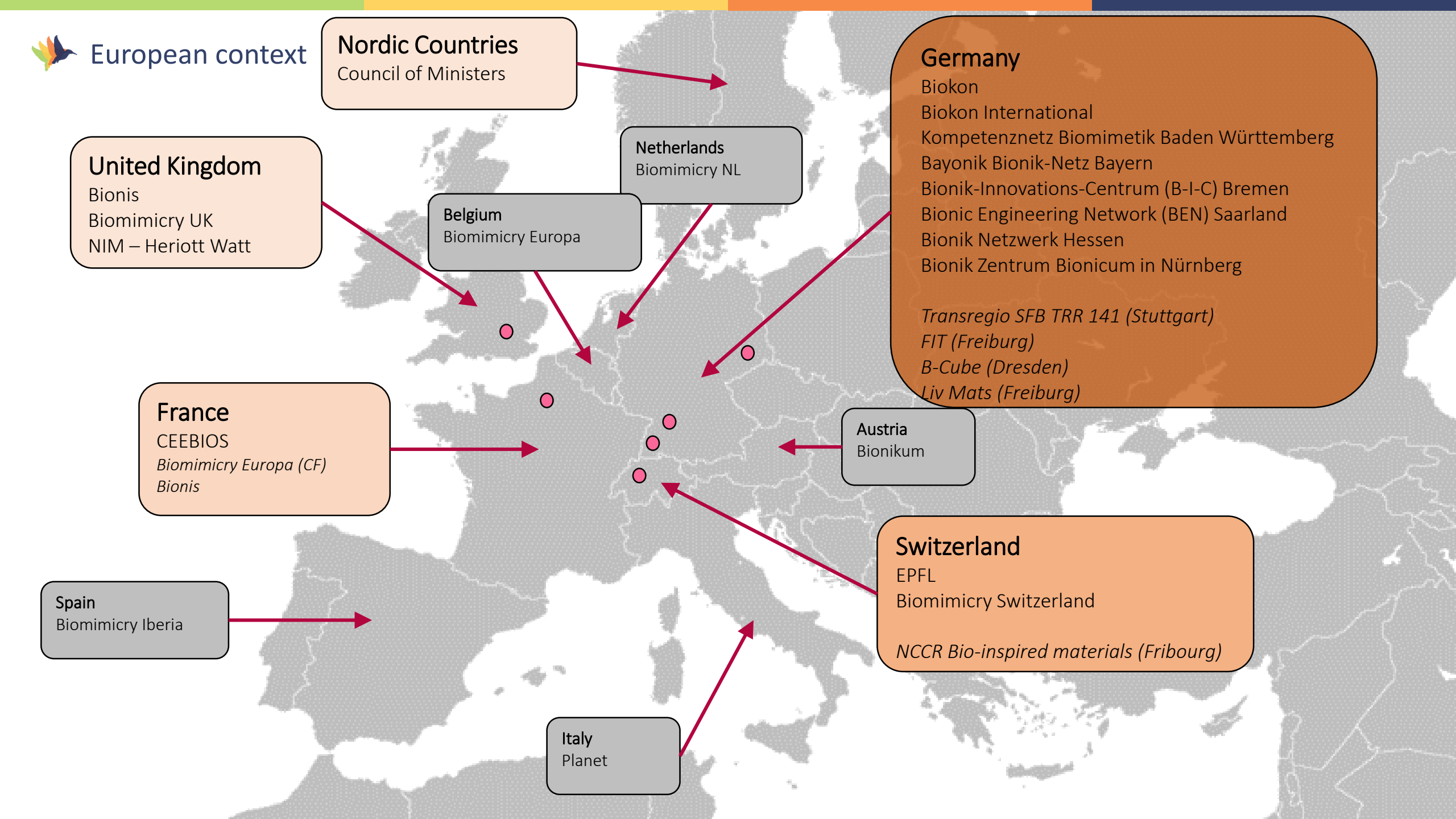


Nouvelles organisations /management?



Nouveaux modèles économiques ?

European context



Nordic Countries
Council of Ministers

United Kingdom
Bionis
Biomimicry UK
NIM – Heriott Watt

Netherlands
Biomimicry NL

Belgium
Biomimicry Europa

Germany
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

Transregio SFB TRR 141 (Stuttgart)
FIT (Freiburg)
B-Cube (Dresden)
Liv Mats (Freiburg)

France
CEEBIOS
Biomimicry Europa (CF)
Bionis

Austria
Bionikum

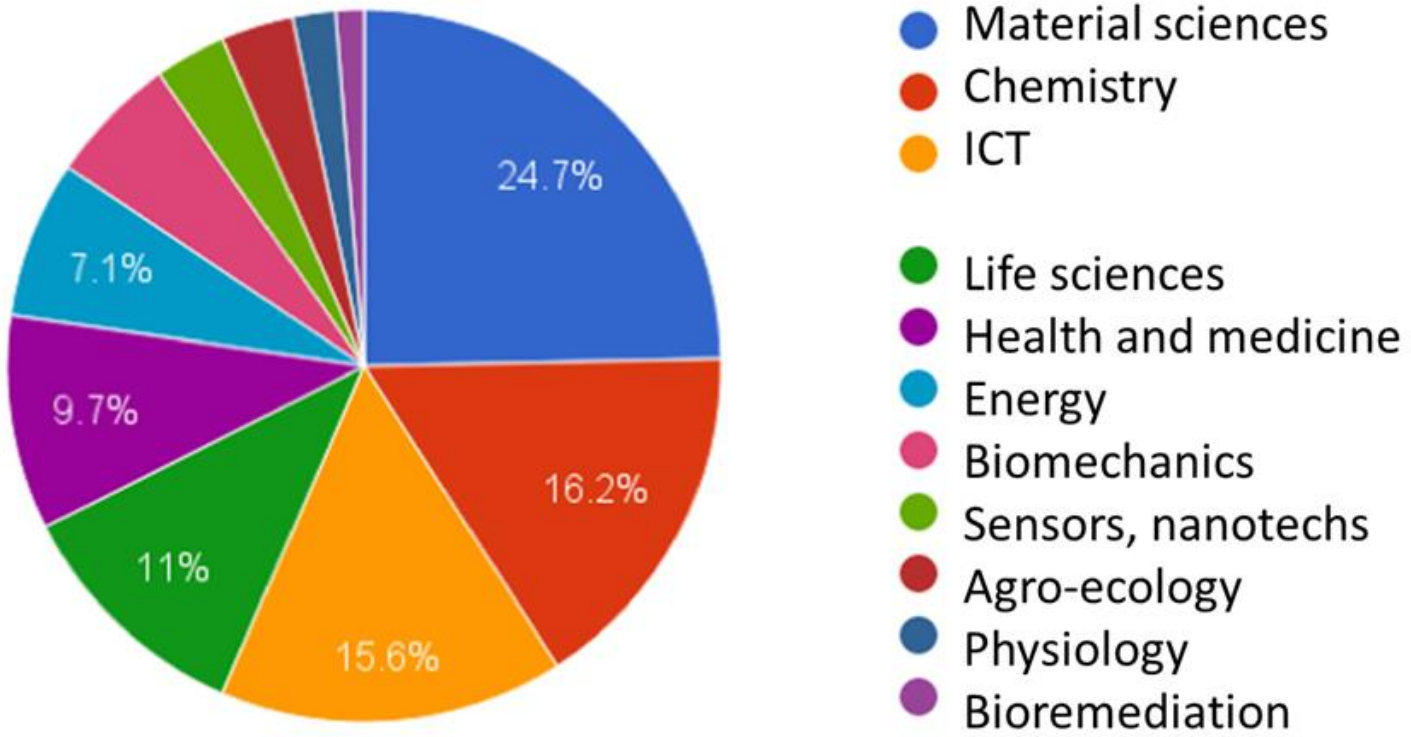
Switzerland
EPFL
Biomimicry Switzerland

NCCR Bio-inspired materials (Fribourg)

Spain
Biomimicry Iberia

Italy
Planet

> 175 équipes de recherche



10 % des espèces connues
au niveau mondial

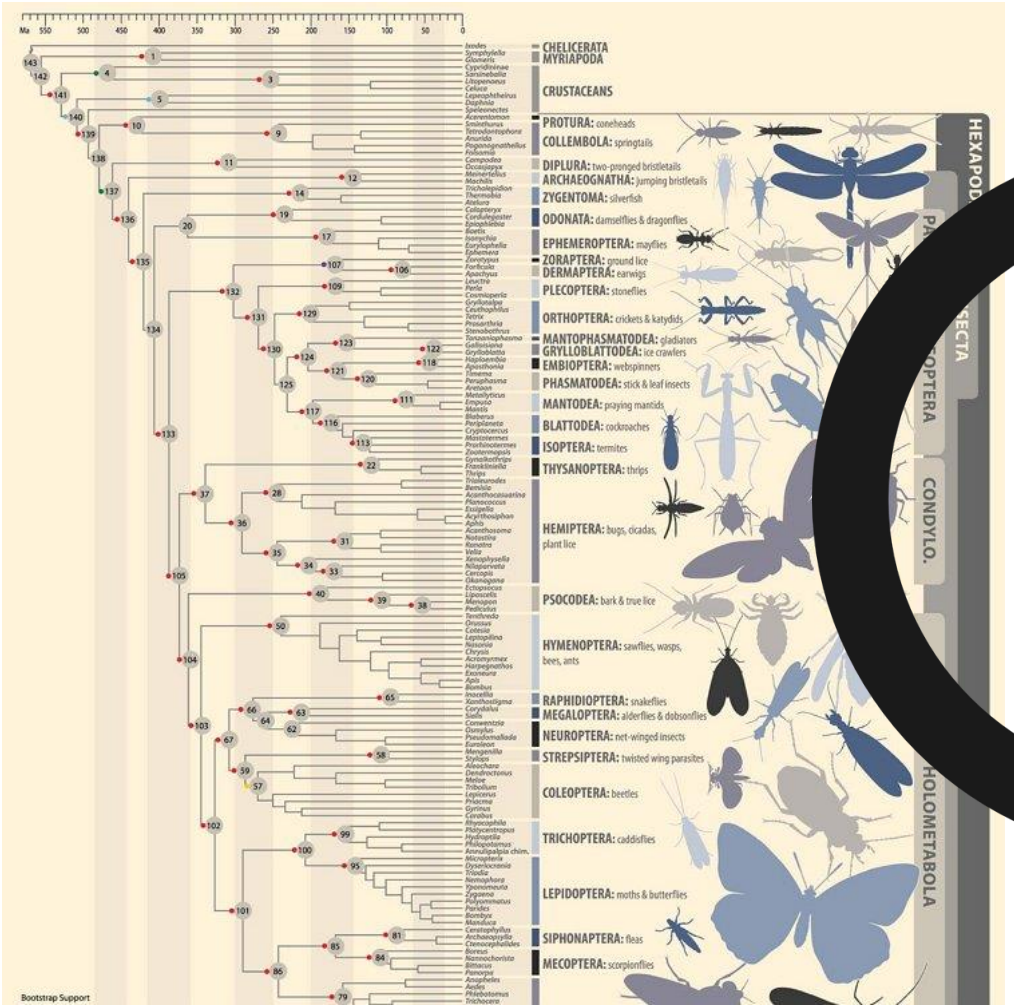
2ème espace maritime
du monde avec ses territoires Outre-mer

En quelques chiffres, la part de la biodiversité mondiale représentée en France :

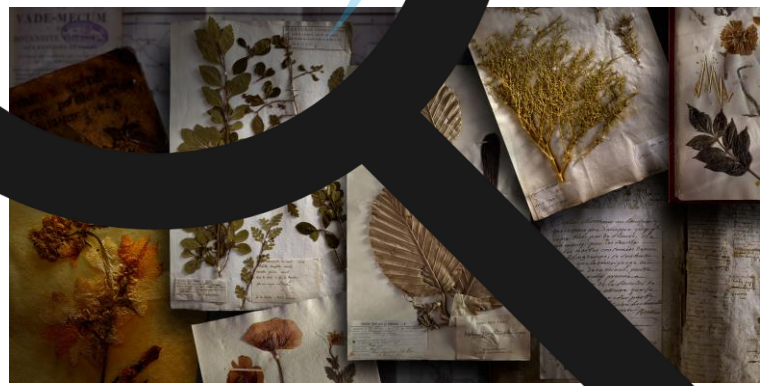
- Au moins 50 % des mammifères marins
- 20 % des échinodermes et des cnidaires (coraux, méduses, etc.)
- 25 % des oiseaux
- 20 % des poissons marins et d'eau douce
- Plus de 10 % des mammifères terrestres
- 7 % des insectes connus au niveau mondial. Les insectes représentent la moitié de la faune française.

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

68 Millions de spécimens


Ma 550 500 450 400 350 300 250 200 150 100 50 0
CHELICERATA
MYRIAPODA
CRUSTACEANS
PROTURA: coneheads
COLLEMBOLA: springtails
DIPLURA: two-pronged bristletails
ARCHAEOGNATHA: jumping bristletails
ZYGENTOMA: silverfish
ODONATA: damselflies & dragonflies
EPHEMEROPTERA: mayflies
ZORAPTERA: ground lice
DERMAPTERA: earwigs
PLECOPTERA: stoneflies
ORTHOPTERA: crickets & katydids
MANTOPHASMATODEA: gladiators
GRYLLOBLATTODEA: ice crawlers
EMBIOPTERA: webspinners
PHASMATODEA: stick & leaf insects
MANTODEA: praying mantids
BLATTODEA: cockroaches
ISOPTERA: termites
THYSANOPTERA: thrips
HEMIPTERA: bugs, cicadas, plant lice
PSOCODEA: bark & true lice
HYMENOPTERA: sawflies, wasps, bees, ants
RAPHIDIOPTERA: snakeflies
MEGALOPTERA: alderflies & dobsonflies
NEUROPTERA: net-winged insects
STREPSIPTERA: twisted wing parasites
COLEOPTERA: beetles
TRICHOPTERA: caddisflies
LEPIDOPTERA: moths & butterflies
SIPHONAPTERA: fleas
MECOPTERA: scorpionflies
HEXAPODA
PTERYGOTA
CONDYLO.
HOLOMETABOLA
Bootstrap Support

nature publishing group
npg
JMBA
Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom
CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS
Coral Reefs
Environmental Indicators
PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B
BIOLOGICAL SCIENCES
MARINE ECOLOGY
PROGRESS SERIES
Marine Biology
International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters
Springer
SCIENTIFIC REPORTS



2007 Sénat / P. Laffite & C. Saunier
Les apports de la science et de la technologie au développement durable

2012 Commissariat Général au Développement Durable / H. Durand
Etude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France

2015 Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable

2015 Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer / S. Royal
Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages

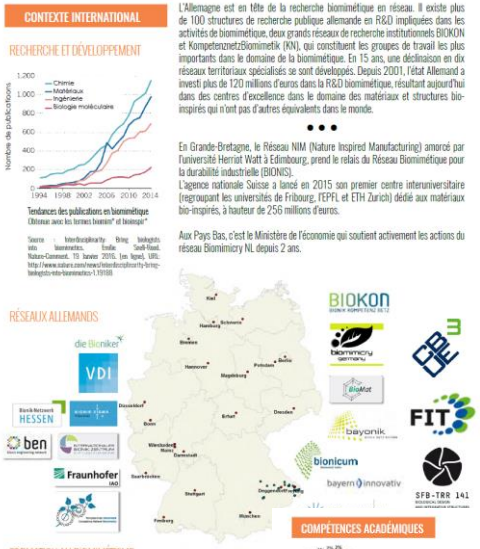
2015 Conseil Economique, Social et Environnemental / P. Ricard
Le biomimétisme: s'inspirer de la nature pour innover durablement

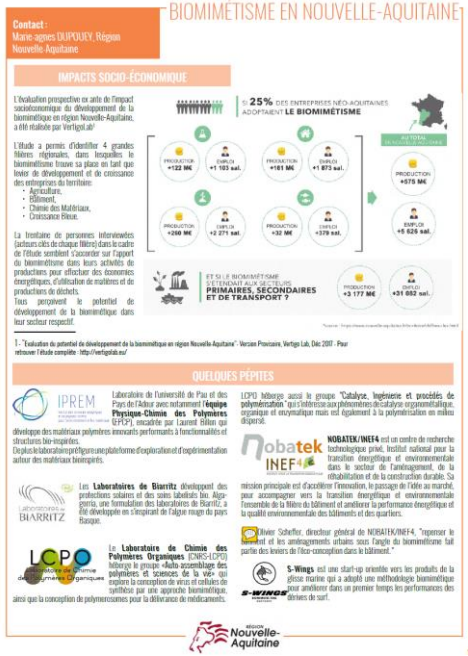
2017 Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
E. Delannoy
La biodiversité: une opportunité pour le développement économique et la création d'emploi

2017 Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation / CEEBIOS
SIRIES – Biomimétisme Horizon 2030

2018 Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
Une stratégie bioéconomie pour la France – Plan d'action 2018-2020

Etude à publier en juillet 2018





MISSIONS

FEDERER
Réseau

ACCOMPAGNER
Projets

DEVELOPPER
Formation

DEVELOPPER
Outils

DEVELOPPER
Plateforme

COMMUNIQUER
Expliquer

Conseil Scientifique

G. Boeuf

J. Livage

C. Grison

P. Grandcolas

Y. Bréchet

C. Goupil

T. Weil

C. Egles

S. Berthier

L. Billon

S. Viollet

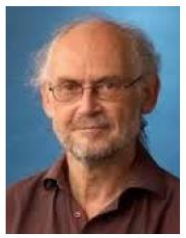
J. Casas

M. Réglier

V. Artero

F. Guittard

N. Rowe


J. Vincent

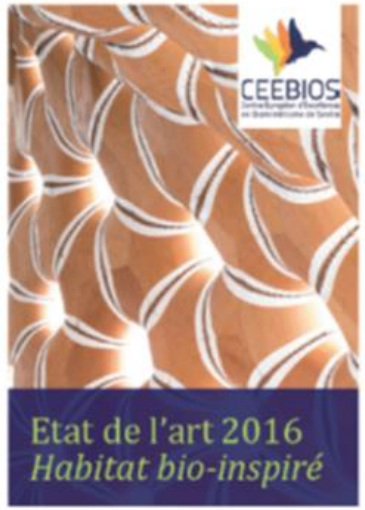
T. Speck

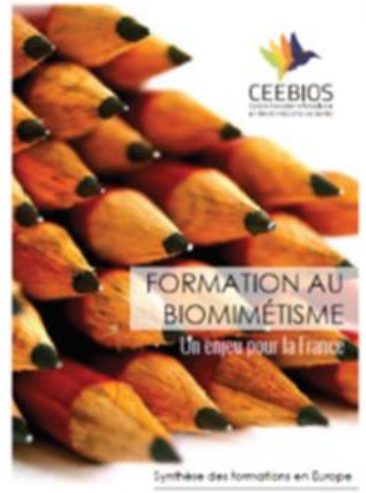
A. Studart

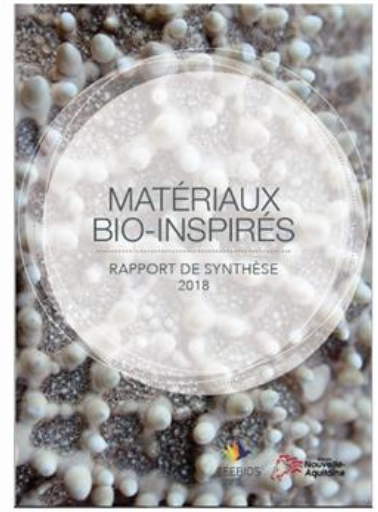
M. Desmulliez

Principaux adhérents et partenaires 2019

TRAVAUX ET PUBLICATIONS







Diffusion, communication

MERCI !

Kalina.raskin@ceebios.com

CEEBIOS
Centre Européen d'Excellence
en Biomimétisme de Senlis