

S'INSPIRER DE LA NATURE POUR INNOVER DURABLEMENT

LA REGION Nouvelle-Aquitaine SUR LA VOIE DU BIOMIMÉTISME



CEEBIOS

CEEBIOS - JUILLET 2016





PRÉFACE

Depuis toujours, la nature a été source d'inspiration pour l'homme. Aujourd'hui, face aux enjeux énergétiques et à ceux du changement climatique s'inspirer du fonctionnement du vivant pour faire évoluer les technologies vers plus de sobriété, d'efficacité et de respect de l'environnement prend tout son sens.

Ainsi, en 2015, la Région Aquitaine a souhaité regarder comment le biomimétisme pouvait constituer un potentiel d'innovation responsable et par conséquent un levier de création de valeurs durable des entreprises du territoire régional.

Cette étude, restituée aujourd'hui, alors que la Nouvelle-Aquitaine est constituée, démontre que toutes les filières industrielles sont potentiellement concernées par le biomimétisme : énergies renouvelables imitant la photosynthèse, chimie douce grâce à des biocatalyseurs, traitement des eaux usées par phytoépuration, valorisation naturelle des déchets végétaux ou alimentaires...

De plus en plus d'entreprises collaborent avec des laboratoires de recherche dans le domaine du biomimétisme, pour innover dans les domaines des matériaux, des formes, des processus et cela dans les activités scientifiques, techniques ou industrielles, de l'agriculture à l'industrie en passant par l'architecture.

La première étape de ce travail, confiée au Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis (CEEBIOS) a consisté à dresser une cartographie des acteurs aquitains engagés dans une démarche de bio-inspiration. Il s'agit à présent d'élargir ce travail à l'ensemble des acteurs de la Nouvelle-Aquitaine afin de fédérer l'ensemble des forces en présence.

La première partie de cette étude permet de poser le contexte et les enjeux liés au biomimétisme. Puis elle dresse un premier recensement des acteurs identifiés sur le territoire de l'ancienne région Aquitaine¹ et formule des recommandations afin de structurer la démarche à l'échelle régionale.

A présent, la Nouvelle-Aquitaine s'inscrit comme une région pilote avec ce travail de référence qui sera étendu à l'ensemble de son territoire afin d'inciter tous les acteurs régionaux à s'approprier l'idée d'extraire de la nature des connaissances et non plus seulement des matières premières.

Nicolas THIERRY

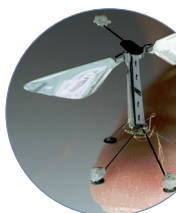
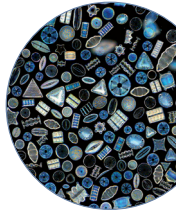
Vice-Président du Conseil Régional Nouvelle-Aquitaine
en Charge de l'Environnement et de la Biodiversité

¹ : L'étude a été confiée au CEEBIOS en septembre 2015, soit en amont de la fusion des Régions Aquitaine, Limousin et Poitou Charentes. Toutefois un repérage rapide de quelques acteurs picto-charentais et Limousins a été réalisé et devra à présent être complété.





SOMMAIRE

Qu'est-ce que le Biomimétisme ?	6	
Contexte de l'étude	7	
Objectifs de l'étude	7	
LE BIOMIMÉTISME COMME LEVIER DE CROISSANCE DURABLE	9	
Biomimétisme et alternatives énergétiques	9	
Biomimétisme pour la séquestration du carbone	10	
Biomimétisme pour la chimie douce et verte	10	
Eco-matériaux bio-inspirés	10	
Biomimétisme pour inspirer des villes durables	11	
Renouveau agricole	12	
Economie circulaire	12	
LES ACTEURS AQUITAINS ENGAGÉS DANS LA DÉMARCHE	15	
Acteurs académiques	15	
Chimie	15	
Eco-matériaux	16	
Systèmes d'information & systèmes intelligents	16	
Biomedical	16	
Acteurs économiques	17	
Energie	17	
Biomedical	17	
Matériaux	18	
Renouveau agricole	18	
Economie	19	
Villes durables	19	
COMPÉTENCES EN POITOU CHARENTES ET LIMOUSIN	21	
Chimie	21	
Matériaux	21	
Systèmes d'information et systèmes intelligents	21	
Biomedical	22	
SILAB en Corrèze sur cosmétiques bio-sourcés	22	
Conclusions	23	
RECOMMANDATIONS ET FEUILLE DE ROUTE	25	
Fédération du réseau régional d'acteurs :	25	
Animation du réseau régional :	25	
Actions en faveur de la formation qualifiante et diplômante	25	
Communication et diffusion	25	
Ressources bibliographiques	26	
Documents numériques	26	
Pages web	26	
Bibliographie	26	



QU'EST-CE QUE LE BIOMIMÉTISME ?²

« Forgé à partir de deux racines grecques, bios [vie], et mimesis [imitation], ce néologisme désigne la démarche immémoriale de l'espèce humaine qui consiste à observer la nature et à s'en inspirer pour innover, améliorer sa condition, ses productions... le biomimétisme se concrétise dans l'univers des formes, des matériaux, des procédés et des systèmes.

Bio-inspiration, biomimétique, biomimétisme sont autant de termes qui renvoient aujourd'hui à cette démarche, le dernier d'entre eux se singularisant par l'importance qu'il accorde à la dimension de durabilité.

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 ainsi que le transfert et 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

LE CENTRE EUROPÉEN D'EXCELLENCE EN BIOMIMÉTISME DE SENLIS (CEEBIOS)

Le CEEBIOS est une initiative inédite. Parmi ses membres fondateurs, citons Gilles Boeuf, ancien Président du Muséum national d'Histoire naturelle, la CCI de l'Oise, ainsi que trois pôles de compétitivité (UpTEX, IAR et MATIKEM).

Ce centre se positionne en structure d'intérêt général, visant à catalyser la richesse des compétences nationales du monde académique, de l'enseignement et de la R&D industrielle autour de 5 axes :

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

Air Liquide, Eiffage, Corning, Renault, L'Oréal, LVMH, Rabot Dutilleul, Interface, EGIS et le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) ont déjà adhéré au CEEBIOS, et plusieurs acteurs industriels et universitaires manifestent leur volonté de s'engager dans cette voie sur des enjeux à fort enjeu sociétal : éco-matériaux innovants, chimie verte, gestion de l'énergie et de l'eau, économie circulaire et nouveaux modèles agricoles.

2 : <http://www.lecese.fr/content/le-biomimetisme-sinspirer-de-la-nature-pour-innover-durablement>

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Pour faire face aux enjeux sociétaux, de nouvelles approches innovantes transdisciplinaires et trans-sectorielles sont indispensables. Le biomimétisme est une approche prometteuse puisqu'elle repose sur l'observation des systèmes naturels, sélectionnés par 3.8 milliards d'années d'évolution, pour créer de nouveaux produits, services et modèles d'organisation durables.

En 2012 le Commissariat Général du Développement Durable publiait une « Étude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte »³.

La même année, l'Agence Régionale d'Innovation en Ile de France lançait une mission de deux ans pour promouvoir le biomimétisme pour l'innovation responsable auprès des PME et acteurs académiques du territoire.

Depuis 2014, le biomimétisme figure parmi les approches clés citées dans la stratégie nationale pour la transition écologique du Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie, à la fois comme un argument supplémentaire en faveur de la préservation de la biodiversité, et comme un des principaux leviers du renouveau industriel et agricole.

Le biomimétisme est à présent cité dans le projet de loi biodiversité⁴ et également listé parmi les travaux soutenus par l'Agence Nationale de la Recherche (production énergétique, éco-matériaux innovants, chimie verte, mobilité innovante...) et par le Ministère de l'Agriculture (agro-écologie).

Enfin, en septembre 2015, le Conseil Economique Social et Environnemental a rendu un rapport et avis, adoptés à l'unanimité, en faveur du déploiement du biomimétisme en France⁵.

C'est dans ce contexte, qu'en septembre 2015, la Région Aquitaine a confié au Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis, une étude visant à appréhender le potentiel de développement et d'innovation durable que représente le biomimétisme pour les acteurs du territoire régional.

L'étude étant en cours de finalisation au 1^{er} janvier 2016, date à laquelle les trois Régions Aquitaine, Limousin et Poitou-Charentes ont fusionné, un rapide complément des acteurs institutionnels présents sur les anciennes Régions Limousin et Poitou Charentes a été réalisé. Il conviendra cependant dans la suite de ce travail de compléter ces données afin de disposer du même niveau d'information sur l'ensemble du territoire de la Nouvelle-Aquitaine.

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La nature a toujours été l'une des premières sources d'inspiration des êtres humains. Aujourd'hui, les avancées scientifiques, les puissances de calcul et de modélisation disponibles aident les entreprises à étudier et appliquer les solutions du monde du vivant dans leurs nouveaux produits et services.

De plus en plus d'entreprises collaborent avec des laboratoires de recherche dans le domaine du biomimétisme, pour innover dans les domaines des matériaux, des formes, des processus et cela dans les activités scientifiques, techniques ou industrielles, de l'agriculture à l'industrie en passant par l'architecture. Les solutions sont sélectionnées aussi bien à une échelle nanométrique qu'à des échelles macroscopique et écosystémique.

Dans ce contexte, la Nouvelle-Aquitaine a des atouts à valoriser en matière de biomimétisme dans le domaine industriel, à la fois en amont, grâce à la présence de nombreux laboratoires de recherche qui pourraient être encouragés à explorer ce nouvel axe de développement, mais également de façon opérationnelle à travers le soutien à la R&D. Toutes les filières économiques, et notamment celles de l'économie bleue et verte, peuvent être concernées.

Afin d'accompagner l'émergence d'une industrie biomimétique durable et compétitive en Aquitaine Poitou Charentes et Limousin, cette étude contribue à une première identification des différents acteurs de la recherche et du monde industriel, ainsi que des acteurs économiques pionniers.

3 : www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED72.pdf

4 : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Projet-de-loi-pour-la-reconquete-.html>

5 : <http://www.lecese.fr/content/le-biomimetisme-sinspire-de-la-nature-pour-innover-durablement>

The background image shows a robotic arm with a gripper holding a small, light-colored object. The arm is positioned against a blurred background. A large, semi-transparent circular graphic is overlaid on the lower half of the image, containing the title text in blue capital letters.

LE BIOMIMÉTISME COMME LEVIER DE CROISSANCE DURABLE



Le 12 décembre 2015 à Paris, le premier accord universel sur le climat a été adopté par les 195 parties à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques⁶.

Cet accord confirme l'objectif premier : un maintien du seuil d'augmentation de la température en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels.

La France se veut exemplaire pour répondre à ses enjeux, comme l'illustre la loi sur la transition énergétique promulguée à l'été 2015⁷.

L'atteinte de ces objectifs passe par un renouveau indispensable des systèmes de production et de consommation :

- Le remplacement progressif des carburants fossiles par des énergies renouvelables et propres afin de limiter des émissions de gaz à effet de serre,
- Le recyclage et la séquestration du carbone,
- De nouveaux procédés industriels plus efficaces,
- Des produits éco-conçus, sur l'ensemble de leur cycle de vie,
- De nouvelles approches de conception de l'habitat et des villes pour endiguer leur étalement et hyper-concentration
- De nouveaux modèles agricoles, adaptés aux surfaces contraintes en milieu urbain et péri-urbain, limitant le recours aux intrants chimiques et aux pesticides,
- La promotion d'une économie de service.

Ces démarches responsables sont un levier pour la prospérité économique, car elles permettent aux acteurs économiques et territoriaux de :

- Prévenir et maîtriser les risques
- **Innover et ainsi accroître leur performance**
- Palier à la raréfaction des ressources
- **Dégager une attractivité territoriale ou un avantage de marché**
- **Prendre en compte les besoins des citoyens et consommateurs de manière intégrée et pérenne**
- **Anticiper les contraintes réglementaires**
- **Réduire leurs coûts.**

La biodiversité est considérée comme un axe majeur de la lutte contre le changement climatique, en accentuant par exemple les capacités de séquestration et de stockage du carbone.

Elle offre également une source d'innovation précieuse. Les substances actives qu'elle procure, telles que les ressources génétiques utilisées dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire, biotechnologique ou cosmétique, en font un remarquable levier économique.

Le biomimétisme est aujourd'hui reconnu nationalement et internationalement comme un outil de l'innovation responsable. En particulier, en France, près de 150 projets de recherche et plus d'une soixantaine d'entreprises, font appel à cette démarche.

BIOMIMÉTISME ET ALTERNATIVES ÉNERGÉTIQUES

Avec leurs différents niveaux de complexité et d'organisation, les systèmes naturels, ont adopté des solutions énergétiques vers lesquelles convergent les stratégies encouragées par les pouvoirs publics :

- **Une utilisation efficace** : tout système vivant doit, pour sa survie, minimiser ses consommations. Ainsi, l'évolution a sélectionné les comportements, les voies métaboliques ou encore les systèmes de propulsion, les moins coûteux en énergie.
- **Des sources renouvelables** : la lumière du soleil, est l'entrée principale d'énergie de toute la biomasse, puis convertie en éléments organiques par les plantes grâce à la photosynthèse.
- **La diversité des ressources (rayonnement solaire pour les plantes, biomasse pour les prédateurs, etc), des stocks (protéines, graisses..) et la gestion optimisée des réseaux de distribution**, afin de s'adapter aux fluctuations environnementales (cycle diurne, saisons...) et à la disponibilité de nutriments.

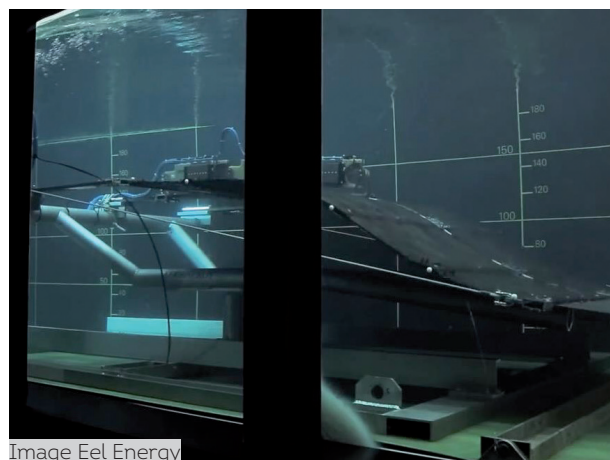
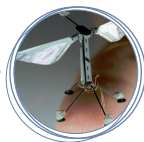


Image Eel Energy

- La start-up Eel Energy s'est inspirée de l'ondulation de l'anguille pour développer un type inédit d'hydrolienne.
<http://www.eel-energy.fr/fr/>
- Les travaux du Professeur Marc Fontecave (UMR 5249 CEA/CNRS/UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES - Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux), visent à s'inspirer de la photosynthèse artificielle pour produire de l'hydrogène à partir d'énergie solaire et d'eau.
- Le groupe Renault explore aujourd'hui la possibilité de s'inspirer du métabolisme humain pour repenser la motorisation du véhicule «décarboné» de demain.
<http://www.isir.upmc.fr/index.php?op=viewprofil&id=320&lang=en>

6 : <http://www.cop21.gouv.fr/>

7 : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-loi-de-transition-energetique,40895>



BIOMIMÉTISME POUR LA SÉQUESTRATION DU CARBONE

Le cycle du carbone fait partie des facteurs primordiaux pour le développement des êtres vivants sur Terre, puisque la vie est fondée sur l'utilisation de composés à base de carbone.

Des programmes de recherche et industriels visent aujourd'hui à reproduire ou utiliser le fonctionnement de ces organismes pour « recycler » ou séquestrer le carbone atmosphérique ou dissout dans l'eau, comme par exemple :

- **La chimie bio-sourcée**, c'est-à-dire basée sur l'exploitation de matières premières issues de la biomasse.
- **Les agro-carburants** : la production de carburants à partir de la biomasse agricole (agro-carburants),
- **L'activité des micro-organismes ou l'imitation de la photosynthèse** (photosynthèse artificielle) pour la production d'hydrogène à partir d'eau et de chaînes carbonées à partir du CO₂ atmosphérique grâce à l'énergie solaire,
- L'accélération des processus de **bio-minéralisation**, en vue de réaliser du stockage de carbone à l'échelle des temps géologiques.

Algopack propose une matière rigide, fabriquée à 100% à base de déchets Industriels d'Algues brunes. Pour sa croissance, l'algue ne consomme pas d'engrais, ni de pesticides, et de faibles quantités d'eau. Elle absorbe du CO₂ qu'elle transforme en sucre pour sa croissance et rejette de l'O₂, favorisant ainsi le développement du plancton.
www.algopack.com



Le Projet **CO₂solstock** a été financé par l'Union européenne avec pour but de développer de nouvelles techniques de stockage du carbone bio-inspirées et durables. L'étude a eu pour objet l'accélération de la biominéralisation du carbone par les bactéries produisant du calcaire à partir de calcium et de CO₂. Des débouchés industriels prometteurs à ce calcaire ont ainsi été révélés.

<http://www.co2solstock.org/>
<https://vimeo.com/162844339>

BIOMIMÉTISME POUR LA CHIMIE DOUCE ET VERTE

La chimie du vivant est fondée sur des principes hautement conservés entre les espèces :

- utilisation d'**atomes abondants** (principalement C, H, O, N, P, S),
- réactions essentiellement basées sur l'**énergie solaire**
- réactions réalisées à **basse température et pression**,
- réactions réalisées en **solution aqueuse**,
- **Recyclage métabolique**
- **Catalyse enzymatique**
- Production de molécules **biodégradables et biocompatibles**
- **Pas de toxicité** à long terme.

Ces principes, connus depuis des décennies, convergent vers ceux annoncés en 1998 par Paul Anastas et J.C. Warner, à l'origine du concept de «chimie verte».

De nombreux exemples de chimie bio-inspirée sont décrits dans la littérature, dont la plupart s'appuient sur le métabolisme cellulaire et la catalyse enzymatique, en particulier dans le domaine des biotechnologies.

L'entreprise Stratoz, prix de l'innovation EFIB (European Forum for Industrial Biotechnology) 2014, issue des travaux de recherche de Claude Grison à l'université de Montpellier, elle-même médaille de l'innovation 2014 du CNRS, dépollue les sols grâce à des plantes capables de séquestrer les métaux lourds et en extrait des catalyseurs verts utilisables en chimie. Un partenariat avec Chimex, filiale de L'Oréal a été signé fin 2014.

<http://www.labochemico.com/>
<https://vimeo.com/158299176>

ECO-MATÉRIAUX BIO-INSPIRÉS

Les principaux défis concernant la conception des matériaux résident dans la conciliation

- de performances structurales élevées et, compte tenu du cycle de vie du produit,
- d'un processus de fabrication respectueux de l'environnement en termes de consommation d'énergie et de ressources,
- le retrait des produits chimiques toxiques et rares desdits processus de fabrication.



La sélection naturelle des organismes vivants a permis de développer une vaste gamme de stratégies de production de matériaux compatibles avec les contraintes environnementales :

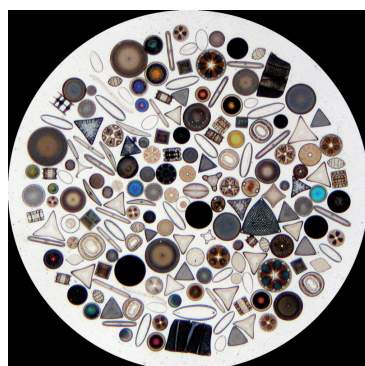
- structures hiérarchisées,
- composites et interfaces,
- multifonctionnalité,
- croissance adaptative,
- auto-assemblage,
- réactivité à l'environnement,
- autoréparation,
- fabrication à base d'énergie solaire ou autres ressources énergétiques facilement disponibles,
- à basse température et pression,
- fondée sur un spectre étroit d'éléments abondants et disponibles localement,
- capacité à bio-séquestrer le CO₂,
- entièrement recyclable et biocompatibles,
- trois familles de polymères seulement pour tous les matériaux vivants.

Ces stratégies ont été largement imitées afin de construire des matériaux aux performances physiques élevées, par exemple les céramiques inspirées de l'ormeau, la production de soie d'araignée ou la production sol-gel du verre.

Les Professeurs **Jacques Livage** et **Clément Sanchez**, inspirés des processus de biominéralisation observés chez les diatomées, ont développé les « procédés sol-gel » qui permettent d'élaborer des verres et des céramiques dans des conditions proches de l'ambiante. Ces conditions de « chimie douce » permettent de faire réagir simultanément des molécules organiques et des espèces minérales, conduisant à la formation d'hybrides organo-minéraux.

Ces nanocomposites à l'échelle moléculaire ouvrent la voie à toute une gamme de matériaux nouveaux alliant les propriétés des verres à celles des polymères. La chimie douce permet en outre d'immobiliser des espèces biologiques (enzymes, anticorps, bactéries, virus, micro-algues...) au sein de matrices minérales. Les espèces immobilisées conservent leur activité biologique permettant de réaliser des biocapteurs et des bioréacteurs.

<http://www.labos.upmc.fr/lcmcp/site/?q=node/2531>
<https://vimeo.com/162845484>



BIOMIMÉTISME POUR INSPIRER DES VILLES DURABLES

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

Les stratégies bio-inspirées peuvent par exemple être utilisées pour :

- Une gestion efficace de l'énergie (réduction de la consommation, augmenter la réutilisation, optimiser le stockage),
- Des essais de nouveaux matériaux bio-sourcés ou bio-inspirés pour la construction,
- Un recyclage des matériaux, produits et services (économie circulaire, voir ci-dessous),
- Une gestion bio-inspirée des flux,
- De nouveaux concepts de mobilité,
- Une bio-rémediation des sols pollués (phyto-rémediation ou myco-rémediation) .

Dans cette nouvelle perspective de développement durable, 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...

Anouk Legendre, architecte à la tête du **cabinet X-TU Architects**, nous fera partager sa vision d'un avenir proche où nous pourrions cultiver des algues sur les façades inexploitées de nos bâtiments pour à la fois dépolluer, consommer moins d'énergie, et produire des ingrédients naturels pour la cosmétique, la santé ou encore l'alimentation.

<http://www.x-tu.com/> <https://vimeo.com/158298578>

Le CEEBIOS anime depuis l'été 2015 un **groupe de travail sur l'Habitat Bio-Inspiré**, regroupant 8 grands groupes industriels, des universités, cabinets d'architecture et designers dans le but de définir le cahier des charges de l'habitat de demain par le biomimétisme, et de mener à bien des projets concrets sur des thématiques liées à l'efficacité énergétique, la qualité de l'air et de l'eau, et les éco-matériaux.

<http://ceebios.com/nos-actions/>



RENOUVEAU AGRICOLE

L'approche éco-mimétique consiste à observer et à imiter le fonctionnement des écosystèmes naturels afin de développer les agroécosystèmes durables. Ce n'est pas un type d'agriculture en soi, mais une approche qui se trouve dans différentes tendances agronomiques, y compris l'agriculture biologique et écologiquement intensive.

L'approche est basée sur des données scientifiques sur différents paramètres à optimiser : la biodiversité, la résilience, la productivité, la stabilité, l'auto-organisation.

Six principes définissent ainsi l'approche éco-mimétique:

- 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.

La Ferme biologique du Bec Hellouin un lieu de production, de recherche et de transmission. Plus de 800 variétés de fruits et légumes croissent dans ses jardins, dans un respect absolu de l'environnement, grâce aux concepts de la permaculture. De nombreuses recherches y sont menées pour explorer des pratiques agricoles naturelles et efficaces, qui contribuent à la régénération de la biosphère.
<http://www.fermedubec.com>
<https://vimeo.com/144123275>



Ferme du Bec Hellouin

ECONOMIE CIRCULAIRE

Un écosystème naturel est un système complexe d'interactions entre les organismes vivants et leur environnement. Ces interactions qui s'appuient sur des cycles fermés, des boucles de rétroaction, des redondances, des sous-systèmes sont la clé des performances des écosystèmes, en termes de production de biomasse, et d'efficacité de la gestion des ressources.

Dans les systèmes de production et de consommation humains, la standardisation et la spécialisation de chaînes industrielles linéaires, pour améliorer la performance et le débit, sont les modèles les plus couramment mis en place. Mais, dans de nombreux cas, c'est au prix d'une plus grande vulnérabilité, et une mauvaise optimisation de l'énergie et de l'utilisation des matériaux. Les principes de l'économie circulaire ouvrent une fenêtre pour la conception de systèmes de production territoriaux intégrés, renforçant la coopération et l'adaptabilité. Les approches territoriales, travaillant sur les ressources et les compétences disponibles, permettent la conception de «symbioses industrielles», imitant les interactions et les boucles fermées en place dans les systèmes vivants, conduisant à une augmentation radicale de la productivité et une diminution de la consommation des ressources naturelles.

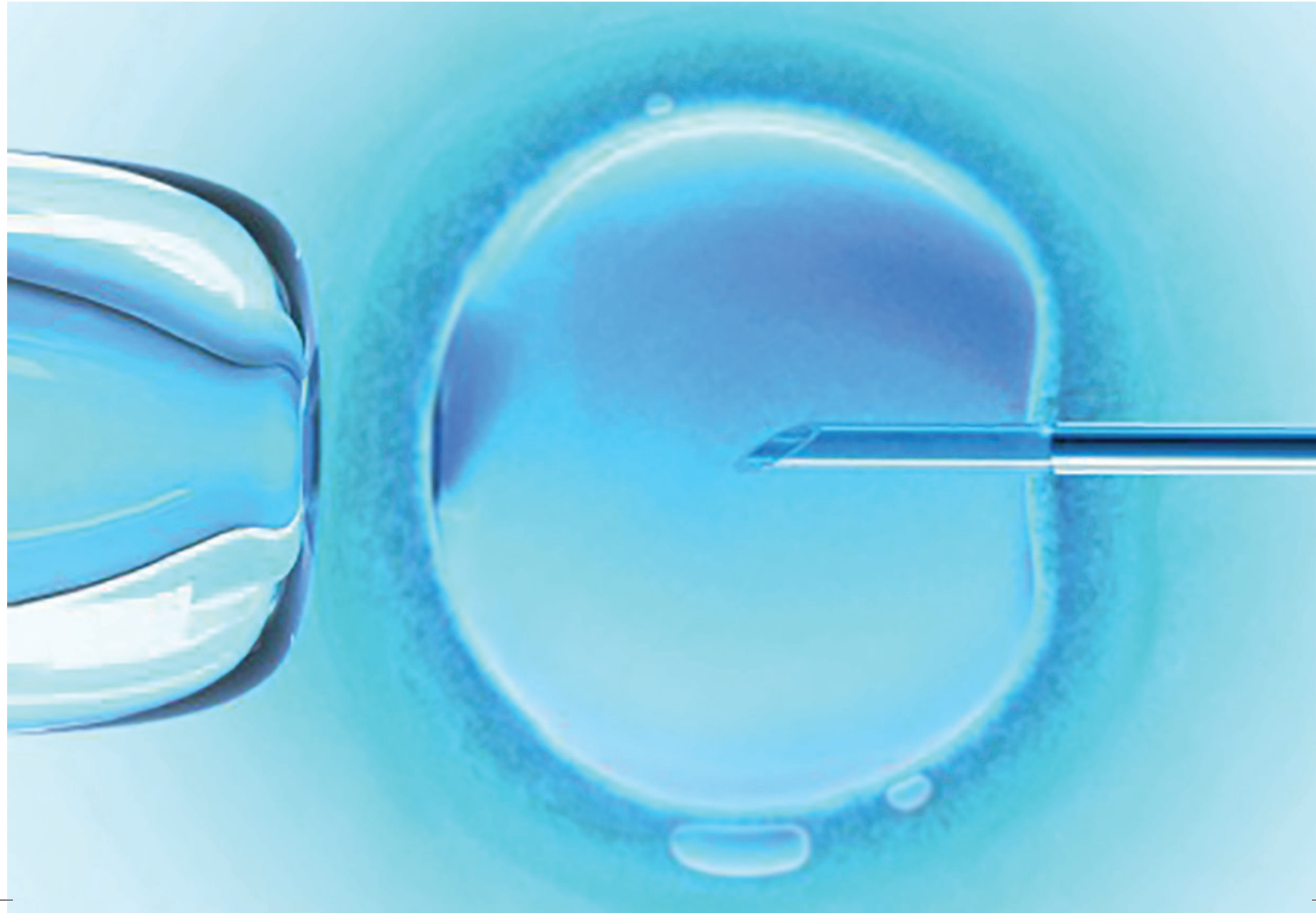
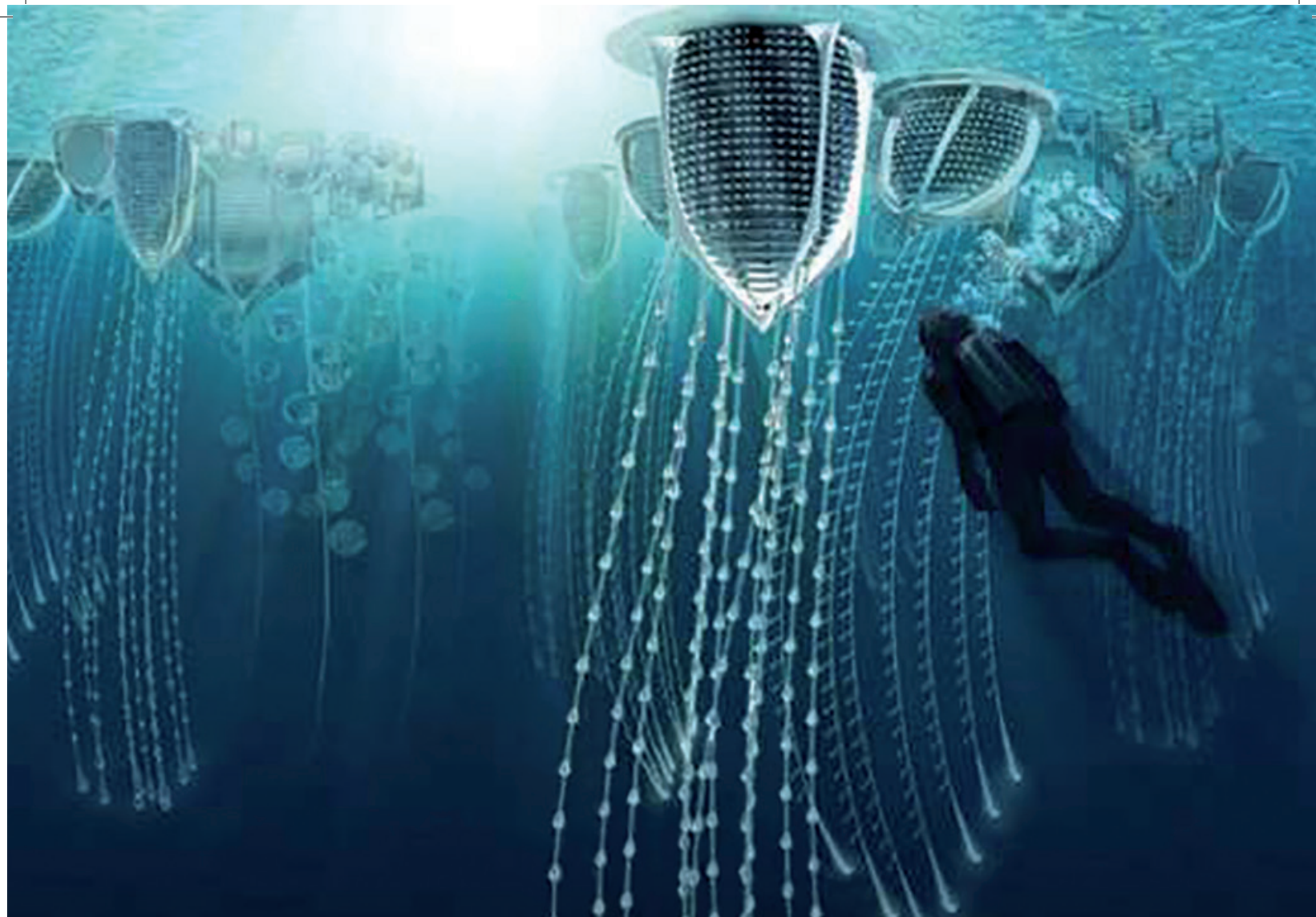


Des exemples pertinents peuvent être trouvés dans le monde entier, au Canada, en Chine, au Danemark, en Suisse et en France où l'Institut de l'Economie Circulaire a été créé en 2012.

Membre de l'Institut depuis 2012, la Région Aquitaine soutient la démarche d'économie circulaire depuis décembre 2014, et accompagne plusieurs projets tels que :

- Le site gazier de Lacq, 1er exemple français d'écologie industrielle,
- La récupération de chaleur pour les serres de Parentis,
- Le projet Cyclabat pour le secteur du bâtiment,
- Le projet Siniat pour le recyclage du plâtre.

Ces projets ne font pas aujourd'hui appel à l'approche bio-inspirée mais pourraient bénéficier de ce levier pour répondre aux objectifs et engagements de la région.



**LES ACTEURS
AQUITAINS
ENGAGÉS DANS
LA DÉMARCHE**



ACTEURS ACADÉMIQUES

Sur le territoire de l'ancienne région Aquitaine, plusieurs groupes de recherche de renommée internationale font appel à la démarche biomimétique, notamment dans les domaines de la chimie verte, des éco-matériaux, et des systèmes d'information

CHIMIE

INSTITUT EUROPÉEN DE CHIMIE ET BIOLOGIE (CNRS- IECB)

Chimie et Biologie des Membranes et nanoobjets" (CBMN),
CNRS/Université Bordeaux 1/ENITAB (UMR 5248)

Groupe «Chimie Supramoléculaire Biomimétique»

Responsable : Ivan Huc

<http://www.iecb.u-bordeaux.fr/teams/HUC/>

Le groupe de recherche «Chimie supramoléculaire biomimétique» travaille sur des oligoamides aromatiques, des biomacromolécules inspirées des protéines et des acides nucléiques, mais qui diffèrent significativement de celles-ci, ouvrant ainsi vers d'autres structures, fonctions et applications.

Groupe «Chimie Peptidomimétique»

Responsable : Gilles Guichard

<http://www.guichard-iecb.fr/>

Le groupe de recherche «Chimie Peptidomimétique» explore des biomacromolécules inspirées des protéines, ainsi que leurs applications, notamment dans le domaine biomédical (reconnaissance et délivrance de molécules) ou encore dans le domaine de la synthèse (catalyse).

Groupe «Petits ARNs et Aptamères»

Responsable : Jean-Jacques Toulmé

http://www.iecb.u-bordeaux.fr/teams/TOULME/Site_TOULME/Welcome.html

Le groupe «Petits ARNs et aptamères» s'intéresse aux aptamères, des acides nucléiques capables de s'hybrider avec un grand nombre de petites molécules.

Ils ont les mêmes fonctions que les anticorps, tout en ayant un potentiel de détection beaucoup plus fort et en étant beaucoup plus simples à produire.

Ils peuvent être programmés pour détecter une très grande variété de molécules. Leur applications sont nombreuses, notamment dans le domaine du biomédical, ou encore comme biocapteurs environnementaux.

Le groupe est impliqué dans le projet SELKISS, qui vise à développer le suivi automatisé des interactions entre aptamères et molécules à détecter, avec des applications dans les secteurs biomédicaux et environnementaux.

CENTRE DE RECHERCHE PAUL PASCAL (CNRS-CRPP)

Groupe «Matériaux fonctionnels par ingénierie colloïdale»

Responsable : Serge Ravaine

<http://www.crpp-bordeaux.cnrs.fr/spip.php?article1019>

Le groupe «Matériaux fonctionnels par ingénierie colloïdale» travaille sur la création de matériaux fonctionnels innovants par auto-assemblage. Les applications de ces matériaux sont nombreuses, aussi bien en chimie qu'en acoustique, ou encore dans le domaine du biomédical.

Le groupe est impliqué dans le projet LAAKIRI, qui vise à produire des particules iridescentes bio-inspirées, qui génèrent des couleurs sans pigments d'une stabilité exemplaire, et qui peut aussi trouver des applications dans les filtres optiques.

Chimie intégrative

Responsable : Rénal Backov

<http://www.crpp-bordeaux.cnrs.fr/spip.php?article1019>

Une des thématiques de recherche du groupe «Matériaux fonctionnels par ingénierie colloïdale» est la chimie intégrative, une chimie bio-inspirée au carrefour de plusieurs autres domaines de la chimie (chimie d'intercalation, chimie supramoléculaire, physico-chimie de la matière molle, génie des procédés).

Parmi les applications, on compte entre autres des revêtements antirayures, et des lotions solaires et antiacnéiques.

LABORATOIRE DE CHIMIE DES POLYMÈRES ORGANIQUES (CNRS-LCPO)

Groupe «Auto-assemblage des polymères et sciences de la vie»

Responsable : Sébastien Lecommandoux

<http://www.lcpo.fr/index.php/fiche-utilisateur?id=227>

Le groupe «Auto-assemblage des polymères et sciences de la vie» explore la conception de virus et cellules de synthèse par une approche biomimétique, ainsi que la conception de polymérosomes pour la délivrance de médicaments.



ECO-MATERIAUX

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE DE RECHERCHE SUR LES MATÉRIAUX ET L'ENVIRONNEMENT (IPREM, UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR)

Groupe «Physique-chimie des polymères»

Responsable : Laurent Billon

<http://iprem-epcp.univ-pau.fr/live/>

Le groupe «Physique & chimie des polymères» développe des matériaux polymères innovants performants à fonctionnalité et structure bio-inspirées.

Le groupe est impliqué dans le développement de polymères/formulations fonctionnels issus de pin des Landes, pour la solubilisation de parfum (projet PAATER) et la réalisation d'adhésif/peinture (TERPENS) ou issus de phéromones pour la confusion sexuelle (TAUPIN'UP).

Une réflexion structurale et architecturale permet de développer des matériaux poreux bio-inspirés des datomées pour des applications photovoltaïque/OLED/Photosynthèse artificielle (PHOTOLIGHT/SMOLED/ALPHOS) mais aussi mimant l'adhésion/mobilité contrôlée de gouttelettes d'eau (DEW H2020), jusqu'à des particules iridescentes bio-inspirées qui génèrent des couleurs sans pigments (LAKKIRI), d'une stabilité exemplaire, qui peuvent trouver des applications dans les filtres optiques.

SYSTEMES D'INFORMATION & SYSTEMES INTELLIGENTS

INSTITUT DE MATHÉMATIQUES DE BORDEAUX (IMB)

Groupe "Mathématiques pour la dynamique des populations"

<http://www.math.u-bordeaux1.fr/imb/mathematiques-pour-la-dynamique-des-populations>

Le groupe "Mathématiques pour la dynamique des populations" modélise de nombreux systèmes vivants, parmi lesquels les dynamiques neuronales, les oscillations du calcium, le métabolisme mitochondrial, les systèmes hôtes-microparasites, ou encore les systèmes prédateurs-proie.

Groupe "Méthodes formelles"

Responsable : Olivier Ly

<http://www.labri.fr/perso/ly/>

Parmi les nombreux sujets d'études du groupe "Méthodes formelles" du LaBRI figure le développement du robot humanoïde "Acroban". Ce robot est né du projet "Rhoban", qui inclut une réflexion plus large sur la robotique autonome, entre autres autour d'applications pour l'agriculture de précision.

BIOMEDICAL

INSTITUT INTERDISCIPLINAIRE DES NEUROSCIENCES (CNRS)

Groupe "Dynamique de l'organisation et des fonctions synaptiques"

Responsable : Mathieu Sainlos

<http://www.inb.u-bordeaux2.fr/dev/FR/equipe.php?equipe=Dynamique%20de%20l%27organisation%20et%20des%20fonctions%20synaptiques>

Le groupe "Dynamique de l'organisation et des fonctions synaptiques" a développé des nouveaux ligands moléculaires biomimétiques pour perturber spécifiquement la transmission de l'information au cerveau au niveau des neurones excitateurs glutamatergiques.

INSTITUT EUROPÉEN DE CHIMIE ET DE BIOLOGIE (CNRS-IECB)

Groupe "Spectroscopie RMN des complexes protéines-acides-nucléiques"

Responsable : Cameron Mackereth

<http://www.nmrbordeaux.org/>

Le groupe "Spectroscopie RMN des complexes protéines-acides-nucléiques" collabore avec le groupe "Dynamique de l'organisation et des fonctions synaptiques" sur le développement de ligands biomimétiques au niveau synaptique, à travers le "Blue Sky program" développé au sein du "LABEX Brain".



Institut Européen de Chimie Biologie et (IECB) à Bordeaux.



ACTEURS ÉCONOMIQUES

Plusieurs acteurs économiques (TPE, PME, ETI, grands groupes) implantés en Aquitaine innovent en s'appuyant sur la démarche biomimétique, dans des domaines aussi variés que l'énergie et le biomédical, en passant par le renouveau agricole ou encore l'économie écologique.

ENERGIE

Beyond the Sea

Responsable : Yves Parlier

http://www.parlier.org/beyond_the_sea/fr/beyond_the_sea.php?beyond=1

Le navigateur Yves Parlier développe des voiles de cerf-volant inspirées de l'aile de la libellule pour tracter des cargos. Equiper les bateaux avec ces voiles devrait permettre d'économiser ainsi jusqu'à 25% de leur consommation en carburant par vent favorable. Le projet Beyond the Sea fait l'objet de partenariats académiques (ENSTA Bretagne, etc) et privés (Porcher Industries, etc).



Fermentalg

Responsable :

<http://www.fermentalg.com/marches/biocarburants.html>

Fermentalg développe des agro-carburants de troisième génération basés sur les micro-algues, ou algocarburants. N'étant pas en compétition avec les cultures alimentaires pour le sol, et étant nourries par des sous-produits de l'industrie chimique et alimentaire, les micro-algues offrent une alternative intéressante aux agro-carburants existants.

Fermentalg développe de nombreux partenariats académiques (CNRS, CEA, etc) et industriels (Processium, Avenium, etc).

ADVTech

Responsable : Arnaud Curutchet

<http://www.adv-tech.fr/>

L'éolienne urbaine développée par ADVTech a des pales à angle variable, ce qui la rend silencieuse et très performante. Son rendement de conversion (rapport entre l'énergie du vent et l'énergie électrique produite) peut monter jusqu'à 45%.

Cette éolienne est inspirée du rotor épicycloïdal, un moteur de propulsion naval inventé dans les années 1990, lui-même inspiré de la godille ou du mouvement des queues de poisson.

Le prototype d'ADVTech a été distingué par ENGIE lors d'un appel à projet.



BIOMEDICAL

Ureka

Responsable : Sébastien Goudreau

<http://www.cbmn.u-bordeaux.fr/187-actualites-ureka--une-nouvelle-start-up-issue-des-travaux-de-recherche-dune-equipe-de-cbmn.html>

Ureka est une jeune entreprise innovante explorant les débouchés thérapeutiques des foldamères peptidomimétiques explorés par le groupe «Chimie peptidomimétique» du laboratoire de Chimie et de Biologie des Membranes et Nano-Objets (CBMN).

Les laboratoires de Biarritz

Responsable : Colin Mc Reynolds

<http://www.laboratoires-biarritz.fr/les-laboratoires/>

Les laboratoires de Biarritz développent des protections solaires et des soins labélisés bio.

Alga-gorria, une formulation des laboratoires de Biarritz, a été développée en s'inspirant de l'algue rouge du pays Basque.



MATERIAUX

S'Wings

Responsable : Philippe Lopez

<http://www.s-wings.surf/fr/>

La dérive de planches de surf flexible S'Wings s'inspire du déplacement des poissons, et permet ainsi d'améliorer la manibilité de la planche et l'expérience des surfers. Elle a fait l'objet de tests en partenariat avec l'ESTIA dans le cadre de la démarche «Ocean Living Lab» de l'agglomération de Biarritz. Elle a aussi été distinguée par EUROSIMA et l'Outdoor Sports Valley dans le cadre d'un appel à projet.



qui se caractérisent par la complémentarité et les synergies entre les espèces qui y cohabitent, contribuant ainsi à la productivité et à la résilience (résistance aux perturbations) du système. Ils utilisent des insectes auxiliaires pour lutter contre certains des parasites de la vigne. Ils utilisent ainsi la prédation naturelle de ces insectes auxiliaires sur les parasites en substitut de l'utilisation de produits phytosanitaires toxiques et coûteux.

La Zone d'Agriculture Urbaine Expérimentale (Zaué)

Responsable : Jean Marc Gancille

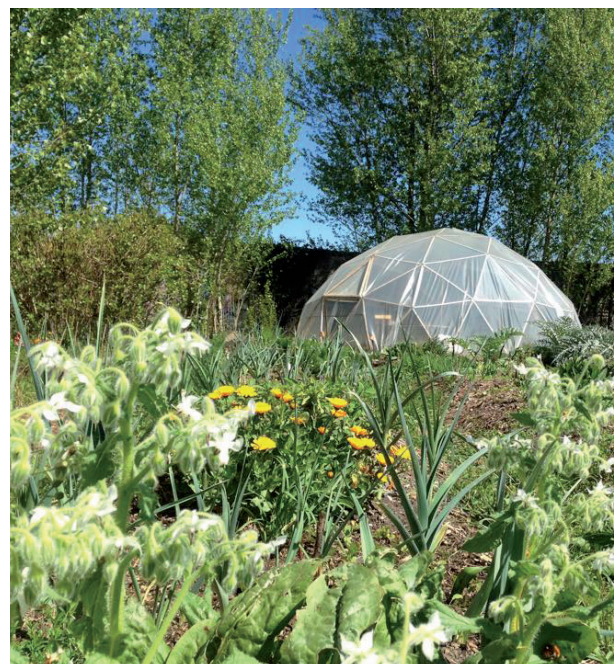
<http://caserneniel.org/zaue/>

La Zone d'Agriculture Urbaine Expérimentale (Zaué) est un projet mené par le groupe Evolution, et rattaché à l'éco-quartier Darwin. Une friche de l'éco-quartier a été convertie en terrain d'expérimentations des nouvelles formes d'agriculture urbaines, certaines étant bio-inspirées.

L'aquaponie, par exemple, vise à combiner l'hydroponie (la culture hors-sol de légumes) avec l'aquaculture (l'élevage de poissons). L'aquaponie s'inspire des écosystèmes aquatiques, dans lesquels les déjections des poissons viennent alimenter le sol de l'étang et fertiliser les plantes aquatiques qui y poussent.

La permaculture fait également partie des nouvelles formes d'agriculture expérimentées à Zaué. La permaculture, proche de l'agro-écologie, propose de concevoir et développer des écosystèmes productifs.

Zaué a ainsi réuni des chercheurs de l'INRA et de Bordeaux Agrosiences, la ville et la métropole de Bordeaux, ainsi que le ministère de l'écologie et du développement durable, pour aider à ces nouvelles formes d'agriculture bio-inspirées d'émerger en territoire aquitain



RENOUVEAU AGRICOLE

Les Vignerons de Buzet

Responsable : Pierre Philippe

<http://www.vignerons-buzet.fr/>

Les Vignerons du Buzet (198 viticulteurs) pratiquent une viticulture raisonnée, pratiquant notamment une forte réduction des intrants chimiques, avec 100 % d'engrais naturels non chimiques sur leurs vignobles, et 26 ha de cignobles exploités en agriculture biologique.

Certaines des approches mises en oeuvre se rapprochent du biomimétisme.

Les rangs de certains vignobles sont par exemple plantés de féveroles, une légumineuse, et d'avoine, pour nourrir le sol en azote, l'aérer, et le protéger des herbes envahissantes. Cette stratégie d'association de cultures s'inspire directement des écosystèmes naturels (dans lesquels la monoculture n'existe pas)



M2I Life Sciences

Responsable : Philippe Guerret

Site web : <http://www.m2i-lifesciences.com/>

M2I développe de nouvelles solutions de substitution des pesticides par des actifs basés sur les phéromones, imitant ainsi la façon dont les insectes communiquent pour les piéger, sans diffuser de composés éco-toxiques dans l'environnement. Le projet Taupin'Up, mené en collaboration avec l'IPREM EPCP et la plateforme de recherche CANOE vise à combiner des actifs basés sur des phéromones ciblant le taupin (parasite de la vigne) et un support biodégradable, afin d'éviter de devoir collecter les diffuseurs en fin de saison. Pour information, la vigne représente 3,7% de la surface agricole du territoire, mais 20 % de la consommation en pesticides.

M2i Life sciences, a reçu en 2015 le grand prix «Innovation dans les technologies» pour la micro-encapsulation verte des phéromones à des fins de protection biologique des cultures.

Scyll'Agro

Responsable : Sébastien Bonduelle

<http://www.scyllagro.com/>

L'entreprise Scyll'Agro développe des produits de bio-contrôle basés sur les phéromones, s'inspirant ainsi de la communication entre insectes pour proposer un substitut aux pesticides étant tout aussi efficace, sans être écotoxique. Scyll'Agro travaille en partenariat avec des acteurs académiques, entre autres avec l'IPREM ou encore XYLOMAT.

Jade International

<http://jade-international.fr/>

Jade International développe des produits innovants et écologiques pour la nutrition et la protection des plantes. Certains de produits de Jade International sont basés sur des principes actifs du vivant. Jade International travaille en partenariat avec des acteurs académiques, entre autres l'Université de Shanghai.

ECONOMIE

Vertigolab

Responsable : Thomas Binet

<http://www.vertigolab.eu/>

Vertigolab 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.

VILLES DURABLES

Nobatek

Responsable/correspondant : Frédéric Betbeder

<http://www.nobatek.com/structure.html>

Nobatek s'intéresse au biomimétisme appliqué à l'habitat, à la fois dans le cadre du projet Paradesee (design paramétrique pour la conception énergétique et environnementale des bâtiments) et dans le cadre des travaux menés au sein d'INEF4, dont il est membre fondateur.

Groupe Evolution

Responsable : Jean-Marc Gancille

<http://www.darwin-ecosysteme.fr>

L'éco-quartier Darwin, installé dans l'ancienne Caserne Niel, a été en partie conçu par une approche biomimétique. Les interactions entre les multiples parties prenantes de ce quartier ont été inspirées par les relations entre les espèces dans les écosystèmes. Les usagers de l'éco-quartier Darwin auraient une empreinte écologique significativement réduite par rapport à la moyenne nationale.

**COMPÉTENCES
EN
LIMOUSIN
ET
POITOU-CHARENTES**



Cette étude a également permis d'amorcer une identification des compétences académiques en biomimétisme dans le cadre du nouveau périmètre régional, sur le territoire des anciennes régions Limousin et Poitou-Charentes.

CHIMIE

INSTITUT DE CHIMIE DES MILIEUX ET DES MATÉRIAUX DE POITIERS (IC2MP- Université de Poitiers)

Groupe «Catalyse et milieux non conventionnels»

Responsable : Christophe Coutanceau

<http://ic2mp.labo.univ-poitiers.fr/equipes-de-recherche/catalyse-et-milieus-non-conventionnels-e4/>

Le groupe «Catalyse et milieux non conventionnels» s'intéresse à la catalyse en milieux hétérogènes et complexes. La variété des matières premières, notamment renouvelables issues de la biomasse, nécessite de développer des nouvelles techniques de synthèse et catalyse adaptées. La chimie du vivant s'opérant dans des milieux complexes et hétérogènes (comme le milieu cellulaire), elle peut être source d'inspiration pour le développement de ces nouvelles méthodes.

LABORATOIRE DE CHIMIE DES SUBSTANCES NATURELLES (LCSN, CNRS-Université de Limoges)

Groupe «Chimie des nucléosides, des macrocycles tétrapyrroliques et des glucides»

Responsable : Stéphanie Lehz

http://www.unilim.fr/lcsn/?page_id=308

Le laboratoire de Chimie des Substances Naturelles s'intéresse (entre autres) à une famille de molécules issues du vivant, les porphyrines, qui une fois modifiées fonctionnalisées (modifiées chimiquement), peuvent être ciblées vers des cellules spécifiques, et activées par la lumière pour tuer ces cellules. Des applications pour la suppression de tumeurs sont développées, ainsi que pour le développement d'un herbicide.

MATERIAUX

LABORATOIRE « LITTORAL, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉS » (LIENSS, Université de la Rochelle)

Groupe «Approches moléculaires, environnement-santé» (AMES)

Responsable : Eric Rosenfeld

<http://lienss.univ-larochelle.fr/Equipe-AMES>

Le groupe AMES s'intéresse aux processus de biocatalyse et à la biochimie pour identifier de nouvelles molécules bioactives intéressantes pour le biomédical, ainsi que des nouvelles voies de synthèse bio-inspirées. Plus particulièrement, l'origine de l'iridescence d'une communauté bactérienne a été investiguée, travaux qui mèneront peut-être à de nouvelles applications dans le textile, les peintures ou les cosmétiques.

SYSTEMES D'INFORMATION & SYSTEMES INTELLIGENTS

INSTITUT DE RECHERCHE ET INGÉNIERIE POUR LES TRANSPORTS ET L'ENVIRONNEMENT (INSTITUT P', CNRS-UNIVERSITÉ DE POITIERS)

Département «Génie Mécanique et Systèmes Complexes»

Groupe «Robotique, Biomécanique, Sport et Santé»

Responsable : Pascal Seguin

<http://www.pprime.fr/?q=fr/recherche-scientifique/d3/robioss>

Le groupe «Robotique, Biomécanique, Sport et Santé» s'intéresse à l'interaction entre la robotique et la biomécanique du corps humain. Une thèse intitulée «Biomimétisme, génération de trajectoires pour la robotique humanoïde à partir de mouvements humains» a plus particulièrement étudié l'utilisation de données extraites de mouvements humains pour optimiser la locomotion de robots humanoïdes. Ce groupe de recherche investigate également la préhension et la manipulation dynamique de mains biomimétiques.

Laboratoire «Informatique, Image, Interactions» (L3I, Université de la Rochelle)

Responsable : Vincent Courboulay

<http://l3i.univ-larochelle.fr/Courboulay-Vincent-MCF>

Le laboratoire L3I s'intéresse à la gestion interactive et intelligente des données numériques. Plus spécifiquement, certains membres du groupe se sont intéressés à développer un système de traitement d'images adaptable et efficace dont l'architecture s'inspire du système de perception visuelle humaine dans ces dimensions comportementales.



LABORATOIRE XLIM (CNRS - UNIVERSITÉ DE POITIERS)

Secteur «Signal, Image, Communications» (SIC)

Groupe «Images, couleurs, mouvements, reliefs, surfaces» (ICONES)

Responsable : Anne-Sophie Capelle-Laizé

<http://xlim-sic.labo.univ-poitiers.fr/themes/icones/index.php>

Le groupe de recherche ICONES s'intéresse à l'analyse et le traitement des images, avec un intérêt particulier pour la couleur. Un projet de thèse dédié au traitement bio-inspiré d'images colorées de scènes naturelles a été proposé, incitant à aller chercher l'inspiration pour de nouveaux algorithmes dans la neurophysiologie de la vision.



SILAB

BIOMEDICAL

LABORATOIRE «SCIENCE DES PROCÉDÉS CÉRAMIQUES ET DE TRAITEMENTS DE SURFACE» (SPCTS, CNRS-UNIVERSITÉ DE LIMOGES-ENSCI)

Groupe «Biocéramiques fonctionnalisées»

Responsable : Eric Champion

<http://www.unilim.fr/spcts/-Bioceramiques-fonctionnalisees-.html>

Le groupe «Biocéramiques fonctionnalisées» développe des implants biomédicaux céramiques favorisant la croissance osseuse par ajout de molécules spécifiques à leur surface. Le développement de certaines biocéramiques, les apatites nanocristallines biomimétiques, a permis de faciliter l'ajout des molécules favorisant la croissance osseuse à la surface des implants.

SILAB

http://www.silab.fr/produits-innovants_fr.html

SILAB développe, fabrique et commercialise auprès des grands noms de l'Industrie Cosmétique, des ingrédients actifs dans le domaine de la dermo-cosmétique

Issus de matières premières d'origine naturelle, leurs principes actifs cosmétiques, constituent une gamme complète couvrant tous les grands thèmes du soin de la peau et du cheveu.



CONCLUSIONS

La Région 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.

L'étude prospective menée ici s'intègre à cette volonté de positionner la Région en territoire d'innovation.

Les compétences et manifestations d'intérêts recensées font de la Nouvelle-Aquitaine, avec l'Ile-de-France et Rhône-Alpes-Auvergne, l'une des régions françaises les plus avancées dans l'innovation bio-inspirée.

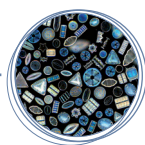
Une implémentation efficace du biomimétisme dans les stratégies R&D territoriales nécessitent toutefois de :

- Fédérer les acteurs, en concertation et collaboration avec les autres initiatives nationales,
- Animer ce réseau, notamment par la mise en place de groupes de travail,
- Faciliter la mise en place de formations qui s'appuieront sur l'excellence de la recherche académique territoriale,
- Communiquer et sensibiliser les différentes parties prenantes à la démarche.

Si la France est en retard par rapport à d'autres pays européens, tel que l'Allemagne, dans l'intégration de la bio-inspiration dans les stratégies d'innovation, le positionnement de la Nouvelle-Aquitaine pourrait, en réponse aux objectifs de la conférence Paris Climat 2015, contribuer à positionner notre pays en pionnier quant à la prise en compte des enjeux de durabilité et de transition écologique par le biomimétisme.



RECOMMANDATIONS ET FEUILLE DE ROUTE



FÉDÉRATION DU RÉSEAU RÉGIONAL D'ACTEURS

Afin de fédérer de façon efficace le réseau régional, la désignation d'un coordinateur territorial sur la thématique est indispensable, en s'appuyant sur les acteurs de l'innovation et de la biodiversité sur le territoire :

- Les services du Conseil Régional, en particulier :
 - la direction de la recherche,
 - les directions de l'environnement et de l'énergie,
 - la direction de l'industrie
- Les structures régionales de soutien à l'innovation, en particulier :
 - Les Agences de Développement et d'Innovation
 - Les structures Scientifiques de Transfert
- Les pôles de compétitivité et les clusters
- Les structures liées à la gestion et à la protection de la biodiversité :
 - Les Agences Régionales pour l'Environnement et la Biodiversité
 - Les Parcs naturels régionaux de la région...
 - Les CRITT
 - Les Laboratoires de Recherche

Ce coordinateur aurait pour missions :

- D'affiner l'identification des compétences sur le territoire de la nouvelle grande région
- De diffuser le souhait de structuration au sein des différentes institutions de recherche et d'innovation présentes sur le territoire régional,
- D'aider à la définition des axes prioritaires de travail

Idéalement cette action se fera en articulation et coordination avec les actions nationales dédiées à l'approche.

En particulier, le CEEBIOS est soutenu en 2016 par le MEEM pour coordonner un groupe de travail interrégional pour le déploiement du biomimétisme comme stratégie de R&D responsable dans les territoires.

Ainsi, les régions Nouvelle-Aquitaine, Picardie Nord Pas de Calais, IDF, PACA, ou encore Auvergne Rhône Alpes, ont récemment confirmé leur intérêt pour un développement de la démarche sur leur territoire.

ANIMATION DU RÉSEAU RÉGIONAL

L'animation de ce réseau passera par la mise en place de groupes de travail sur des thématiques prioritaires, en cohérence avec les compétences et intérêts économiques régionaux. Ainsi les premières réflexions pourront elles s'articuler autour de :

- la chimie et matériaux bio-inspirés,

- les systèmes d'information,
- la croissance verte et bleue,
- la bio-inspiration dans l'agriculture et l'agro-alimentaire,
- l'habitat bio-inspiré, en concertation avec les initiatives déjà engagées sur ce thème à l'échelle nationale (CEEBIOS notamment).

Ces groupes de travail auront pour objectif de contribuer à :

- un état de l'art,
- la définition collective des principaux enjeux des filières concernées,
- la définition de projets de R&D prioritaires à fort impact économique, par le biomimétisme,

Ces actions pourront aboutir à des mesures incitatives en faveur des acteurs de la recherche et de l'innovation par la bio-inspiration :

- En faisant du biomimétisme une thématique des appels à projet lancés par la Région,
- En incitant à la mise en place de chaires industrielles

ACTIONS EN FAVEUR DE LA FORMATION QUALIFIANTE ET DIPLÔMANTE

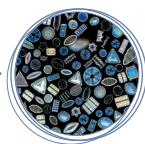
Les opérateurs locaux de l'enseignement devront s'appuyer sur le caractère transversal du biomimétisme pour créer des ponts entre les disciplines au niveau de la formation universitaire :

- Intégrer explicitement la thématique à l'offre de formations universitaires, sous formes de modules et de DU, à court terme,
- Lancer des projets et concours fédérant des étudiants de plusieurs cursus pédagogiques,
- Participer et contribuer au groupe de travail national sur les formations en biomimétisme lancé par le CEEBIOS en 2016,
- Mettre en place des chaires industrielles,
- A long terme, œuvrer pour la mise en place d'une formation de niveau master.

COMMUNICATION ET DIFFUSION

Afin de capitaliser au mieux les actions précédemment listées et les projets qui en découleront, une communication efficace passera par :

- La publication de rapports et études en écho aux groupes de travail pré-cités.
- Un cycle événementiel : intégration de la thématique biomimétisme aux événements régionaux dédiés à l'innovation et d'autres thématiques connexes, comme la croissance verte, ou des domaines disciplinaires comme les matériaux, la chimie, l'énergie, la croissance bleue, etc
- La contribution et participation aux événements nationaux.



RESSOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

DOCUMENTS NUMÉRIQUES

- L'Aquitaine, terre d'excellence scientifique, La Recherche (supplément), 2011
- Carte du Club des Entreprises de Taille Intermédiaire (ETI)
- Carte des Investissements Structurants et des Grands Projets Industriels
- Carte des Usines du Futur, 2014.
- Guide des Pôles et Clusters Aquitains, Aquitaine Développement Innovation, 2014.
- Innover en Aquitaine, le guide des compétences au service des entreprises, Aquitaine Développement Innovation, 2012-2013.
- Liste des participants à la conférence nationale pour la croissance bleue et le climat, 31 août 2015.
- L'offre ADI aux entreprises, Aquitaine Développement Innovation, 2015.
- Rapport d'activité, Aquitaine Développement Innovation, 2012.
- Rapport d'activité, Aquitaine Développement Innovation, 2014.
- Rapport d'activité, Aquitaine Science Transfert, 2012-2013.
- Rapport d'activité, Aquitaine Science Transfert, 2014.

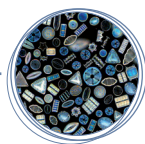
PAGES WEB

- <http://ast-innovations.com/>
- http://ast-innovations.com/wp-content/uploads/CP_CI-10-11-12.pdf
- <http://www.aquitaine-developpement-innovation.com/panorama-des-aides.html#.VhrZ2-ztmko>
- <http://www.aquitaine-developpement-innovation.com/catalogue/actualites/programme-eco-innovation-en-aquitaine.html#.Vhraceztmko>
- <http://les-aides.aquitaine.fr/article355.html>
- <http://www.bordeaux.radio-campus.org/emissions/sciences-a-lantenne/>
- <http://www.france5.fr/emission/le-monde-en-plis>
- http://www.cnrs.fr/inc/communication/direct_labos/guichard.htm
- http://www.lesechos.fr/30/11/2007/LesEchos/20058-061-ECH_la-revolution-permanente-de-la-chimie.htm#60fzFK0CswjgyCUm.99
- <http://formule-verte.com/bio-controle-un-projet-de-m2i-life-sciences-retenu-par-le-20e-fui/>
- <http://www.mon-viti.com/filinfo/viticulture/lutter-contre-le-ver-de-la-grappe-et-le-taupin>
- <http://www.fermentalg.com/technologie/ecosysteme.html>

- http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/beyond_the_sea.pdf
- <http://www.cc-lacqorthiez.fr/investir-entreprendre/recherche-et-developpement/temoignages-de-chercheurs/sebastien-bonduelle-scyllagro.html>
- http://www.cnrs.fr/chimie2_0/spip.php?article54
- http://ast-innovations.com/wp-content/uploads/CP_projets_CI_8et9.pdf
- <http://www.la1ere.fr/2015/07/02/ecologie-des-cargos-tractes-par-cerf-volant-le-pari-fou-d-yves-parlier-268612.html>
- <http://blog.surf-prevention.com/2015/09/19/s-wings/>
- <http://www.nautisme-paysbasque.com/le-projet-s-wings-bientot-teste/>
- <http://www.sudouest.fr/2015/10/28/des-bordelais-creent-une-eolienne-revolutionnaire-pour-la-ville-2167554-705.php>
- <http://objectifaquitaine.latribune.fr/innovation/2014-09-30/bordeaux-l-eolienne-d-adv-tech-cherche-un-vent-porteur.html>
- <http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/lipp.htm>
- <http://blog.surf-prevention.com/2013/04/06/les-proprietes-des-algues-rouges-du-pays-basque/>
- <http://blog.surf-prevention.com/2013/08/11/biomimetisme/>
- <http://www.darwin-ecosysteme.fr/tag/biomimetisme/>
- <http://brain.labex.u-bordeaux.fr/Download/News/PieceJointeInfo/fichier/807.pdf>
- http://www.ville-larochelle.fr/uploads/media/noteINFOExpo_Biomimetisme_et_developpement_durable.pdf
- <http://micm.events/index.html>
- <http://www.vigneronsbuzet-durable.fr/PDF/mag-buzet.pdf>
- <http://caserneniel.org/zaue/>

BIBLIOGRAPHIE

- Adoue, C. (2007). Mettre en oeuvre l'écologie industrielle, (PPUR).
- Allenby, B. (2011). Thoughts on industrial ecology, emerging technologies, and sustainability science. Sustainability Science 6, 119-122.
- Allenby, B. R., and Cooper, W. E. (1994). Understanding industrial ecology from a biological systems perspective. Environmental Quality Management 3, 343-354.
- Anastas, P. T., and Warner, J. C. (1998). Green Chemistry: Theory and Practice, (Oxford University Press, USA).
- Artero, V., and Fontecave, M. (2013). Solar fuels generation and molecular systems: is it homogeneous or heterogeneous catalysis? Chem. Soc. Rev. 42, 2338-2356.
- Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics: using nature as an inspiring model for human innovation.



- Bar-Cohen, Y. (2011). *Biomimetics: nature based innovation*, (CRC Press LLC).
- Bensaude-Vincent, B., and Hessenbruch, A. (2004). Materials science: a field about to explode? *Nat Mater* 3, 345–347.
- Bensaude-Vincent, B., Arribart, H., Bouligand, Y., and Sanchez, C. (2002). Chemists and the school of nature. *New J. Chem.* 26, 1–5.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry*, (New York: Harper Perennial).
- Boeuf, G. (2014). *Biomimétisme et Bioinspiration. Vraiment Durable, victoires éditions*.
- Bourg, D. (2003). *Le nouvel âge de l'écologie*, (Paris: Descartes & Cie).
- Chen, R., Wang, C., Huang, Y., and Le, H. (2008). An efficient biomimetic process for fabrication of artificial nacre with ordered-nanostructure. *Materials Science and Engineering: C* 28, 218–222.
- CO2SolStock report. Biobased CO2 geological storage. (2012). Available at : http://co2solstock.org/sites/co2solstock.org/files/pdf/CO2SolStock%20brochure_light.pdf
- De Pauw, I., Kandachar, P., Karana, E., Peck, D., and Wever, R. (2010). Nature inspired design: Strategies towards sustainability.
- Durand, H. (2012). Étude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France : état des lieux, potentiel, leviers état des lieux, potentiel, leviers.
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: an historical view. *Journal of cleaner production* 5, 1–10.
- Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle*, (Charles Léopold Mayer/ECLM)
- FIT Organizations. Available at: <http://www.slideshare.net/HOKNetwork/fit-organizations> [Accessed September 10, 2014].
- García-Serna, J., Pérez-Barrigón, L., and Cocero, M. J. (2007). New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering. *Chemical Engineering Journal* 133, 7–30.
- Gleich, A. von, Pade, C., Petschow, U., and Pissarskoi, E. (2010). *Potentials and Trends in Biomimetics*, (Springer).
- Laffite, P., and Saunier, C. (2007). *L'apport de la science et de la technologie au développement durable. Tome II : la biodiversité : l'autre choc ? l'autre chance ?*
- Malézieux, E. (2012). Designing cropping systems from nature. *Agronomy for Sustainable Development* 32, 15–29.
- Nocera, D. G. (2012). The artificial leaf. *Accounts of Chemical Research* 45, 767–776.
- Ofta (2001). *Biomimétisme et matériaux arago* 25, (Ofta).
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*, (Riba Pub.).
- Rockström, J. et al. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14, 32.
- Sanchez, C., Arribart, H., and Guille, M. M. G. (2005). Biomimetism and bioinspiration as tools for the design of innovative materials and systems. *Nature materials* 4, 277–288.
- Swiegers, G. (2012). *Bioinspiration and Biomimicry in Chemistry*, (Wiley) .
- Vincent, J. F. (2008). Biomimetic materials. *Journal of Materials Research* 23, 3140–3147.
- Vincent, J. F., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., and Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface* 3, 471–482.
- Zari, M. P. Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation. *Architectural Science Review* 53, 172–1

**HÔTEL DE RÉGION**

14, rue François-de-Sourdis
33077 Bordeaux Cedex
Tél. : 05.57.57.80.00

Site de Limoges

27, boulevard de la Corderie
CS3116
87031 Limoges Cedex 1
Tél : 05.55.45.19.00

Site de Poitiers

15, rue de l'Ancienne-Comédie
CS 70575
86021 Poitiers Cedex
Tél. : 05.49.55.77.00