



CEEBIOS
Centre Européen d'Excellence
en Biomimétisme de Senlis



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

BIOMIMÉTISME EN FRANCE

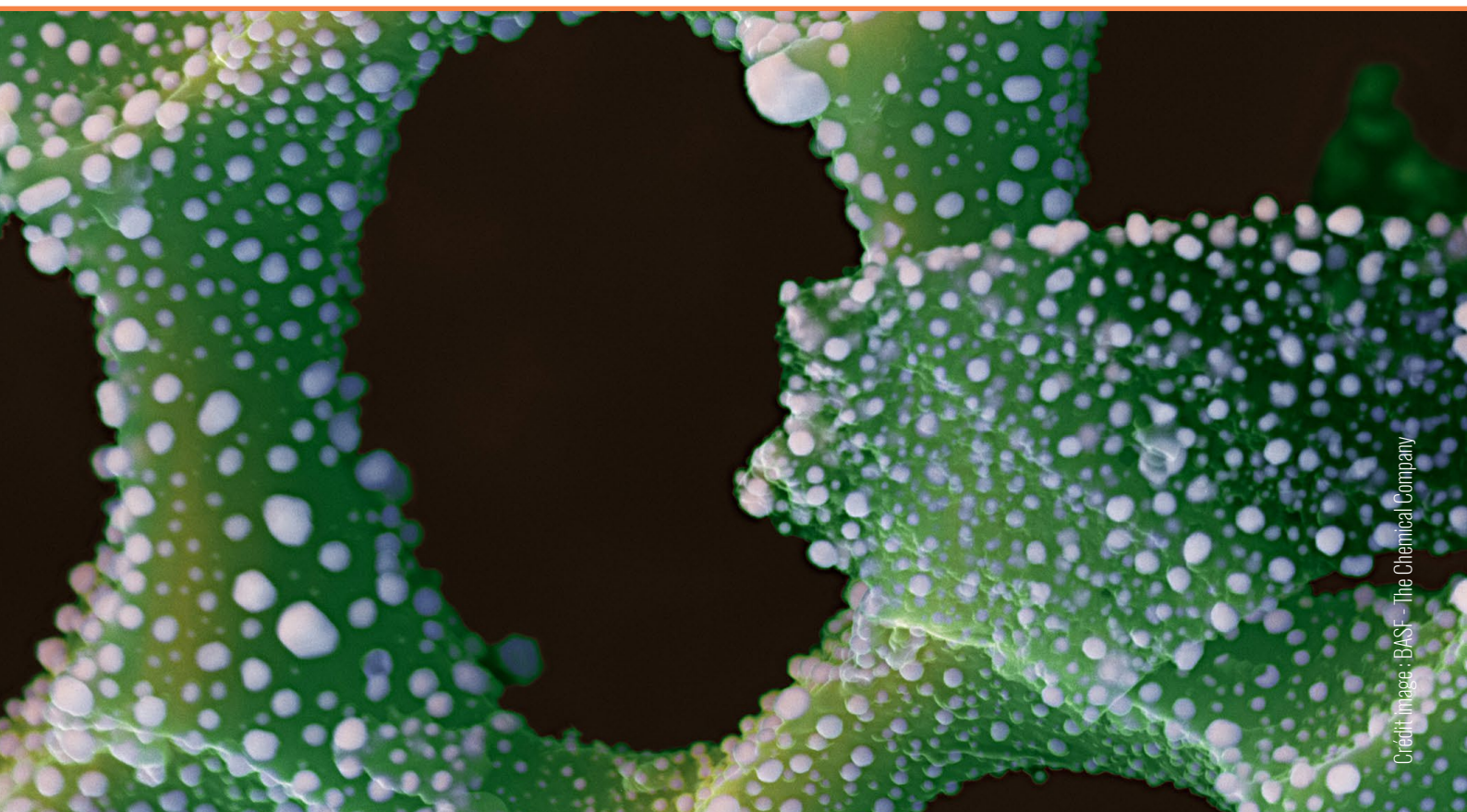
Un état des lieux

Juillet 2018



« Cette démarche n'est pas du tout une nouvelle science ou une nouvelle discipline mais plutôt une méthodologie ou mieux une approche transversale, voire une « philosophie », applicable dans nombre de domaines scientifiques et techniques et susceptible d'apporter des « réponses » aux questions techniques ou organisationnelles que l'on se pose aujourd'hui, pour ou hors du vivant »

- Gilles Boeuf . Biologiste, océanographe, professeur, Sorbonne Université (UPMC), Président du Conseil Scientifique de l'Agence Française pour la Biodiversité, premier Président du CEEBIOS -



I. BIOMIMÉTISME EN BREF

« Le biomimétisme est une démarche qui consiste à aller chercher [son] inspiration, pour une innovation durable, dans la nature, où l'on trouve des stratégies à la fois performantes (...) et résilientes pour synthétiser et dégrader des matériaux, se fixer ou se déplacer, stocker ou distribuer l'énergie, traiter l'information, organiser les réseaux et les échanges, et bien d'autres choses encore »

Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020

Cité en France dès 2007 comme l'outil de la prochaine révolution industrielle*, le biomimétisme associe innovation et responsabilité sociétale en tirant parti des technologies et systèmes naturels, sélectionnés par 3.8 milliards d'années d'évolution, pour créer de nouveaux produits, services et modèles d'organisation durables.

Les réponses évolutives développées par les systèmes vivants intègrent par construction les multiples limites inhérentes à leur environnement naturel dans une perspective de survie sur le long terme : exploitation de sources d'énergies renouvelables (principalement d'origine solaire), utilisation majoritaire d'éléments atomiques abondants, réaction dans des conditions de température et de pression modérées, recyclage du carbone renouvelable (issu du dioxyde de carbone atmosphérique notamment), biodégradabilité et biocompatibilité des produits, gestion de l'information à coût énergétique et consommation de ressources maîtrisés, etc.

Ce sont aussi ces multiples limites - trop souvent oubliées par l'homme - que la démarche biomimétique a vocation implicitement à réintégrer dans le processus de création d'idées et le déploiement d'innovations plus soutenables.

« Parce qu'on exploite respectueusement ce que l'on connaît de manière intime. Parce que le biomimétisme montre que nous avons beaucoup à apprendre de la mer. Parce que la mesure, l'observation, l'évaluation de la faune et de la flore marines seront à la fois notre boussole et notre baromètre ».

- Edouard Philippe, Premier Ministre, Assises de l'Economie de la Mer Le Havre – Mardi 21 novembre 2017 -

« Parce que la nature doit travailler à des températures assez basses, elle est limitée aux matériaux organiques ou relevant de la chimie des solutions. La fascinante variété des matériaux naturels vient de la variété des architectures hiérarchiques naturelles que l'on peut observer dans le bois, les os, les coquillages. Inversement l'ingénieur a accès à une grande variété de matériaux constitutifs, mais est à ce jour assez peu inventif sur les architectures. L'association des deux stratégies, base du biomimétisme structural, peut s'avérer une source de très grandes innovations ».

- Yves Bréchet, Membre de l'Académie des Sciences, Haut-Commissaire à l'énergie Atomique, professeur des universités à l'Institut polytechnique de Grenoble, chercheur au laboratoire « Science et ingénierie des matériaux et des procédés » (SIMaP) de Grenoble. Leçon du Collège de France, 2013. -

« On est très loin de la complexité du vivant, il faut beaucoup d'humilité, on est dans un rapport comparable à un dessin d'enfant par rapport à la Madone de Léonard De Vinci »

- Pierre-Gilles de Gennes, 2000 -

UNE DÉFINITION NORMÉE POUR LE BIOMIMÉTISME

La bio-inspiration

Approche créative basée sur l'observation des systèmes biologiques

La 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 et du transfert et de l'application de ces modèles à la solution.

Le biomimétisme

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

Source : ISO 18458

* Rapport sur les apports de la science et de la technologie au développement durable - Tome II : La biodiversité : l'autre choc ? L'autre chance ? - LAFFITTE Pierre, SAUNIER Claude - Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, FRANCE.

LE BIOMIMÉTISME UN OUTIL POUR :

- La valorisation du carbone renouvelable
- La catalyse chimique soutenable à des fins industrielles
- La conversion et le stockage des énergies solaire, éolienne ou hydrolienne
- L'assemblage ou la synthèse écologique de matières pour la fabrication de matériaux aux propriétés fonctionnelles et performances environnementales élevées
- Le développement d'outils de traitement ou de gestion de l'information économes en énergie
- Des pratiques agronomiques respectueuses de l'environnement inspirées du fonctionnement des écosystèmes

OPPORTUNITÉS BIOLOGIQUES POUR L'INNOVATION



Matériaux

- Hierarchisés
- 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



Information

- Stockage moléculaire
- Transmission (chimique, électrique...)
- Agrégation
- Analyse
- Intelligence collective
exp : algorithmes inspirés des essaims, des réseaux de neurones, morphogénétiques
- Capteurs, Senseurs
exp : MEMS



Energie

- Energie solaire
- Séquestration du CO₂ atmosphérique
- Optimisation de la consommation selon les saisons, conditions locales et moment de la journée
- Sources diversifiées pour s'adapter aux conditions changeantes – décentralisation énergétique



Eau

- 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



Chimie verte

- 4 éléments abondants et majeurs (C,O,H,N)
- Energie solaire
- T et P modérées
- Solution aqueuse
- Recyclage métabolique
- Catalyse enzymatique
- Molécules biodégradables
- Molécules biocompatibles
- Pas de toxicité à long terme

Procédés

Systemes

Les interactions au sein des écosystèmes naturels s'appuient sur des cycles fermés, des boucles de rétroaction, des redondances, des sous-systèmes auto-adaptatifs et la variabilité. Ils sont la clé de leur performance, en termes de production de biomasse, de gestion des ressources et de résilience. Les principes de l'économie circulaire définis par l'ADEME :

1. L'utilisation modérée et la plus efficace possible des ressources non renouvelables
2. L'exploitation des ressources renouvelables respectueuse de leurs conditions de renouvellement
3. L'éco-conception et la production propre
4. Une consommation respectueuse de l'environnement
5. La valorisation des déchets en tant que ressources
6. Le traitement des déchets sans nuisance.

...convergent vers le fonctionnement des écosystèmes naturels. Le biomimétisme peut être ainsi un pilier majeur de l'économie circulaire.

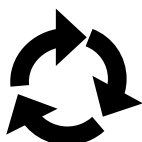
Les stratégies bio-inspirées appliquées à la construction des villes durables visent à repenser la ville comme un écosystème qui devrait fournir, a minima, les mêmes niveaux de performance écologique que l'écosystème natif.

Dans cette nouvelle perspective de développement urbain, les bâtiments et autres structures artificielles seraient localement adaptées et fonctionneraient comme des organismes ou des écosystèmes naturels, assurant l'accueil de la biodiversité, la capture, la purification et le stockage des eaux de pluie, la conversion de la lumière du soleil en énergie utilisable et celle du dioxyde de carbone en oxygène, la protection des sols contre l'érosion, l'élimination des déchets...

Six principes* définissent l'approche agricole écomimétique :

- utiliser les caractères fonctionnels complémentaires pour la productivité et la résilience,
- maintenir la fertilité des sols à travers la canopée,
- encourager la coopération entre les plantes avec des fonctions différentes,
- contenir les infestations de ravageurs à travers les niveaux / réseaux trophiques complexes,
- utiliser les propriétés des plantes et des alternatives biologiques pour la lutte antiparasitaire,
- reproduire la succession écologique après une perturbation.

* Selon Eric Malézieux, propos adaptés du rapport du CGDD *Etude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France*, H. Durand, 2012



Economie circulaire



Ville régénérative



Agroécologie

SECTEURS INDUSTRIELS IMPACTÉS

Information & Communication

BioMASON

Velcro

Mercedes Bionic

Shinkansen

EEL Energy

ITKE

BioMatrica

Transport

Gecko Biomedical

Chimie

Énergie

Concept Vision Michelin

Santé & biomédical

Wavera

Seaboost



Croissance bleue

Cosmétique

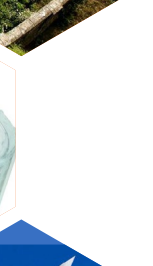
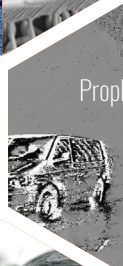
Coloration structurale

Economie Circulaire

XTU Achitects

Agroalimentaire

La Ferme du Bec Hellouin



PropheSee

Bâtiment

Ecovative

Nanopass 33

EXOneo

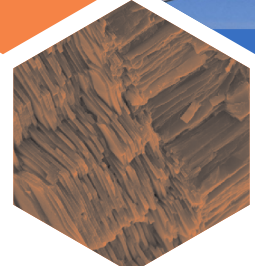
Matériaux avancés

Ecotone - Réinventons Paris Grand Métropole

Aéronautique et spatial

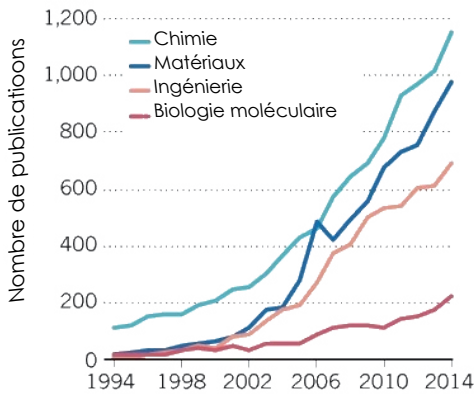
Airbus

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



CONTEXTE INTERNATIONAL

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT



Tendances des publications en biomimétique
Obtenue avec les termes biomim* et bioinspir*

Source : Interdisciplinarity: Bring biologists into biomimetics. Emilie Snell-Rood. Nature-Comment. 19 Janvier 2016.

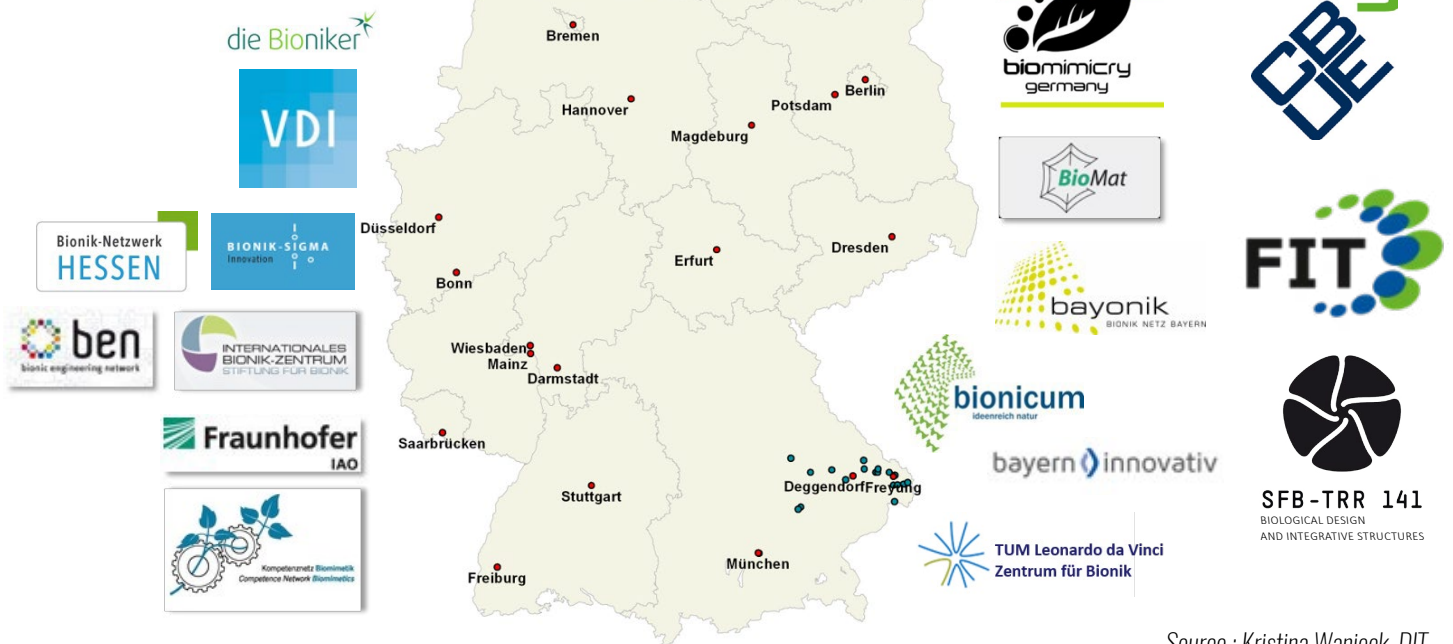
L'Allemagne est en tête de la recherche biomimétique en réseau. Il existe plus de 100 structures de recherche publique allemande en R&D impliquées dans les activités de biomimétique, deux grands réseaux de recherche institutionnels, BIOKON et KompetenznetzBiomimetik (KN), parmi les plus importants au monde dans le domaine. Par ailleurs en 15 ans, sous leur impulsion, dix réseaux territoriaux spécialisés se sont développés. L'État allemand accompagne la création de ces réseaux et de centres d'excellence dans le domaine des matériaux et structures bio-inspirés sans équivalent ailleurs (notamment B-CUBE, FIT, SFB TRR 141). Il y a investi plus de 120 millions d'euros depuis 2001.



En Grande-Bretagne, le Réseau NIM (Nature Inspired Manufacturing) amorcé par l'université Herriot Watt à Edimbourg, prend le relais du Réseau Biomimétique pour la durabilité industrielle (BIONIS).

L'agence nationale Suisse a lancé en 2015 son premier centre interuniversitaire (regroupant l'université de Fribourg, l'EPFL et ETH Zurich) dédié aux matériaux bio-inspirés, avec des investissements à hauteur de 26 millions d'euros.

RÉSEAUX ALLEMANDS



Source : Kristina Wanieck, DIT

FORMATION AU BIOMIMÉTISME

La formation reste un enjeu majeur pour systématiser le recours au biomimétisme comme démarche d'innovation responsable chez les prochaines générations :

- sensibilisation à la biodiversité dès le plus jeune âge,
- appropriation de la démarche biomimétique dès les premiers enseignements scientifiques,
- intégration du biomimétisme dans les programmes universitaires pour chaque filière.

L'Allemagne compte à elle seule plus d'une quinzaine de formations diplômantes (licences et master) sur les **25 dédiées à la thématique** répertoriées en Europe*.

Toutes ces formations sont principalement destinées aux ingénieurs. Le concept de biomimétisme mériterait cependant d'être intégré à un plus large panel de domaines tels que la philosophie, les sciences sociales, le législatif, l'urbanisme, la chimie, l'agriculture, ...

Transdisciplinaire, cette démarche nécessite aussi d'être introduite aux écologues, biologistes et autres experts du vivant pour qu'ils prennent conscience des potentiels transferts de leurs connaissances à d'autres domaines d'applications.

De nombreux établissements en Europe se sont saisis de cette nouvelle approche pour **structurer**

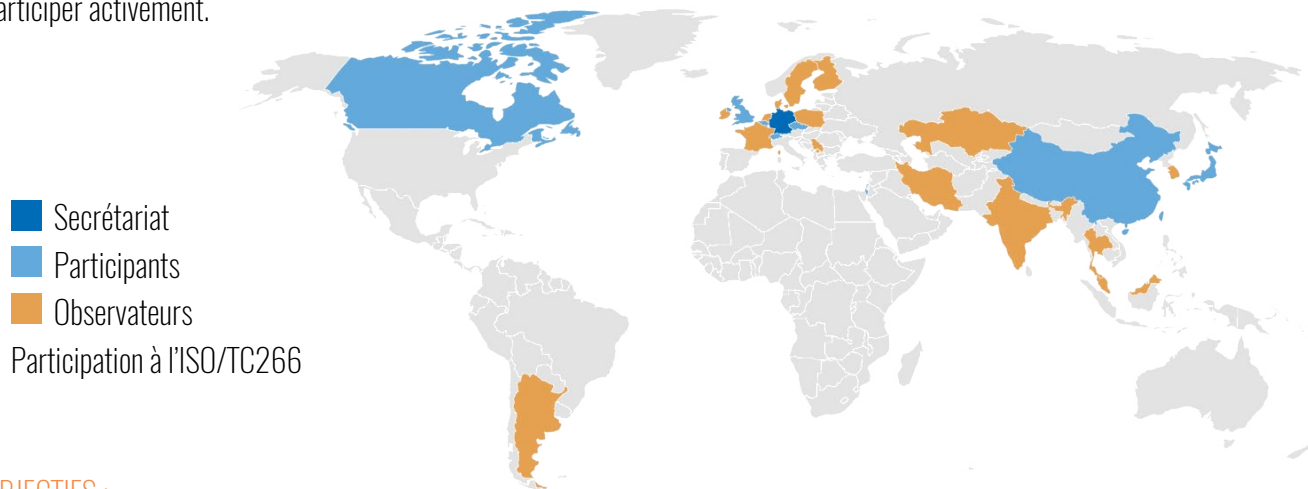
leurs laboratoires et leurs enseignements de manière transdisciplinaire. Apparaissent ainsi des écosystèmes réunissant étudiants, chercheurs et partenaires industriels autour de projets à forts potentiels innovants.

En France, de nombreux enseignants du supérieur se mobilisent autour de ce sujet et quelques établissements ont déjà ouvert des modules dédiés à la thématique (tels que l'X, SupBiotech, l'ENSCI les Ateliers, l'Université de Brest Orient, les Mines de Nancy, l'Université de Tours ou l'UTC).

* Synthèse des formations en Europe, nov 2017, CEEBIOS

LE CONTEXTE NORMATIF

Sous l'impulsion de l'Institut allemand de normalisation (DIN) en mai 2011, l'Organisation internationale de Normalisation (ISO) a lancé une consultation internationale pour constituer le comité technique 266 Biomimetics, auquel 9 états membres de l'ISO ont souhaité participer activement.



OBJECTIFS :

- permettre « la dissémination des principes bioniques pour l'efficacité énergétique, le développement technique durable et la préservation des ressources » ;
- « rendre le travail interdisciplinaire possible ». En effet, « si la connaissance du vivant a largement progressé, la combinaison de ces connaissances biologiques avec les techniques nouvelles de simulation et production de matériaux est encore exceptionnelle surtout en raison d'un manque de communication entre les scientifiques de différentes spécialités » ;
- « permettre une traduction efficace des résultats de recherche en produits techniques tout au long de la chaîne de valeur à travers une collaboration étroite des biologistes, ingénieurs, et experts d'autres disciplines ».

Depuis, **3 normes** ont été rédigées par le comité ISO/TC 266, Biomimétique

Date: 2015-01-26
ISO 18458:2015(F)
ISO/TC 266/SC /GT 1
Secrétariat: DIN

Biomimétique — Terminologie, concepts et méthodologie

Fournit un cadre pour la terminologie concernant la biomimétique à des fins scientifiques, industrielles et éducatives.

Elle classe et définit le domaine de la biomimétique, décrit de nombreux termes ainsi que le processus d'application des méthodes biomimétiques au produit biomimétique à partir d'idées nouvelles. Les limites et le potentiel de la biomimétique en tant qu'approche pour l'innovation ou en tant que stratégie de développement durable sont également illustrés.

Date: 2016-06-03
ISO/FDIS 18457
Secrétariat: DIN

Biomimétisme — Matériaux, structures et composants biomimétiques

Fournit un cadre de techniques biomimétiques pour le développement des matériaux, des structures, des surfaces, des composants et des technologies de fabrication.

Spécifie les principes des systèmes biologiques, et en particulier la performance des matériaux biologiques, des structures, des surfaces, des composants et des technologies de fabrication.

Date: 2014-12-18
ISO 18459:2014(F)
ISO/TC 266/GT 3
Secrétariat: DIN

Biomimétisme — Optimisation biomimétique

Spécifie les fonctions et domaines d'application d'outils informatiques, fondés sur des méthodes d'optimisation biomimétique, pour des problèmes structuraux.

Ces méthodes ont pour objectif une application optimale dans le domaine des matériaux pour une réduction du poids ou une amélioration de la capacité et de la durée de vie des composants.

Ainsi qu'une **norme expérimentale** AFNOR

XP X42-502

Date: 2017-03-08

Biomimétisme - Intégration de la biomimétique dans les démarches d'éco-conception

Fournit des lignes directrices pour tout type d'entreprise, quelle que soit sa taille, et en particulier les TPE et les PME qui souhaitent initier une démarche d'éco-conception par la biomimétique.

La biomimétique ne conduisant pas de manière systématique à des solutions durables, une innovation bio-inspirée visant la durabilité doit intégrer toutes les dimensions d'une biomimétique éco-responsable: conception, production, utilisation et fin de vie des produits employant de l'énergie et des ressources matérielles renouvelables, sans produits toxiques persistants, dans un réseau de relations équilibrées avec d'autres systèmes (cycle de vie). On parlera alors de biomimétisme (réf NF ISO 18458).

Une bonne compréhension des principes de conception biologiques dans leur globalité est la base de l'éco-conception par la biomimétique.

II. OPPORTUNITÉ FRANÇAISE

LA BIODIVERSITÉ, UN ATOUT MAJEUR

La France possède un patrimoine naturel exceptionnel : avec la métropole et les territoires outre-mer, elle est présente sur deux continents et dans tous les océans, sauf l'Arctique. C'est le **2^e espace maritime du monde** avec plus de 10 millions de km² sous sa juridiction.

Outre-mer, la majorité des territoires français (Nouvelle-Calédonie, La Réunion, Mayotte, Guadeloupe, Martinique, Polynésie et Wallis-et-Futuna) sont situés dans les régions du monde parmi les plus riches en biodiversité. Quant à la Guyane, elle est au cœur de l'un des derniers grands massifs forestiers de la planète, l'Amazonie.

On estime par ailleurs que les territoires français hébergent près de **10 % des espèces connues** au niveau mondial.*

* Cette estimation tient compte du dernier recensement opéré par le Muséum national d'histoire naturelle, accessible via le référentiel taxonomique national ou TAXREF.

« Beaucoup de procédés industriels que nous mettons en oeuvre sont dispendieux en matières premières, coûteux en énergie et insuffisamment sélectifs. À l'opposé de ces procédés industriels physicochimiques, l'évolution a produit des solutions biologiques, beaucoup plus sophistiquées que les artefacts humains pour répondre aux pressions de sélection. Cette « mémoire de réussite » que constitue la biodiversité du vivant doit conduire à une montée de l'industrie basée sur la biologie et la biotechnologie qui jointe à la montée des nanotechnologies, sera un des ressorts de la prochaine révolution industrielle. »

Rapport n° 131 (2007-2008) de MM. Pierre LAFFITTE et Claude SAUNIER, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, déposé le 12 décembre 2007.

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

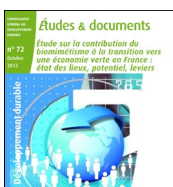
- au moins 50 % des mammifères marins ;
- 20 % des échinodermes et des cnidaires (coraux, méduses,...) ;
- 25 % des oiseaux ;
- 20 % des poissons marins et d'eau douce ;
- plus de 10 % des mammifères terrestres ;
- 7 % des insectes connus au niveau mondial. Les insectes représentent la moitié de la faune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

Les collections du Muséum national d'Histoire naturelle sont les plus riches du monde, avec celles du Museum de Londres et de la Smithsonian institution de Washington. On estime à environ **68 millions de spécimens** l'ensemble des objets des collections du Muséum à la disposition des chercheurs, qui pourraient à l'avenir servir d'inspiration aux ingénieurs.

LA PRISE EN COMPTE INSTITUTIONNELLE



2007 Sénat, Le biomimétisme - outil de la prochaine révolution industrielle, Les apports de la science et de la technologie au développement durable, P. Laffite & C. Saunier



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



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



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



2016 Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages



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



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

COMPÉTENCES ACADÉMIQUES

Figure 1 . Répartition thématique des compétences académiques

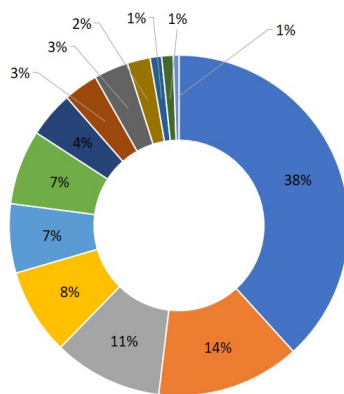
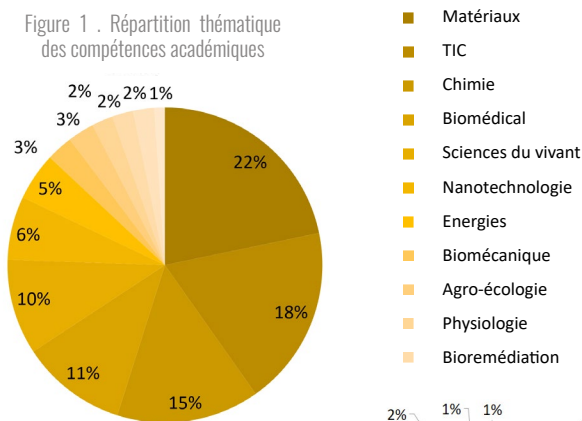


Figure 2 . Répartition des compétences académiques dans les territoires français

ÉVÉNEMENTS MAJEURS

- Dec 2012 ● **Colloque « Recherches bio-inspirées. Une opportunité pour la transition écologique ? »** - Paris
Organisé par le Ministère en charge du développement durable (Direction de la recherche et de l'innovation du Commissariat général au développement durable) et le Muséum National d'Histoire Naturelle
- Oct 2012 ● **1st International Conference on Bioinspired and Biobased Chemistry & Materials** - Nice
Organisé par le laboratoire N.I.C.E. (Nature Inspires Creativity Engineers)
- Juil 2013 ● **International Conference on Bioinorganic Chemistry (ICBIC16)** - Grenoble
Organisé par le CEA de Grenoble
- Mars 2014 ● **Colloque sur le biomimétisme** - Maison de la chimie
Organisé par NewCorp Conseil
- Oct 2014 ● **2nd International Conference on Bioinspired and Biobased Chemistry & Materials** - Nice
- Nov 2015 ● **Colloque « Biomimétisme et chimie durable »** - Maison de la Chimie
Organisé par le Labex Arcane et le Commissariat général au développement durable
- Dec 2015 ● **Colloque Recherches Bio-Inspirées**
Organisé par le Muséum National d'Histoire Naturelle, en partenariat avec le CEEBIOS et le Ministère en charge du développement durable (Direction de la recherche et de l'innovation du Commissariat général au développement durable)
- Sept 2015 ● **Congrès Internationaux de l'Institut des Métaux en Biologie** - Grenoble
Chemistry & Biology of Iron-Sulfur Clusters

- Juin 2016 ● **Biomim'Expo – 1ère édition – Senlis**
Organisé par NewCorp Conseil
- Oct 2016 ● **3th International Conference on Bioinspired and Biobased Chemistry & Materials** – Nice
- Juin 2017 ● **Biomim'Expo - 2ème édition – Senlis**
Organisé par NewCorp Conseil
- Sept 2017 ● **Congrès Internationaux de l'Institut des Métaux en Biologie - Grenoble**
Metallic nanoparticles: health, environment, applications and safer-by-design
- Juin-Déc 2017 ● **Concours recherche et innovation - « Biomimétisme - Inspiration du futur »** - 1ère édition - Lille
Organisé par l'Université de Lille, le CEEBIOS, Matikem et UP-tex
- 21-24 Mai 2018 ● **CuBICS - The Copper Bioinorganic Chemistry Symposium** - Marseille
Organisé par Aix-Marseille Université
- 17-20 Juil 2018 ● **Living Machines Conference - 7th International Conference on Biomimetic and Biohybrid Systems**
Paris à l'École Nationale Supérieure et au Muséum National d'Histoire Naturelle
- 6 Sept- 23 Oct 2018 ● **Biomim'Expo - 3ème édition - Thématique à l'honneur : Habitat, Villes & Territoires de demain** - Paris
- 14-17 Oct 2018 ● **4th International Conference on Bioinspired and Biobased Chemistry & Materials** - Nice

En France, plus de **175 équipes de recherche** ont été identifiées sur le sujet du biomimétisme.* Plus d'une centaine d'entreprises, aussi bien des grands groupes que des PME, font appel à cette démarche, quel que soit leur secteur d'activité : énergie, construction, matériaux, cosmétiques...

La recherche en biomimétisme est nécessairement polymorphe, aux frontières disciplinaires, et nécessite des collaborations originales. Si de nombreux laboratoires y contribuent, ce positionnement n'atteint pas encore l'échelle institutionnelle.

En France, les outils GDR (Groupement de Recherche) et RTP (Réseau Thématique Pluridisciplinaire) du CNRS sont les supports principaux des initiatives structurantes autour des thématiques telles que la chimie bio-inspirée (French-BIC), la photosynthèse artificielle (Solar Fuels), la mécanique des matériaux biologiques (CellTiss, PhyP), les microtechnologies inspirées des insectes ...

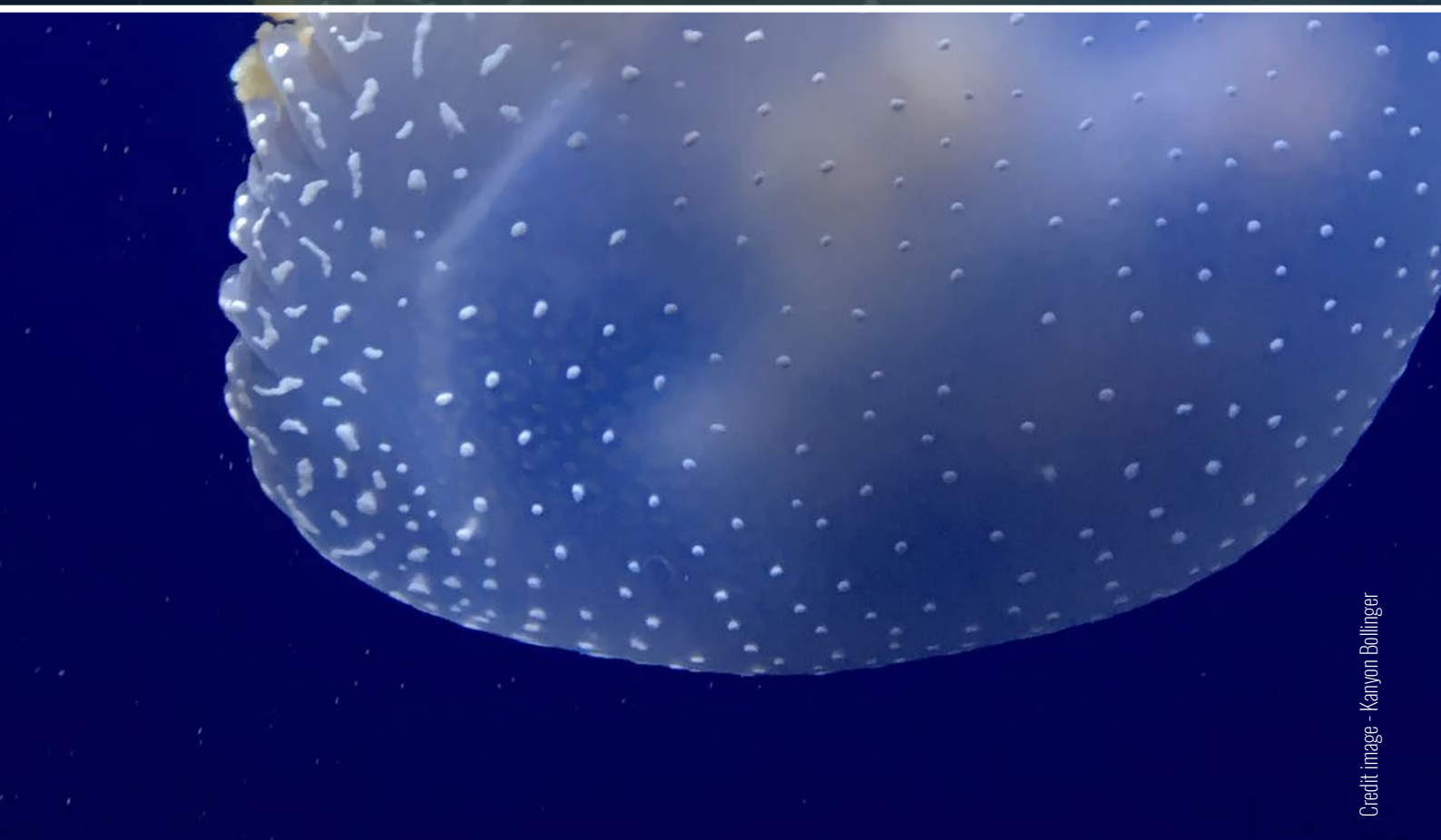
Dans les appels à projets, cette pluridisciplinarité est encore difficile à gérer notamment dans les CES (Comités d'Evaluation Scientifique) de l'ANR (Agence Nationale pour la Recherche) qui ne présentent pas une structuration suffisamment transversale. Au CNRS, la Mission pour l'Interdisciplinarité présente des dispositifs non spécifiques au biomimétisme mais prometteurs pour son essor : Osez l'Interdisciplinarité !, défi Mécanobiologie, ...

*Équipes dont les travaux de recherche transdisciplinaires portent explicitement sur la compréhension et la transposition de phénomènes biologiques à d'autres disciplines.



[...] 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.

CESE, Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement, 2015
- Patricia Ricard -



III. CEEBIOS

UN RÉSEAU NATIONAL DE COMPÉTENCES EN BIOMIMÉTISME

Créé en 2014, le CEEBIOS* répond aux recommandations émises pour la structuration et la mise en œuvre d'une feuille de route nationale du biomimétisme. Par son rôle de réseau, d'interface et d'accompagnement de projets de R&D innovants, le CEEBIOS vise à catalyser la richesse des compétences nationales du monde académique, de l'enseignement et de la R&D industrielle. Fondé notamment par trois pôles de compétitivité (MATIKEM, Uptex et

IAR), l'association CEEBIOS fédère un nombre croissant de grandes entreprises françaises telles qu'lcade, Air Liquide, Eiffage, Renault, L'Oréal, LVMH, RTE, Robot Dutilleul, Corning, Engie, Arcelor Mittal, Decathlon, Mäder, Vicat, Saint-Gobain ainsi que de nombreuses PME.

MISSIONS



Fédérer le réseau de compétences en biomimétisme



Accompagner les projets innovants



Contribuer à la formation



Développer les outils méthodologiques et de gestion de la donnée

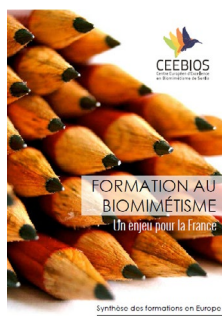
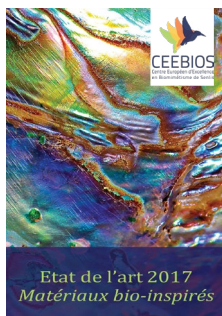
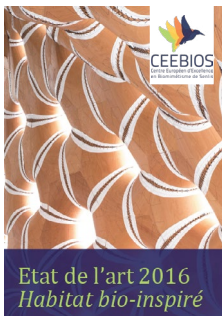


Contribuer au développement de plateformes et démonstrateurs



Communiquer influencer

TRAVAUX ET PUBLICATIONS



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

* Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis, <http://ceebios.com/>



IV. ENGAGEMENT DU MINISTÈRE DE LA TRANSITION, ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE EN FAVEUR DU BIOMIMÉTISME

Depuis l'étude pionnière « Étude de la contribution du biomimétisme pour une économie verte en France » en 2012, le ministère en charge du développement durable promeut la démarche biomimétique en recherche-développement sous diverses formes :

- Il organise et **soutient des colloques scientifiques** et des manifestations grand public – notamment au MNHN en 2012 et 2015, à la Maison de la chimie en 2015, à Senlis pour Biomim'expo depuis 2016.
- Il soutient les activités de **coordination recherche-industrie** du Ceebios, telles que cet état des lieux national et la constitution d'un groupement de recherche sur les matériaux bio-inspirés.
- Il apporte un concours financier à, et valorise, des travaux de doctorat.
- Il a participé à, et soutenu, des **travaux de normalisation internationale** sur la biomimétique dans le cadre de l'ISO TC 266. En 2017, aux côtés du CEEBIOS, le ministère soutient l'élaboration d'une norme française expérimentale qui rapproche biomimétisme et éco-conception*, afin de garder les questions de développement durable au cœur de l'approche bio-inspirée.
- Il contribue à, et finance, des **études à caractère scientifique ou stratégique** (états de l'art, feuilles de route, travaux prospectifs...) – rapport du CGDD en 2012, rapport Delannoy – « La biodiversité, une opportunité pour le développement économique et la création d'emplois » 2017.
- Il **contribue à la visibilité** de certaines recherches – notamment via le programme Nature=Futur ! et leur mise en avant lors des COP21 et 22.

Le biomimétisme a été identifié comme susceptible de répondre à au moins 9 des 17 objectifs du développement durable, objectifs mondiaux définis par l'ONU.

6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT



7 ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE



9 INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURE



11 VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES



12 CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES



13 CLIMATE ACTION



14 VIE AQUATIQUE



15 VIE TERRESTRE



17 PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS



* Norme XP X42-502.

V. ENJEUX LIÉS AU DÉVELOPPEMENT DU BIOMIMÉTISME À L'ÉCHELLE NATIONALE

FORMATION

Le développement de **parcours de formations** :

- Insertion du biomimétisme dans le paysage éducatif très tôt avec l'observation de la nature à l'école.
- Préparation de cursus de formation d'excellence à tous les niveaux (licences, masters, chaires).
- Mise en place de modules de formation adaptés à chaque type de filières : par discipline scientifique, par secteur d'activité ou par corps de métiers (recherche ou industrie).
- Développement de parcours qualifiants mais surtout diplômants.



RECHERCHE

Des **actions structurantes autour des acteurs académiques** :

- Cartographie exhaustive des compétences nationales.
- Constitution d'un conseil stratégique d'orientation composé d'experts de la recherche bio-inspirée.
- Définition de groupes de travail prioritaires et d'axes de recherche stratégiques en recherche fondamentale et appliquée.
- Mise en place de programmes de subventions, de bourses et de prix scientifiques dédiés.
- Productions de supports et événements de communication visant à valoriser à l'échelle nationale et internationale l'excellence française dans ce domaine.



INDUSTRIE


Connecter et soutenir les universités et l'industrie par le biais de réseaux locaux et de projets bilatéraux de R&D.

Des réflexions autour des **outils et méthodologies transverses** :

- Question du transfert de connaissances biologiques vers le monde industriel.
- Structuration et accessibilité des bases de données liées à la biodiversité.
- Développement d'outils d'aide à la conception innovante.
- Approfondissement du travail sur la normalisation de la démarche bio-inspirée.



Depuis 2017, le ministère de la Transition Écologique et Solidaire soutient et encourage les actions liées à la mise en œuvre de la bio-inspiration par une mission de coordination interrégionale, portée par le CEEBIOS. L'objectif est d'accompagner les régions à identifier les opportunités du biomimétisme selon les compétences territoriales industrielles et académiques.



Outre les autres enjeux de la biodiversité, il y a là de formidables gisements d'innovation pour les entreprises, les réseaux d'infrastructures, l'aménagement du territoire et l'agriculture.

Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable, 2015-2020

OBJECTIFS DE L'ACTION INTERRÉGIONALE

- Informer sur le biomimétisme comme levier d'innovation, et sur le contexte national et international.
- Préciser les spécificités régionales :
 - orientations politiques en termes de recherche et d'innovation ;
 - priorités en faveur de l'économie verte ;
 - structuration du réseau de l'innovation ;
 - compétences académiques ;
 - orientations en faveur de la biodiversité, de l'atténuation du changement climatique ou de son adaptation.
- Partager les retours d'expériences des régions déjà engagées dans la démarche.
- Coordonner, le cas échéant, les initiatives de soutien ou de promotion de la démarche.
- Co-construire une feuille de route pour un développement efficace et concerté de la recherche-développement bio-inspirée sur le territoire national.

Le but est ainsi de **faciliter l'appropriation régionale de la démarche et de sa mise en œuvre.**

Ce rapport espère offrir une vision synthétique des acteurs et initiatives dans quelques régions françaises. Il ne vise pas l'exhaustivité. Il peut ouvrir la voie à des travaux complémentaires de recensement plus détaillé sur chaque territoire.

Contact :

Kalina RASKIN, CEEBIOS
Gaëlle LERUSE, Région Hauts de France

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHÉ

La région Hauts de France est le berceau du CEEBIOS, dont elle soutient les activités :

- aide au fonctionnement ;
- soutien pour les candidatures à des projets européens ;
- soutien aux évènements tels que BiomimExpo.

Le CEEBIOS est co-fondé et administré par trois pôles de compétitivité implantés en région :

- MATIKEM, éco-matériaux ;
- UpTEX, textiles innovants ;
- IAR, industries agro ressources.

La démarche du CEEBIOS s'inscrit en effet en parfaite cohérence avec la stratégie régionale en faveur de la Troisième Révolution Industrielle Maritime et Agricole « TRIMA » (<http://rev3.fr/>).



Le projet s'inscrit également dans la charte du Parc Naturel régional Oise Pays de France, partenaire historique du projet.

La Ville de Senlis a acquis en 2014 l'ancien site militaire Ordener, dans l'objectif de développer un centre dédié à l'innovation bio-inspirée fédérant plateformes techniques, compétences académiques et industrielles. Plusieurs pôles thématiques sont en préfiguration sur le site senlisien, en écho aux groupes de travail engagés avec les partenaires et les membres adhérents.

Parmi les acteurs universitaires majeurs du territoire engagés dans la démarche, citons l'UTC (Université de Technologie de Compiègne), les universités Jules Verne à Amiens et l'université de Lille 1.

THÉMATIQUES MAJEURES



CHIMIE



MATÉRIAUX

L'université de Lille 1 a notamment lancé en 2017, en partenariat avec le CEEBIOS et les pôles MATIKEM et UpTEX, un concours R&D en biomimétisme.



Biomim'expo, le grand rassemblement annuel des acteurs et des parties prenantes du biomimétisme depuis 2016, est organisé par **NewCorp Conseil**, en partenariat avec notamment le CEEBIOS et la ville de Senlis.

Ce rendez-vous interdisciplinaire entre scientifiques, chercheurs, ingénieurs, politiques, entrepreneurs, financiers... entre grands groupes, startups, organismes publics, écoles, universités, centres de recherche ... décloisonne et invite à la collaboration.

QUELQUES ACTEURS

Université de Lille L'Université de Lille s'impose dans le paysage régional comme un acteur clé pour la réalisation de la recherche biomimétique. De nombreux laboratoires ont déjà adopté la démarche, notamment au sein de l'UFR de Chimie, tels que MSAP qui travaille sur le développement d'une batterie solaire mimant une feuille ; UMET (ISP) et IEMN qui ont élaboré des surfaces biomimétiques nanotexturées, inspirées des plantes carnivores Nepenthes ; ou encore UCCS qui développe des microfilms autoréparants. Le Centre Cristal s'intéresse quant à lui aux Architectures NeuroInspirées de Traitement de l'Information.



L'UTC est un acteur historique de la recherche en biomimétisme. Citons notamment le GEC (Génie Enzymatique et Cellulaire) ou BMBI (Biomécanique et Bio-ingénierie) sur des projets tels que la myco- ou bactério-remédiation des sols, ou le développement de prothèses aux propriétés inspirées des peaux humaines ou des vers à soie. En complément d'une dynamique récente impulsée par certains laboratoires pour progresser sur le sujet, l'UTC abrite un module de formation spécialement dédié au biomimétisme.



L'Université de Picardie Jules Verne héberge au sein du Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides (LRCS) des travaux en lien avec le stockage et la conversion biomimétique de l'énergie, tandis que le LG2A axe ses recherches sur la chimie biosourcée et bio-inspirée.



Antonio Molina, président de **Mäder** et du pôle de compétitivité de Matikem, siège au CA du CEEBIOS et soutient activement le développement du biomimétisme. Mäder applique notamment la démarche dans le développement de matériaux composites par manufacture additive.



EEL Energy est une start-up qui révolutionne l'hydrolien en captant l'énergie des courants à l'aide d'une membrane ondulante, à la manière des animaux marins.



Dans le but d'accélérer la conception de produits performants et éco-conçus, **DECATHLON** s'engage sur la voie du biomimétisme en proposant un accompagnement de la démarche auprès des équipes de conception.



NewCorp Conseil est un cabinet de conseil en stratégie et communication spécialisé sur les enjeux corporate, développement durable et biomimétisme. L'agence a participé à la création du Ceebios et à son développement, a développé des outils de veille et des supports pédagogiques sur les innovations bio-inspirées, et a pris l'initiative de créer l'évènement Biomim'expo.

ÉVÈNEMENTS



L'Université de Lille, le CEEBIOS, Matikem et UP-tex ont récompensé dans les locaux du LILLIAD Learning Center Innovation les lauréats de la première édition du concours recherche et innovation « Biomimétisme - Inspiration du futur » à destination des chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants, partenaires du privé et du public, de la région Hauts-de-France.



BIOMIMÉTISME EN NOUVELLE-AQUITAINE

Contact :

Marie-agnes DUPOUEY,
Région Nouvelle-Aquitaine

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHÉ

La Nouvelle Aquitaine se distingue à l'échelle nationale par son engagement dans les actions en faveur de la croissance verte et bleue, justifié par un patrimoine naturel d'une exceptionnelle richesse. Celui-ci s'appuie sur un tissu académique d'excellence et une mise en œuvre assurée par un vivier économique pionnier et dynamique.

En 2015, l'ancienne Région Aquitaine a initié, sous l'impulsion du Vice-Président à l'environnement Nicolas Thierry, et en synergie avec la démarche sur la Croissance Bleue, un travail sur le biomimétisme comme levier de développement et de croissance durable des entreprises régionales.

En novembre 2016, un partenariat avec le CEEBIOS (Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis) a été voté afin d'élargir la démarche à l'ensemble de la Nouvelle Aquitaine et poursuivre la dynamique engagée.



En outre, depuis 2016, la Ville de Biarritz et l'agglomération Pays Basque, sous l'impulsion du Maire Michel Veunac, souhaitent s'engager dans le développement d'un pôle de biomimétisme marin au Pays Basque.



Le 18 mars, à la Cité de l'Océan de Biarritz, s'est tenue une journée dédiée au biomimétisme. Organisé par la région Nouvelle-Aquitaine, la ville de Biarritz, le CEEBIOS et le projet Darwin, cet événement était la première rencontre d'une série de conférences et débats pour présenter et promouvoir le biomimétisme et ses applications sur le territoire néo-aquitain.



PUBLICATIONS ET ÉVÈNEMENTS



Les trois grandes phases du projet de développement du biomimétisme sur le territoire aquitain :

Phase 1 :

- Cartographie des acteurs en ex Région Aquitaine

Phase 2 :

- Déploiement et élargissement de la démarche à la Nouvelle-Aquitaine
- et étude du potentiel du biomimétisme comme levier de développement économique

Phase 3 :

- Implication des acteurs du territoire et animation
- Analyse d'opportunité pour engager une spécialisation territoriale de la Nouvelle-Aquitaine sur le biomimétisme marin
- Développement de la formation à destination de tous les publics
- Animation de groupes de travail sur les thématiques Habitat / bâtiments, Matériaux et Océan

Les phases 1 et 2, achevées, ont été conclues avec la rédaction de rapports disponibles sur le site de la région. Ces rapports présentent le recensement des acteurs et initiatives liés au biomimétisme sur le territoire et le potentiel de la démarche pour le développement économique des 4 filières thématiques retenues.

THÉMATIQUES PHARES



AGRICULTURE



CHIMIE/MATÉRIAUX



HABITAT/BÂTIMENT



CROISSANCE BLEUE

BIOMIMÉTISME EN NOUVELLE-AQUITAINE

Contact :

Marie-agnes DUPOUEY, Région Nouvelle-Aquitaine

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

L'évaluation prospective *ex ante* de l'impact socio-économique du développement de la biomimétique en région Nouvelle-Aquitaine, a été réalisée par VertigoLab[®].

L'étude a permis d'identifier 4 grandes filières régionales, dans lesquelles le biomimétisme trouve sa place en tant que levier de développement et de croissance des entreprises du territoire :

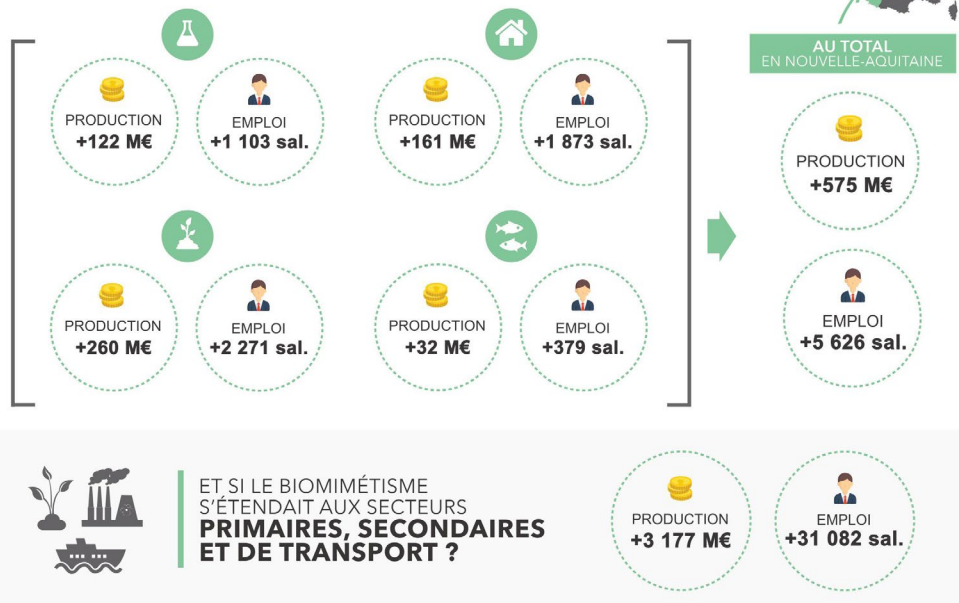
- agriculture,
- bâtiment,
- chimie des Matériaux,
- croissance Bleue.

La trentaine de personnes interviewées (acteurs clés de chaque filière) dans le cadre de l'étude semblent s'accorder sur l'apport du biomimétisme à leurs activités en matière de consommation énergétique, d'utilisation de matières et de production de déchets.

Tous perçoivent le potentiel de développement de la biomimétique dans leur secteur respectif.



SI **25%** DES ENTREPRISES NÉO-AQUITAINES ADOPTAIENT **LE BIOMIMÉTISME**



*source : <https://www.nouvelle-aquitaine.fr/territoire/chiffres-cles.html>

* « Évaluation du potentiel de développement de la biomimétique en région Nouvelle-Aquitaine » - Version Provisoire, Vertigo Lab, Déc 2017 - Pour retrouver l'étude complète : <http://vertigolab.eu/>

QUELQUES ACTEURS



Le laboratoire de l'université de Pau et des Pays de l'Adour comprend l'**équipe Physique-Chimie des Polymères (EPCP)** encadrée par Laurent Billon, qui

développe des matériaux polymères innovants performants à fonctionnalités et structures bio-inspirées.

De plus, le laboratoire préfigure une plateforme d'exploration et d'expérimentation autour des matériaux bioinspirés.



Le **Laboratoire de Chimie des Polymères Organiques (CNRS-LCPO)** héberge le groupe « Auto-assemblage des polymères et sciences de la vie » qui explore

la conception de virus et cellules de synthèse par une approche biomimétique, ainsi que la conception de polyerosomes pour la délivrance de médicaments.

LCPO héberge aussi le groupe « Catalyse, Ingénierie et procédés de polymérisation » qui s'intéresse aux phénomènes de catalyse organométallique, organique et enzymatique, ainsi qu'à la polymérisation en milieu dispersé.



NOBATEK/INEF4 est un centre de recherche technologique privé, Institut national pour la transition énergétique et environnementale dans le secteur de l'aménagement, de la réhabilitation

et de la construction durable. Sa mission principale est d'accélérer l'innovation, le passage de l'idée au marché, en accompagnant l'ensemble de la filière du bâtiment dans la transition énergétique et environnementale.

Pour Olivier Scheffer, directeur général de NOBATEK/INEF4, « repenser le bâtiment et les aménagements urbains sous l'angle du biomimétisme fait partie des leviers de l'éco-conception dans le bâtiment. »



Les **Laboratoires de Biarritz** développent des protections solaires et des soins labellisés bio. Algorria, une formulation des laboratoires de Biarritz, a été développée en s'inspirant de l'algue rouge du pays Basque.



S-Wings est une start-up orientée vers les produits de la glisse marine qui a adopté une méthodologie biomimétique pour améliorer, dans un premier temps, les performances des dérives de surf.



Vertigo Lab développe des argumentaires économiques pour la préservation de la biodiversité, en explicitant les valeurs économiques des services rendus par les écosystèmes. L'entreprise a récemment lancé un projet de R&D sur l'application du biomimétisme au développement territorial.

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

La Région Île de France accueille près de 40% des équipes de recherche nationales dans le domaine et la grande majorité des start-ups et PME sont franciliennes.

De 2012 à fin 2014, Paris Région Entreprises (anciennement le Centre Francilien de l'Innovation - CFI) a mené une action en faveur de la promotion du biomimétisme pour l'innovation responsable en Île de France.

Cette action a permis :

- d'identifier 48 PME et 32 laboratoires ayant adopté le biomimétisme dans leurs projets innovants ;
- de faire connaître (accompagnements collectifs ou individuels) la démarche à près de 350 PME et acteurs de l'innovation franciliens. Le concept de biomimétisme a été largement diffusé, en particulier dans le cadre du projet européen TRANSITION et à l'occasion d'ateliers sur les outils et méthodes de conception, pilotés à l'époque par le CFI ;
- d'intégrer le biomimétisme comme stratégie d'Innovation Responsable au sein des actions du projet Interreg KARIM pour l'année 2013 ;
- de développer et tester des outils méthodologiques permettant aux PME d'adopter le biomimétisme comme stratégie d'innovation.

Le Muséum National d'Histoire Naturelle est un atout majeur en terme d'expertises et de collections pour développer le biomimétisme.

PUBLICATIONS ET ÉVÈNEMENTS



Dans le cadre du projet Européen KARIM, l'agence Paris Région Entreprises a produit un guide à l'intention des entrepreneurs et des organismes de soutien à l'innovation pour mettre en œuvre le biomimétisme comme outil d'innovation responsable.

Ce guide est à la fois une introduction au concept et un guide pour considérer une telle approche comme une opportunité d'innovation responsable dans un projet.

Ce guide a servi notamment de base à l'élaboration de la norme expérimentale biomimétisme et éco-conception (cf. page 7).

L'Île de France accueille la grande majorité des événements autour du sujet, organisés régulièrement par une grande diversité d'acteur : universités, laboratoires de recherches, industriels, associations, mouvements citoyens...

Citons notamment la Biomim'Expo 2018, événement parrainé par la Maire Anne Hidalgo et accueilli le 6 sept. à l'Hôtel de Ville de Paris et le 23 oct. à la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette.

QUELQUES ACTEURS



Le **Muséum National d'Histoire Naturelle** est un établissement français de recherche et de diffusion de la culture scientifique naturaliste depuis 1793. Essentiel pour comprendre la biodiversité, il représente une opportunité incomparable pour le développement du biomimétisme en France. De nombreuses unités hébergent des activités en lien avec le biomimétisme (ISYEB, MECADEV, BOREA, MCAM).

UPMC **L'université Pierre-et-Marie-Curie (UPMC)** héberge plus d'une dizaine de laboratoires et projets aux approches biomimétiques : surfaces superhydrophobes, colorations structurales, système d'évitement d'obstacles, perception tactile, nanomécanique des films de soie, rétines artificielles et caméra biomimétique, robots autonomes, photosynthèse artificielle, nanomatériaux, auto-organisation, fibres de verre bio-inspirées...



L'**Institut des Nanosciences de Paris** et son équipe « Nanostructures et optique » travaillent sur les mécanismes de couplage de la lumière dans des matériaux nanométriques. Serge Berthier s'intéresse par exemple aux ailes du morpho et à ses propriétés thermiques.



Le laboratoire de recherche de **Chimie de la Matière Condensée de Paris**, de l'UPMC, et l'équipe de Clément Sanchez « Matériaux Hybrides et Nanomatériaux » développent une véritable ingénierie bio-inspirée permettant d'accéder à de nouvelles architectures multifonctionnelles (structures hiérarchiques) avec une parfaite maîtrise de la structure, de la texture et de la fonctionnalisation des matériaux formés aux différentes échelles.

GECKO BIOMEDICAL L'entreprise **Gecko Biomedical** développe une technologie innovante d'adhésifs chirurgicaux biomimétiques qui ouvre de nombreuses possibilités en chirurgie cardiaque et reconstruction vasculaire par voie mini-invasive. Cette technologie issue du MIT a permis une levée de fonds de 30,5 millions d'euros depuis 2013.

PROPHESÉE **Prophesee** développe une technologie unique, inspirée de l'oeil humain et auto-adaptative pour répondre aux besoins de détection et de traitement d'images dynamiques. Depuis sa création en 2014 (sous le nom historique de Chronocam), Prophesee a levé 40 millions de dollars.

Institut des Futurs Souhaitables L'**Institut des Futurs Souhaitables (IFS)**, organisme de formation prospective, a ouvert un pôle dédié au biomimétisme. En particulier, il propose une formation au biomimétisme depuis 2016 en collaboration avec le Muséum et le Ceebios.



BIOMIMÉTISME EN AUVERGNE RHÔNE ALPES

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

Le territoire régional Auvergne Rhône Alpes est parmi les plus remarquables à l'échelle nationale du point de vue de ses compétences académiques en biomimétisme.

Citons notamment :

- le centre CEA de Grenoble avec des actions de recherche en photosynthèse naturelle et artificielle ainsi qu'en chimie bio-inspirée (BIC - Bio-inspired chemistry) ;
- l'Université Grenoble Alpes, son Labex Arcane et son Institut Carnot PolyNat sur les matériaux et dispositifs bio-sourcés fonctionnels et innovants ;
- l'INSA Lyon et le regroupement de laboratoires BIG (bio-inspired group).

PUBLICATIONS ET THÉMATIQUES PHARES



Actes du colloque « Biomimétisme et chimie durable » de Nov 2015 - rapport publié en Avril 2017 « Quelles voies de recherches pour la catalyse de l'hydrogène et la valorisation du dioxyde de carbone ? »

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

En 2016, la Région Auvergne Rhône Alpes a initié une étude* sur le biomimétisme comme levier pour l'économie circulaire en partenariat avec l'Agence Auvergne - Rhône - Alpes Entreprises.



CHIMIE



MATÉRIAUX



ÉCONOMIE
CIRCULAIRE

QUELQUES ACTEURS 1/2



L'Institut de Biosciences et Biotechnologies de Grenoble (BIG) développe des approches multidisciplinaires dans le but de décrypter les mécanismes moléculaires qui sont mis en jeu par les

grands processus biologiques. Grâce aux plateformes de très haute technologie de l'institut et de son environnement, les architectures dynamiques qui composent le vivant sont étudiées, de l'échelle atomique jusqu'à l'organisme entier. Ces connaissances multi-échelles accompagnent le développement de nouveaux dispositifs bio-inspirés avec leurs partenaires académiques et industriels.



Chimie bio-inspirée et bio-ciblée | Le Labex **ARCANE** a pour objectif d'intégrer à la chimie les connaissances actuelles de biologie moléculaire pour concevoir de nouveaux systèmes bio-moléculaires plus efficaces.

* Non publiée, elle est cependant disponible sur demande.

QUELQUES ACTEURS 2/2

Regroupant 7 laboratoires de domaines différents, le labex vise ainsi à concevoir et appliquer de nouvelles molécules multifonctionnelles en croisant la chimie et la biologie moléculaire. ARCANÉ va ainsi coordonner une chimie bio-inspirée et une chimie bio-ciblée, associées à des développements en simulation et caractérisation.



Le **Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux (LCBM)**, à l'interface de la chimie et de la biologie, appartient à la fois au BIG et au Labex ARCANÉ. Son projet scientifique porte sur l'étude de la structure, de l'activité et de la régulation des systèmes biologiques complexes transportant et utilisant des ions métalliques. Ses différentes équipes s'intéressent à la biocatalyse, la catalyse bio-inspirée et la production d'enzymes artificielles ainsi qu'aux approches de photosynthèse artificielle pour la production de carburants et de produits chimiques de commodité par voie solaire.



Pionnier dans les domaines des micro et nano-technologies, le Leti est un institut de recherche technologique de CEA Tech, accélérateur d'innovation au service de l'industrie.

L'institut développe des solutions applicatives innovantes en étudiant notamment les problématiques des énergies propres et sûres, la santé et le bien-être, le transport durable et les technologies de l'information. Leti intègre la démarche de biomimétisme à travers notamment la **chaire sur les Technologies Bio-inspirées**, une chaire Carnot sur les technologies bio-inspirées, des insectes tout particulièrement.



Le groupe **VICAT** est membre adhérent du CEEBIOS depuis janvier 2017 et s'intéresse au potentiel du biomimétisme depuis 2015. Le groupe a notamment été partenaire du projet Biomimicry World Tour, étude prospective visant l'évaluation du potentiel du biomimétisme en architecture. Il a aussi soutenu une étude approfondie sur les enveloppes multifonctionnelles inspirées des nids d'insectes et visant la multi-régulation du bâtiment via l'enveloppe (humidité, thermorégulation, ventilation naturelle, protection acoustique).

Vicat est aussi partenaire de la thèse CIFRE « Enveloppes bio-inspirées : vers des enveloppes adaptatives » menée au sein du Muséum d'Histoire Naturelle au laboratoire de recherche MECADEV et co-encadrée par le CEEBIOS.



Inddigo accompagne les collectivités et les entreprises dans leurs stratégies de développement durable. Les problèmes souvent complexes de ces écosystèmes riches ont amené l'entreprise à développer et adopter une approche bioinspirée des territoires.



Terre vivante a développé un Centre écologique de 50 hectares au pied du Vercors abritant un laboratoire de recherches biomimétiques, centré sur la forêt. Le projet Biotope de Terre vivante s'associe au **Bio-lab de la Casemate** de Grenoble pour étudier le vivant, expérimenter sur des questionnements actuels et permettre l'innovation en milieu rural : bio-matériaux, bio-énergies, bio-remédiation.



Alticentre, organisme de consultant en stratégie et développement durable / responsabilité sociétale, propose de nombreuses initiations au biomimétisme avec notamment la structuration d'un module optionnel pour les dernières années de l'école d'ingénieurs SIGMA Clermont.



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes



ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHÉ

La Région Occitanie est une des principales régions en terme de compétences académiques en biomimétisme répartis principalement sur les pôles de Toulouse et Montpellier.

Cette approche est un atout majeur pour répondre aux objectifs fixés dans le cadre de la SRDEII :

- renforcer les filières industrielles majeures telles que l'aéronautique, le spatial, les systèmes embarqués, les industries agroalimentaires, les éco-industries (eau-énergie renouvelable notamment), la santé, le numérique, le nautisme ;
- soutenir les filières à enjeu local (notamment bois, textile, céramique, granit, cuir) ;
- structurer les filières émergentes en région (robotique et drones, biochimie et chimie verte, automobile et ferroviaire...).

ÉVÈNEMENTS



Les laboratoires de Toulouse et de la Région Midi-Pyrénées s'invitent 3 fois par an au Muséum de Toulouse pour informer et échanger sur un sujet d'actualité scientifique, en résonance avec les thématiques du Muséum (Homme, Nature, Environnement).

En juin 2015 une rencontre a été organisée autour de la thématique du mimétisme et du biomimétisme.

QUELQUES ACTEURS 1/2



Stratoz est une start-up qui révolutionne les procédés de synthèse des catalyseurs dans le monde de la chimie en s'appuyant sur les recherches de Claude Grison, du **laboratoire ChimEco** (Laboratoire de Chimie Bio-inspirée et d'Innovations Ecologiques) spécialisé dans la culture et la valorisation de plantes hyper accumulatrices de minerais. Un partenariat avec **Chimex**, filiale de L'Oréal, a été mis en place pour accompagner l'industrialisation du concept.



L'UMR **AMAP (botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations)** est une unité interdisciplinaire qui travaille à l'acquisition de connaissances fondamentales sur les plantes et les végétations dans le but de prévoir la réponse des écosystèmes aux forçages environnementaux, en termes de distribution/conservation des espèces et de biodiversité, production des cultures agronomiques, stockage du carbone dans la biomasse végétale, protection de l'environnement et des services écosystémiques.

L'équipe **INDIVIDU** étudie et modélise notamment l'architecture et l'évolution de l'organisation des plantes à l'aide de modèles mathématiques et de simulations prédictives.

QUELQUES ACTEURS 2/2



Le **Centre de Recherches sur la Cognition Animale (CRCA)** a pour objectif principal l'étude pluridisciplinaire et comparée des processus cognitifs chez divers modèles animaux allant des invertébrés aux vertébrés.

Au niveau de l'individu, le CRCA étudie les processus perceptifs, l'attention sélective et l'apprentissage et la mémorisation d'indices ponctuels et de l'espace.

Au niveau des sociétés ou des espèces vivant en groupe, ce sont les comportements collectifs complexes permettant la coordination d'activités (par des processus d'auto-organisation notamment) qui les intéressent.

Ils mènent notamment des travaux sur la compréhension des mécanismes de navigation chez l'insecte pour servir de modèle à l'élaboration de systèmes artificiels de navigation autonome.



Le démonstrateur pré-industriel **Toulouse White Biotechnology** a pour objectifs d'accélérer le développement des biotechnologies industrielles, de promouvoir la bioéconomie et de développer de nouvelles filières biologiques de production, alternatives aux filières conventionnelles.

TWB s'appuie sur l'expertise des laboratoires de recherche publique tels que le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés (LISBP) et le Centre de Ressources Techniques (CRT) CRITT Bio-Industries. Son activité repose sur l'utilisation d'outils biologiques innovants (enzymes, microorganismes, consortia microbiens) au cœur de procédés industriels performants pour les marchés de la chimie (produits de base, pharmacie, arômes, ...), des matériaux et de l'énergie.



AIRBUS s'intéresse au biomimétisme pour des problématiques de morphing, de géométrie variable de l'appareil à des fins d'optimisation de ses performances. De même, l'entreprise va puiser des inspirations dans le vivant pour identifier et développer des surfaces et matériaux aux propriétés nouvelles.



L'**Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT)** et le **Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie (LAPLACE)** s'inspirent de la structure et du fonctionnement des ailes d'oiseaux, notamment celles de grands prédateurs capables de manœuvrabilité et de furtivité exceptionnelles pour accroître les performances aérodynamiques et de manœuvrabilité des ailes d'avion, tout en réduisant le bruit généré par les bords de fuite.



Pikaia est une nouvelle filiale d'Indigo dédiée aux solutions biomimétiques et à l'accompagnement de la métamorphose des entreprises.

Grâce à des innovations stratégiques et managériales biomimétiques, ce nouveau groupement d'experts facilite la transformation et le changement des organisations qui aspirent à une performance respectueuse de l'humain et des écosystèmes.

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHÉ

La stratégie régionale exposée par la SRDEII adoptée en 2017 présente de nombreux axes convergeant vers les opportunités offertes par le biomimétisme.

La région a identifié 7 filières d'excellence régionale qu'elle vise à dynamiser notamment par un renforcement des approches inter-filières, parmi lesquelles «Energies de demain et écotéchnologies : énergie bas carbone, eau et déchets» ; « Santé », dont l'écosystème se structure autour de biotechnologies prometteuses ; « Industrie maritime, portuaire et logistique » qui dispose d'un tissu d'acteurs capables d'œuvrer pour l'environnement et l'aménagement du littoral, les activités sous-marines et l'offshore profond ainsi que pour l'exploitation des ressources biologiques marines (aquaculture, biotechnologies bleues) ; ou encore « Agriculture, Agro-Alimentaire et Cosmétiques » avec une dynamique confirmée en agriculture raisonnée et biologique et une volonté de la région de promouvoir la bio-économie et l'économie circulaire.

Le SRDEII décrit un positionnement stratégique en optique et photonique avec la plateforme Photonics 21, qui définit les axes stratégiques pour la photonique à l'horizon 2020 ; ainsi que dans les domaines de la chimie et des matériaux, avec un désir de spécialisation vers une chimie verte, bio-sourcée, plus compatible avec le développement durable.

La région espère accompagner les développements de la conception et la production de matériaux haute performance et des technologies de fabrication additive répondant aux exigences de filières régionales de pointe telles que l'aéronautique, le naval, le biomédical. Le SRDEII prône par exemple le « développement d'un matériau composite de 30 à 50% plus léger que l'acier (mais également résistant et recyclable), d'enduits extérieurs isolants, de peintures « auto nettoyantes », ou de matériaux résistants au feu/fumées. »

Les universités d'Aix-Marseille et Nice hébergent de nombreux laboratoires dans le domaine (chimie, matériaux, sciences du mouvement et de l'information). En plus de ce maillage de laboratoires riches en compétences, l'université de Nice offre une licence et deux masters en alternance qui intègrent les concepts tout au long du cursus.

ÉVÈNEMENTS



« NATURE INSPIRES, CREATIVITY ENGINEERS »
October 14-17, 2018

Le laboratoire NICE (Nature Inspires Chemistry Engineers) organise depuis 2011 le plus important colloque scientifique national dans le domaine des matériaux et surfaces bio-inspirées.

Le colloque biennuel **International Conference on Bioinspired and Biobased - Chemistry & Materials** organisé à Nice a pour but de partager les nouveaux développements dans le domaine grandissant de la chimie et des matériaux bio-inspirés et englobe la chimie, la biologie et la physique. Il donne une vue d'ensemble multidisciplinaire des approches biomimétiques de l'ingénierie des nouveaux matériaux et systèmes.

À venir :

4th International Conference on Bioinspired and Biobased - Chemistry & Materials

Oct 14-17, 2018

La conférence promeut le développement de collaborations visant à trouver des solutions écologiques, vertes et durables pour les matériaux de demain.

QUELQUES ACTEURS

iSm² L'Institut des Sciences Moléculaires de Marseille (iSm²) est un centre de recherche

multidisciplinaire au cœur de la chimie moléculaire, à l'interface entre la biologie et la physique.

L'équipe pluridisciplinaire Biosciences rassemblant des chimistes, des biochimistes et des biologistes étudie la chimie du vivant : les relations architecture-fonction, l'assemblage et la dynamique d'interaction des protéines avec leurs effecteurs (biomolécules, substrats, inhibiteurs ...).



L'Institut Océanographique Paul Ricard dont l'objectif est la protection

de l'environnement marin, est très impliqué dans la recherche innovante, notamment sur des sujets liés au biomimétisme. En particulier l'institut développe des systèmes de perma-aquaculture multitrophique ainsi que des revêtements systèmes anti-fouling non polluants en s'inspirant de l'algue brune Taonia atomaria, exempte de colonisateurs.

INSTITUT DES SCIENCES DU MOUVEMENT **ETIENNE JULES MAREY** L'Institut des Sciences du Mouvement (ISM) Etienne-Jules Marey. Cette Unité

Mixte de Recherche, travaille sur les déterminants mécaniques, physiologiques, neurologiques, psychologiques et sociologiques de la motricité des êtres vivants, l'Homme en particulier. Les sept équipes scientifiques qui le composent ont des approches biomimétiques, tout particulièrement au sein des équipes « Conception Bio Inspirée » ou « Biorobotique ».



N.I.C.E. (Nature Inspires Chemistry Engineers) est une plateforme scientifique à trois volets : formation, recherche et conférences.

Le laboratoire Surfaces et Interfaces est reconnu internationalement pour la synthèse et le développement de matériaux hybrides organiques et organiques-inorganiques. Leurs connaissances permettent d'aller de la conception moléculaire à la construction de surfaces aux propriétés spécifiques dans différents domaines : NanoTech, SmartTech, BioTech.



Tangram Architects est une agence d'architecture, d'urbanisme et de paysage, située à Marseille, qui a développé le projet BiolumArchi, un projet de recherche

scientifique et architectural associant le MIO (Mediterranean Institut of Oceanography - CNRS / IRD / AMU) et le Tangram Lab (labo de Recherche & Innovation de Tangram Architectes). Les objectifs de ce projet de recherche sont de comprendre les conditions de milieu et les paramètres de développement des bactéries bioluminescentes pour développer une production de lumière continue entièrement naturelle, cultivable et peu coûteuse.



Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHÉ

« S'inspirer du vivant pour innover, coopérer et repenser les modèles économiques » : telle est la volonté de la région Bretagne de traduire ses engagements dans une feuille de route régionale reliant économie circulaire à impact positif et biomimétisme fin 2018.

La SRDEII votée en 2013 indique également que « la Glaz* Economie souhaite encourager l'émergence de nouveaux modèles économiques qui s'inspirent des écosystèmes pour produire sans détruire, pour transformer nos déchets en ressources » et décrit la démarche biomimétique comme un levier pour le développement économique du territoire.

La région espère accompagner « la gestion durable des écosystèmes terrestres et aquatiques et la structuration de filières régionales émergentes en lien avec l'environnement et les éco-activités, en incluant également des projets innovants à forte valeur économique relevant de l'économie bleue, du biomimétisme ou de l'économie circulaire (écologie industrielle, recyclage, valorisation des déchets organiques et industriels...) ».

La Région Bretagne et Bretagne Développement Innovation préparent un parcours dédié lors de l'événement 360 possibles en novembre 2018.

ÉVÉNEMENTS

La **CCI Métropolitaine Bretagne Ouest** expérimente un partenariat avec la Fondation ZERI et Gunter Pauli pour le développement de la Blue Economy en Cornouaille. Plusieurs conférences et ateliers se sont tenus à Quimper depuis 2014.



Les trois pôles de compétitivité, **Images & Réseaux**, **EMC2** et **iD4Car**, le Comité 21 et le cluster Eco-origin ont organisé une journée de prospective sur le thème du biomimétisme en 2014 dans le cadre du programme Apollo 21 soutenu par le ministère en charge du développement durable.



5 Avril 2018 à Brest - **Happy Blue #2018 du Pôle Mer Bretagne Atlantique**.

Journée réunissant près de 350 participants, acteurs du maritime, autour du thème « Innovons la Mer, autrement : S'inspirer de notre environnement pour innover à travers l'histoire, la nature ou l'art. »



16 Septembre 2017 - Visites guidées des collections scientifiques et artistiques de l'Université de Rennes 1 avec un parcours sur le biomimétisme au travers des collections de zoologie.



Biblios : Biomimétisme Libre et Open Source. Camp 2017, par la communauté des biomers.

Le Biome, une communauté d'acteurs variés (artistes, étudiants, chercheurs, bricoleurs, entrepreneurs, collectifs, ingénieurs) qui se présente comme un laboratoire citoyen de biomimétisme et qui défend les valeurs de l'open source, open science et licence libre dans l'esprit du Do It Together, a organisé un événement sur deux jours dans sa résidence de l'Hotel Pasteur à Rennes pour échanger sur les initiatives de la communauté autour de la thématique.



QUELQUES ACTEURS



L'**Institut de Physique de Rennes (IPR)** est une unité de recherche en physique fondamentale et appliquée, avec de nombreux partenariats interdisciplinaires aux interfaces avec la chimie, l'ingénierie, la biologie et les sciences de l'environnement. Des travaux sont notamment menés sur le développement de fibres optiques naturelles avec les fils d'araignées ou de vers à soie ; ou encore sur l'autoassemblage biomimétique au sein du département Matière Molle qui travaille sur un large panel de matériaux mous : les milieux granulaires, les mousses, les bulles et gouttes, les tissus biologiques, les membranes, les protéines.



L'**Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRD)** regroupe le Laboratoire d'Ingénierie des MATériaux de Bretagne (LIMATB) et le Laboratoire Brestois de Mécanique et des Systèmes (LBMS). Les activités de recherche de l'équipe Composite sont focalisées sur la mise en évidence et la caractérisation des méso-structures polymères, fibrillaires ou minérales présentant une structuration dynamique en présence d'interfaces ou en milieu confiné, en s'intéressant notamment aux modèles de biocomposites hydrophobes comme les pommes de pins ou certaines plantes.



Le **Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, Axe Biofilms et Microbiomes (LBCM)** de l'université de Bretagne Sud mène des projets de microbiome et bioremédiation. Ces travaux visent à comprendre les interactions s'opérant entre micro et macro organismes marins, avec pour objectif l'utilisation du vivant pour la décontamination de zones maritimes.



Dans le cadre de du Programme FabCity, villes en transition, l'**Université de Bretagne Occidentale (UBO)** et l'**École Supérieure d'Art de Bretagne (EESAB)** se sont unies pour structurer une plateforme de formations transdisciplinaires préparant aux nouveaux métiers et motivant l'entrepreneuriat dans le cadre des enjeux de la transition. La formation Design de la Transition, structurée autour de projets, propose des suivis transversaux avec des méthodologies complémentaires. L'une des transversales porte sur le biomimétisme, en accompagnement des étudiants dans leurs démarches réflexives et créatives.



Hemarina est une entreprise de biotechnologies qui développe des transporteurs d'oxygène universels d'origine marine pour diverses applications thérapeutiques et industrielles. Elle est reconnue comme l'une des dix entreprises françaises les plus prometteuses dans le domaine des Biotech/Medtech.



Edixia Automation, située à Vern-sur-Seiche, est spécialisée dans la création de software pour caméras bioinspirées. Elle mène le projet GWEL, qui vise à développer et valider un prototype de carte de traitement d'images inspiré du fonctionnement du cerveau humain selon des principes de vision perceptive. Cette démarche a permis de diminuer le nombre de composants utilisés et de réduire les coûts de développement.

* « Glaz » désigne en breton la couleur de la mer, une nuance de vert, de bleu et de gris. Des couleurs à l'image des trois filières fortes de l'économie bretonne : l'agriculture, les activités maritimes et le numérique.

BIOMIMÉTISME AUX PAYS DE LA LOIRE

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

D'après la SRDEII, « les Pays de la Loire ont ainsi choisi de s'engager dans la construction d'une filière industrielle pérenne des énergies marines renouvelables. De plus, la filière des bioressources marines, incluant entre autres les biotechnologies bleues, est en émergence en Pays de la Loire mais peut déjà s'appuyer sur un fort potentiel de savoir-faire universitaires et scientifiques reconnus, notamment sur les microalgues, domaine dans lequel la région des Pays de la Loire se situe au premier plan au niveau national et mondial. »

le cnam
Pays de la Loire

Dans le cadre du cycle de conférence Le Goût de l'Avenir, le Cnam Pays de la Loire a présenté une exposition et un cycle de conférence sur le sujet.



Fin 2017-début 2018, l'**Association de Zoologie des Etudiants Nantais (AZEN)** de l'UFR Sciences & Techniques de l'Université de Nantes a organisé tout un cycle de conférences sur le sujet du biomimétisme au sein de l'université ainsi qu'une exposition dans les couloirs de l'établissement.



QUELQUES ACTEURS

LS2N Le **Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes** héberge l'équipe Robotique Et Vivant (REV), fusion de deux axes de recherches : « robotique humanoïde » et « robotique bio-inspirée ». Ce regroupement a pour objectif de créer de nouvelles synergies au sein d'une équipe d'excellence en robotique, tout en adoptant une démarche biomimétique pour des problématiques telles que la perception, l'action, l'assistance et l'aide à l'humain.



Les travaux du laboratoire de **Chimie Et Interdisciplinarité : Synthèse, Analyse, Modélisation (CEISAM)** sont liés au domaine de la Chimie Moléculaire.

L'équipe Ingénierie des Matériaux Fonctionnels (IMF) travaille notamment sur la photosynthèse artificielle et des systèmes de bio-reconnaissance pour le transfert d'électrons.



L'équipe Assemblages Nanostructurés du laboratoire **Biopolymères Interaction Assemblages (BIA)**, à Nantes, vise à développer des microgels biocompatibles et biodégradables. L'architecture de ces gels, proches de leurs équivalents naturels, permettra de comprendre les processus biologiques complexes.

BIOMIMÉTISME EN CENTRE-VAL DE LOIRE

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

La Stratégie Régionale pour la Biodiversité de 2011 identifie le biomimétisme comme un levier pour le développement et le maintien de la qualité de vie.

D'après la SRDEII, la région promeut « l'environnement et la transition écologique comme levier de développement économique et humain » et ambitionne d'« adopter une gestion rationnelle des déchets comme des ressources. »

Elle décrit aussi « la transition écologique de l'économie » comme « une opportunité pour réduire durablement les coûts de production et les aléas sur les coûts des matières premières (énergie, métaux, minerais), pour gagner de nouveaux marchés avec des produits de haute qualité (résistants, réparables), mais aussi une démarche citoyenne qui peut souder autour d'un projet d'avenir et reconnecter les entreprises avec leur territoire. »

La région s'intéresse aussi à « ses corollaires, la transition énergétique et l'économie circulaire ». Cette dernière étant perçue comme un levier pour « une réduction considérable des prélèvements sur les ressources naturelles ».

L'université de Tours ouvre dès septembre 2018 un module de 20h dans le Master II - Ecologie évolutive et comportementale : « Bio-inspiration : bases biologiques et implémentations technologiques ».

QUELQUES ACTEURS



L'**Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI)**, unité mixte de recherche de l'Université de Tours et du CNRS, se consacre à l'analyse des processus adaptatifs et évolutifs, à tous les niveaux d'organisation, du génome aux communautés. Les recherches s'appuient sur les méthodes et les concepts de l'écologie, la morphologie fonctionnelle, la génétique ainsi que sur la biologie évolutive.

Ces thématiques de recherche sont portées par trois équipes : IMIP biodiversité et fonctionnement des Interactions Micro-organismes/Insectes/Plantes, ESORE Evolution Sociale et Réponses à l'Environnement, INOV Interactions Organismes-environnements.



Le **Centre de Biophysique Moléculaire (CBM)** tente de comprendre les mécanismes moléculaires fondamentaux qui sous-tendent les processus biologiques et leur régulation. Les avancées en chimie, biochimie, biophysique et biologie moléculaire sont utilisées pour sonder les systèmes vivants aux niveaux moléculaire et structural et pour exploiter les résultats afin de concevoir de nouvelles stratégies en thérapie et de nouveaux outils pour décrypter les phénomènes biologiques.



L'association **Fermes d'Avenir**, engagée dans la démarche de permaculture et soutenant l'idée d'une société écosystème qui doit trouver son équilibre, promeut une agriculture résiliente basée sur les principes de l'agroécologie et en phase avec le contexte socio-économique actuel.

BIOMIMÉTISME EN GRAND EST

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

La région Grand Est dispose de multiples compétences académiques sur le biomimétisme, notamment dans les universités de Lorraine, Strasbourg et Mines de Nancy, première université à avoir introduit le concept dans un cours dédié à la thématique.

La stratégie régionale met aujourd'hui l'accent sur la bio-économie, en s'appuyant notamment sur le pôle IAR, membre fondateur du CEEBIOS.



L'**Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC)** est une unité de recherche pluridisciplinaire qui réunit des équipes de recherche de cultures scientifiques différentes (écologie, physiologie et éthologie, chimie et physique subatomique). Le département Ecologie, Physiologie et Ethologie a mis en évidence un peptide antimicrobien sécrété par le manchot et qui pourrait expliquer la capacité de conservation alimentaire hors norme que possède l'estomac des manchots royaux.

Le **laboratoire de chimie supramoléculaire (Jean-Marie Lehn)** étudie la chimie supramoléculaire et les phénomènes d'auto-assemblage pour l'encapsulation de médicaments.

QUELQUES ACTEURS



L'**Institut Jean Lamour (IJL)** est un laboratoire de recherche fondamentale et appliquée en science et ingénierie des matériaux et des procédés. Le département Chimie et Physique des Solides et des Surfaces (CP2S), orienté principalement vers les nanomatériaux, les matériaux complexes, la chimie des solides, la physico-chimie des surfaces et les procédés d'élaboration ou de traitement de surface, s'intéresse aux matériaux du vivant pour comprendre et développer des propriétés similaires.



L'**Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis (ISL)** est un établissement binational qui travaille sur la maîtrise des effets des projections d'énergies ainsi que l'amélioration de la protection des personnels militaires en opération, avec notamment l'élaboration de matériaux de protection et de détection inspirés des nanostructures de certains animaux.



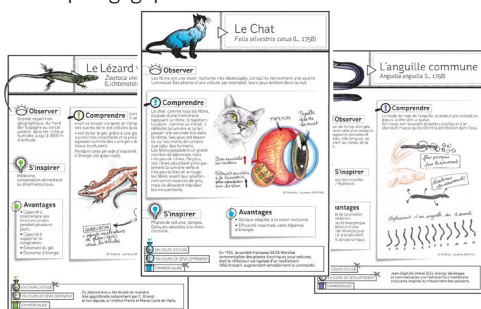
BIOMIMÉTISME EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

La Bourgogne-Franche-Comté se distingue par les multiples événements organisés par les organismes associés à la Région depuis 2015.



En particulier, le **Jardin des Sciences de la ville de Dijon**, qui regroupe sur un site unique un planétarium, un muséum et un jardin botanique, a organisé une grande exposition sur le sujet du biomimétisme en 2016. L'établissement a ainsi accompagné une démarche de recensement des projets biomimétiques et la production de fiches pédagogiques.



QUELQUES ACTEURS



L'agence pour l'environnement **Alterre** a organisé au Conseil Régional début 2017 une conférence dédiée à la thématique suite à l'exposition du Jardin des Sciences de Dijon. Une synthèse de cette journée publiée dans le Repère n°72 « Biomimétisme - L'innovation nature ! » en juin 2017, a été diffusée à toutes les collectivités, administrations et écoles de la région, soit près de 4500 envois.



L'**ARDI, Agence Régionale de Développement de l'Innovation et de l'Économie**, a organisé en 2016 l'exposition « **Demain est déjà dans la nature !** Quand la technologie s'inspire du vivant... » consacrée au biomimétisme, accueillie au sein de la Maison Régionale de l'Innovation à Dijon. À l'occasion de l'inauguration, l'agence a fait témoigner le CEEBIOS et quelques acteurs territoriaux bio-inspirés tels que l'**ICMUB, Institut de Chimie Moléculaire de l'Université de Bourgogne** ou encore l'**Alosnys**, éco-centre pédagogique en permaculture.



L'**AFPA de Belfort**, Agence nationale pour la formation professionnelle des adultes, a organisé le 22 juin 2017 une conférence sur ce thème avec une volonté manifestée par la Ville de Belfort d'approfondir l'exploration de la démarche.



Les régions d'Outre-Mer hébergent la grande majorité de la biodiversité marine et terrestre du territoire français et elles accueillent ainsi à ce titre de nombreux établissements dédiés à sa valorisation.

À titre d'exemple, en Guyane, le Laboratoire d'excellence CEBA (Centre d'étude de la biodiversité amazonienne) fédère un réseau d'équipes de recherche sur la biodiversité tropicale, notamment l'Herbier IRD de Guyane. De manière générale, l'IRD, Institut de Recherche pour le Développement, bien implanté dans les territoires outre-mer, mène de nombreux programmes de recherche sur ces questions. Nous pouvons aussi citer l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, consortium qui explore la biodiversité et la chimiodiversité des invertébrés marins, ou l'Unité Mixte de Recherche (UMR) BOREA « Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques » qui a pour objectif l'étude de la biologie évolutive et l'écologie des organismes aquatiques.

De nombreux archipels, conscients du potentiel de l'économie bleue, proposent principalement des programmes dédiés à la valorisation des ressources naturelles, des cultures marines, algues et coraux. En Nouvelle Calédonie par exemple, le projet AMICAL (Aquaculture de Microalgue en Nouvelle CALédonie), porté par la Technopole de Nouvelle-Calédonie en coopération avec la délégation locale d'Iframer et le laboratoire PBA (Physiologie et Biotechnologie des Algues), vise à

établir sur le territoire une filière de culture de microalgues à des fins commerciales.

La SRDEII de la Réunion ambitionne de « concilier prospérité économique et conservation écologique. [...] L'heure est désormais à l'invention d'une économie écologique, ou bioéconomie, inscrite et respectueuse des rythmes et des capacités des écosystèmes. À travers la transition écologique, [la Réunion peut] transformer une contrainte en opportunité, protéger ses milieux et réduire sa vulnérabilité, tout en acquérant un avantage compétitif dans l'exportation de produits et de solutions différenciées, riches en emplois et capables de revivifier des activités aujourd'hui menacées.» (SRDEII 2015-2020)

En Guadeloupe, le pôle de compétitivité et d'innovations Synergîle organise des ateliers et conférences-débats sur le sujet « Biodiversité : la clé de l'innovation pour la Guadeloupe ? », traitant notamment la question du biomimétisme.

Mayotte a également manifesté son intérêt à explorer les opportunités offertes par le biomimétisme à l'échelle de son territoire.

La Polynésie Française initie une action de coordination sur la thématique.

Contact :

François BRIANT, Polynésie Française

POLYNÉSIE FRANÇAISE

ENGAGEMENT DANS LA DÉMARCHE

Le premier réseau polynésien de biomimétisme a été officiellement lancé en 2017 sous l'impulsion du pôle d'innovation polynésien **Tahiti Fa'ahotu**.



Ce nouveau réseau de biomimétisme vise à fédérer tous les acteurs polynésiens pouvant tirer parti de nouvelles technologies bio-inspirées ; former, communiquer et stimuler autour du concept ; et finalement créer un incubateur pour développer des solutions locales inspirées de la nature. Les parties prenantes de ce réseau espèrent valoriser la richesse polynésienne en biodiversité et écosystèmes en faisant de l'archipel un lieu démonstrateur d'expérimentations. Un premier projet pilote s'intéresse au potentiel de la démarche sur une observation des coraux des lagons et de l'océan Pacifique.

L'objectif reste de créer des emplois et de nouvelles activités en Polynésie, notamment des activités de formation au biomimétisme.



Ce nouveau réseau polynésien est en étroite collaboration avec le réseau de biomimétisme français Ceebios et le Biomimicry Institute, son équivalent américain.

QUELQUES ACTEURS

La richesse de cet écosystème et sa biodiversité méritent d'être préservées et valorisées comme un patrimoine naturel et une source d'inspiration uniques. Les coraux, par exemple, ont inspiré des travaux sur l'absorption des rayons lumineux pour l'amélioration de panneaux solaires, des bio-ciments respectueux de l'environnement et produits à faible empreinte carbone, des immeubles inspirés des structures coralliennes pour optimiser l'évacuation de la chaleur...



Eleuthera Tahiti Diving Center

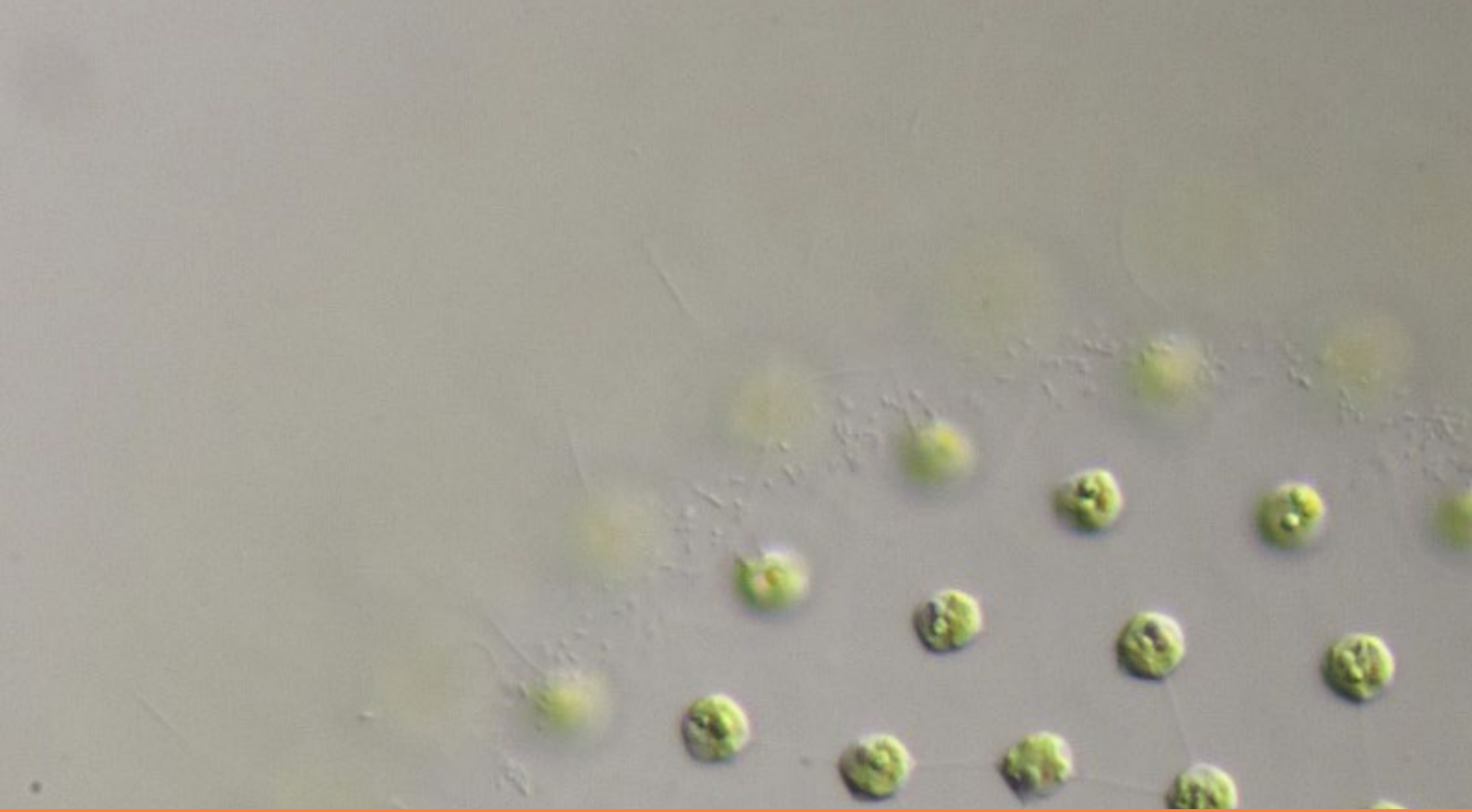


L'UPF (Université de la Polynésie Française), le CRIOBE de Moorea, et Eleuthera Tahiti Diving Center se joignent au réseau naissant pour accompagner le lancement d'un projet pilote « Biomimétisme et Corail ». Il consiste au développement de méthodes et d'outils permettant l'observation et l'usage des coraux polynésiens comme source d'inspiration et d'innovation par le biomimétisme.

Le CRIOBE étudie dans le cadre de ce pilote de nouveaux matériaux, de nouvelles formes et de nouveaux procédés, permettant l'optimisation de leurs nurseries de corail, afin d'en améliorer l'efficacité et de préparer des usages à grande échelle, dans le cadre de la restauration de récifs coralliens.

Les résultats de ce projet pilote seront une base pour organiser des ateliers de formation au biomimétisme, focalisés sur l'observation de la Nature Polynésienne, et amorcer de nouveaux projets de développement de solutions innovantes.

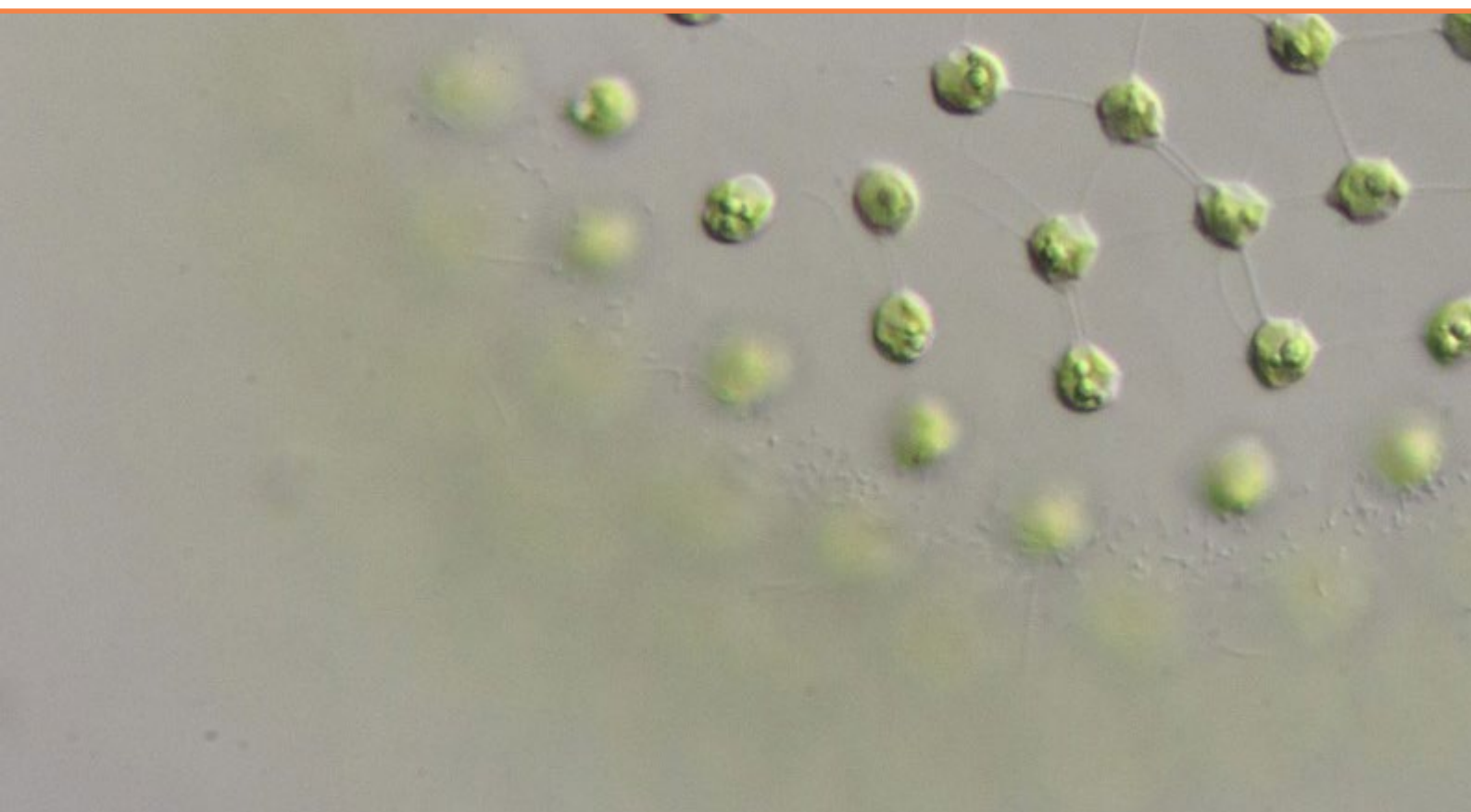




Le biomimétisme est [...] une invitation à l'humilité, une invitation à nous réconcilier avec la Nature.

[...] cependant, prenons garde [...] nous sommes aujourd'hui à la croisée des chemins quant au sens que nous voulons donner au biomimétisme. [...] si nous ne sommes pas vigilants, la bio-inspiration peut aussi renforcer le rapport utilitariste à la nature qui, on le constate tous les jours, est source de tant d'excès et de désastres environnementaux et humains.

*Nicolas Thierry, Vice-Président du Conseil Régional Région Nouvelle Aquitaine
En charge de l'environnement et de la biodiversité*





CEEBIOS

Centre Européen d'Excellence
en Biomimétisme de Senlis

Association Ceebios
62 rue du Faubourg Saint-Martin
60300 Senlis
@ : contact@ceebios . com



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Ministère de la Transition
écologique et solidaire
[https://www.ecologique-solidaire.
gouv.fr/](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/)

