

# BIOMIMÉTISME EN HAUTS-DE-FRANCE

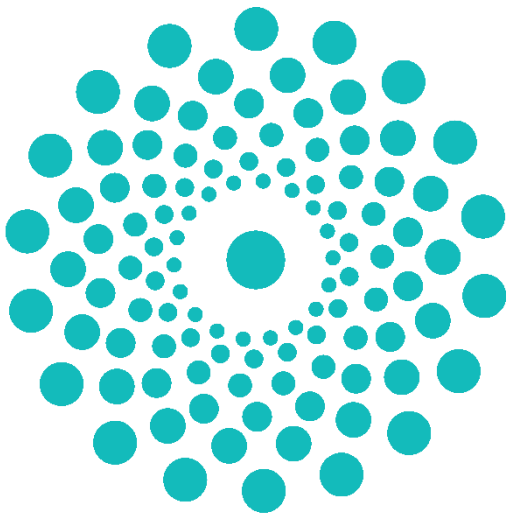
Le Biomimétisme au  
service de la Rev3

2023



Projet co-financé dans le cadre du FRATRI par :





Projet co-financé par  
la Région Hauts-de-France et l'ADEME dans le cadre du FRATRI

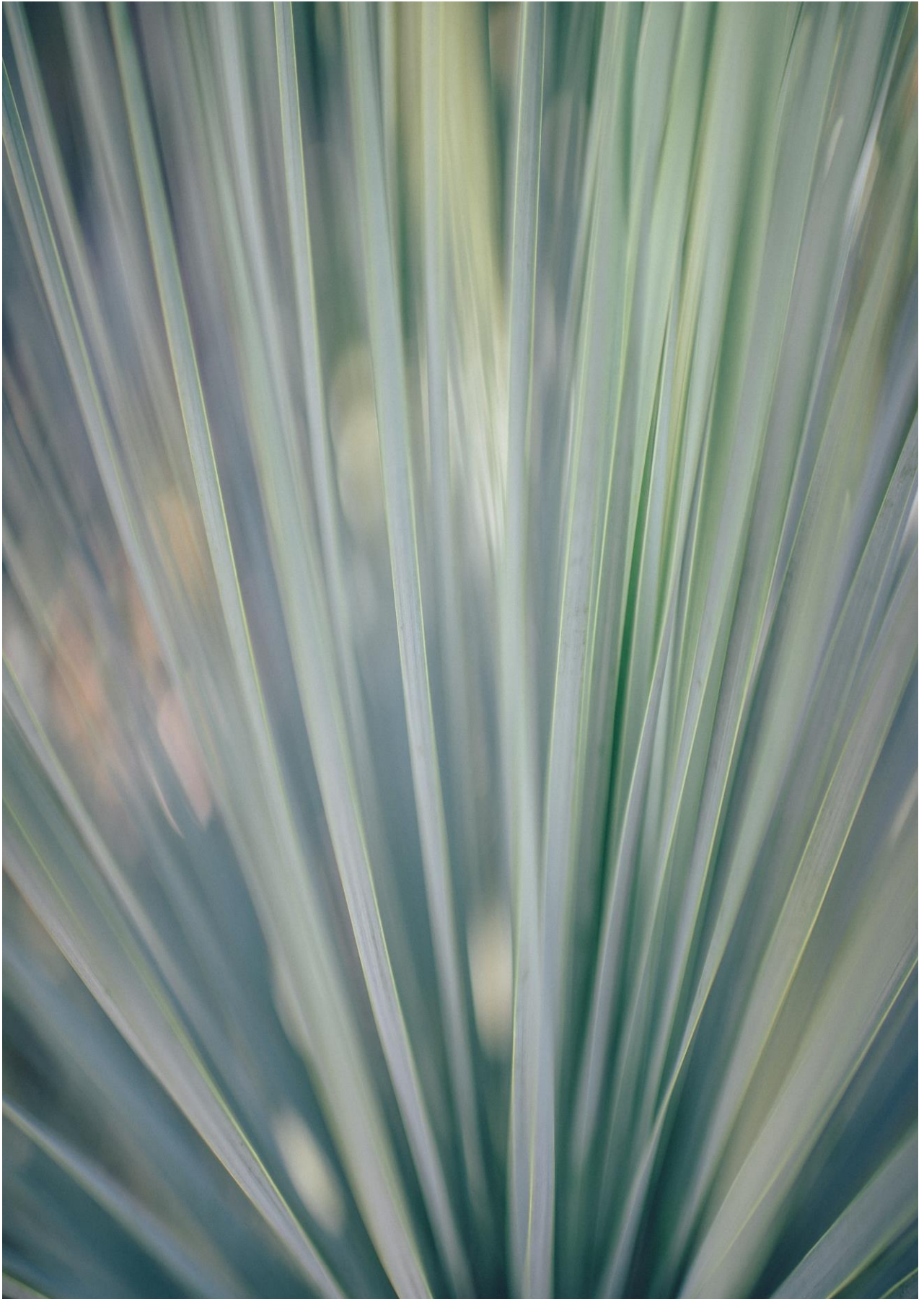
Projet porté par  
**Ceebios**

En partenariat avec  
VertigoLab, Territory Lab, l'Institut des Futurs Souhaitables, la Scop  
novaSens, Amelios, Euramaterials et Newcorp Conseil

# Sommaire

<b>REV3 – TRANSFORMONS LES HAUTS-DE-FRANCE</b>	<b>6</b>
<b>VERS UNE REGION BIO-INSPIREE : LE PROJET BLOOM</b>	<b>7</b>
Les diagnostics et études de préfiguration pour orienter le déploiement du biomimétisme en région Hauts-de-France	8
La structuration et animation de l'écosystème régional d'acteurs bio-inspirés	8
<b>BIOMIMETISME – LE VIVANT AU CENTRE D'UNE STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT SOUTENABLE</b>	<b>9</b>
Une définition normée pour le biomimétisme	10
Quelques notions clés du biomimétisme	11
Les principes et stratégies inspirés du vivant	11
Les services écosystémiques	12
<b>BIOMIMETISME ET REV3</b>	<b>13</b>
<b>Favoriser les filières d'avenir stratégiques, innovantes et créatrices de richesses et d'emplois</b>	<b>13</b>
Mix énergétique	13
Décarbonation	16
Bâtiment durable	22
Mobilité durable	25
Bioéconomie, Agriculture, Forêt-Bois	27
L'économie circulaire	30
<b>Territoires</b>	<b>32</b>
I - Biomimétisme & Territoires	32
II – Ecosystème en région Hauts-de-France	34
<b>Enseignement &amp; Recherche</b>	<b>35</b>
Enseignement	35
Recherche	39
<b>POTENTIEL DU DEPLOIEMENT DU BIOMIMETISME ET RECOMMANDATIONS</b>	<b>43</b>
<b>Conclusions</b>	<b>43</b>
<b>Recommandations</b>	<b>44</b>
Poursuivre l'animation de l'écosystème	44

Mobiliser l'écosystème régional d'accompagnement de l'innovation	44
Poursuivre et soutenir la formation de l'ensemble des acteurs	44
Soutenir financièrement les initiatives	45
Communiquer et diffuser	45
<b>A PROPOS DES AUTEURS</b>	<b>46</b>



# Rev3 – Transformons les Hauts-de-France

Face aux divers défis (climatiques, énergétiques, économiques, etc.) touchant la région et, au-delà, le monde dans son ensemble, les Hauts-de-France sont le lieu d'une dynamique innovante et partenariale : rev3.

La démarche rev3 est portée, dès l'origine (2013) par la Région et par la CCI Hauts-de-France. Essentiellement constituée des projets initiés par les divers acteurs régionaux, elle réunit les quatre « mondes » que sont le monde économique (entreprises, organisations consulaires et professionnelles...), le monde des collectivités territoriales et des acteurs publics (État, établissements publics, communes, intercommunalités...), le monde de la formation et de la recherche (Universités, Grandes écoles, lycées, organismes de formation, laboratoires de recherche...) et, enfin, le monde des citoyens et de leurs associations.

En bientôt dix ans, beaucoup a été fait et, tant du point de vue du nombre de projets (plus de 1500) que des créations d'activités et d'emplois, le bilan est considérable. Cependant, si beaucoup a été fait, beaucoup reste à faire et, loin de pouvoir marquer une pause, rev3 continue d'être une priorité régionale avec la volonté d'une accélération pour ces prochaines années.

Avec la finalité générale d'une société décarbonée et durable à l'horizon 2050, trois grandes transitions sont ainsi à accomplir au mieux :

- Celle des évolutions énergétiques et d'économie des ressources qui s'imposent à nous en regard des enjeux climatiques, ainsi que des impératifs de souveraineté ;
- Celle des évolutions ou plutôt des révolutions techniques et organisationnelles, lesquelles bouleversent les modes de production et de consommation, mais offrent également d'importantes opportunités d'innovations en lien avec les nouveaux modèles économiques (économie circulaire, économie de fonctionnalité et de la coopération, économie collaborative, économie numérique, ...);
- Celle, enfin, des évolutions sociales et sociétales, notamment dans le domaine des usages et des besoins (se loger, se nourrir, se déplacer, se soigner, se distraire. ), dont le champ des possibles s'ouvre formidablement, et tout restant attentifs aux enjeux de résilience.

Pour répondre à ces transitions nécessaires, rev3 doit être, tout à la fois, l'« étendard » et le « catalyseur » d'une mobilisation collective régionale, à même de parfaire la transformation de notre région et d'élever celle-ci au rang des régions européennes les plus engagées et les plus avancées dans le domaine de la décarbonation et du développement durable.

Au sein même de l'Institution régionale, rev3 doit constituer, bien plus qu'une politique particulière, un véritable fil rouge : la colonne vertébrale de l'action régionale. Il en résulte l'objectif majeur d'intégrer rev3 et ses critères dans l'ensemble des politiques, des dispositifs régionaux, ainsi que des divers schémas régionaux à venir. Dans cette perspective, cinq orientations sont proposées :

- Favoriser les filières d'avenir stratégiques, innovantes et créatrices de richesses et d'emplois
- REV3 et les territoires : tous engagés !
- Promouvoir et accompagner des formations et une recherche innovation pour rev3
- REV3 – citoyens et initiatives citoyennes : tous mobilisés !
- REV3 au cœur du fonctionnement de l'institution

Concernant plus particulièrement les filières d'avenir, six axes prioritaires ont ainsi été définis :

- Les filières du mix énergétique ;
- Les filières de la décarbonation ;
- Le bâtiment durable et son efficacité énergétique ;
- La mobilité durable ;
- L'agriculture, les activités de bioéconomie et la filière forêt-bois ;
- L'économie circulaire.

Autant d'enjeux et de filières qui pourraient profiter des apports de la démarche de bio-inspiration.

# Vers une région bio-inspirée : le projet Bloom

La Région Hauts-de-France et l'ADEME co-financent, dans le cadre du Fonds Régional d'Amplification pour la Troisième Révolution Industrielle (FRATRI), le projet Bloom.

L'objectif principal du projet Bloom est de fédérer les acteurs des Hauts-de-France pour expérimenter, démontrer et valider collectivement le potentiel du biomimétisme comme outil au service de la transition écologique et sociétale de la région Hauts-de-France.

Les 5 ambitions concrètes de Bloom - phase 1 sont :

- Réaliser un diagnostic solide des compétences et du potentiel du territoire ;
- Structurer l'écosystème d'acteurs bio-inspirés en Hauts-de-France ;
- Accompagner la montée en compétence des acteurs locaux par de la sensibilisation et de la transmission d'outils et méthodologies ;
- Tendre les efforts des acteurs bio-inspirés au service de la résolution des enjeux de transitions identifiés en Hauts-de-France ;
- Lancer et déployer des expérimentations concrètes sur le territoire

Le programme du projet BLOOM est structuré en deux grandes parties complémentaires.

# Les diagnostics et études de préfiguration pour orienter le déploiement du biomimétisme en région Hauts-de-France

Afin d'orienter le déploiement du biomimétisme dans l'alignement de la stratégie régionale et dans le respect des spécificités de l'écosystème socio-économique local, plusieurs actions ont été engagées :

- L'identification et le référencement des compétences avec la réalisation d'une cartographie régionale ;
- L'évaluation des impacts potentiels sur l'économie, l'emploi et l'environnement d'une stratégie d'innovation basée sur le biomimétisme pilotée par VertigoLab ;
- L'identification de mécanismes coopératifs inspirés du vivant pour la préfiguration d'organisations bio-inspirées ;
- L'évaluation du potentiel et la préfiguration de projets de territoires bio-inspirés, c'est à dire structurés sur la base de pratiques, méthodologies de projets et de gouvernances inspirées des principes du vivant pilotée par Territory Lab et Institut des Futurs Souhaitables ;
- L'évaluation du potentiel du nouveau modèle économique Amélios intégrant dans les plans comptables les externalités positives et négatives des activités humaines sur l'environnement.

L'ensemble des résultats de cette 1<sup>ère</sup> phase de diagnostic est disponible dans un rapport de synthèse sur demande auprès de Ceebios.

## La structuration et animation de l'écosystème régional d'acteurs bio-inspirés

Cette seconde action vise à accompagner les acteurs régionaux (entreprises, monde académique, territoires et institutions publiques) à appréhender le potentiel et s'appropriier l'approche bio-inspirée grâce à :

- La structuration et l'animation de l'écosystème des acteurs bio-inspirés régionaux autour d'un annuaire partagé, d'un collectif régional, et d'une feuille de route régionale ;
- L'identification et la valorisation de projets de recherche intégrant le biomimétisme grâce à l'organisation d'un concours de recherche avec l'appui d'Euramaterials ;
- L'appui à la montée en compétence des acteurs régionaux avec la programmation d'un cycle de conférences et webinaires, le déploiement d'une exposition itinérante piloté par NewCorp Conseil ;
- La mise en place de formation auprès des agents régionaux et pôles d'innovation, le déploiement d'un challenge d'innovation bio-inspirée et l'accompagnement des acteurs de l'enseignement supérieur à l'intégration du biomimétisme dans les modules de cours ;
- La valorisation des compétences et actions régionales via des actions de communication sur les réseaux sociaux, événements, etc.





# Biomimétisme – Le vivant au centre d'une stratégie de développement soutenable

---

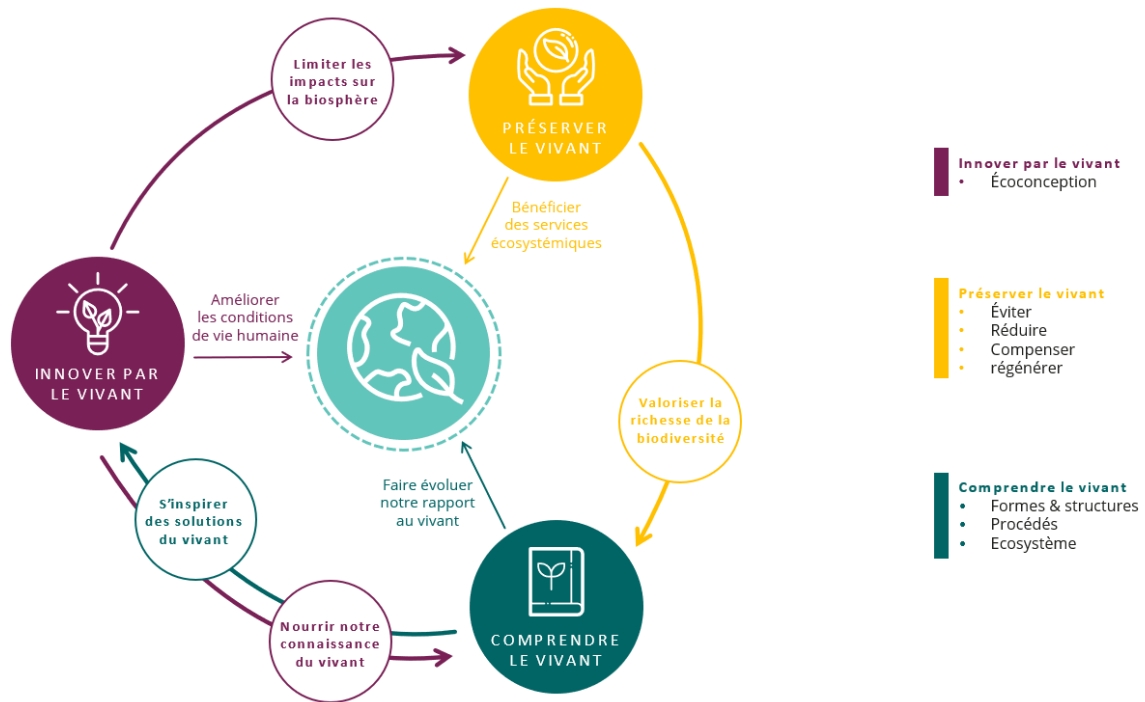
Le biomimétisme, du grec bio, « vie » et mimesis, « imitation », est une démarche visant à considérer les stratégies d'adaptation du vivant à son environnement comme le fruit d'une R&D de 3,8 milliards d'années par essais-erreurs, et à s'en inspirer pour innover de manière soutenable.

Cette approche invite à :

- Prendre conscience du potentiel inestimé de solutions existantes dans le vivant ;
- S'inspirer du vivant pour innover et aller vers une plus grande compatibilité des activités humaines avec le reste de la biosphère ;
- Évoluer collectivement vers un nouveau paradigme : la nature n'est plus une entrave au progrès humain mais un socle à préserver.

L'approche du biomimétisme ne se résume donc pas à l'innovation bio-inspirée. Au contraire, une approche rigoureuse au service d'un développement soutenable nécessite de remettre le vivant au cœur de nos stratégies de développement et de repenser profondément notre relation à notre environnement.

L'objectif affirmé étant bien de s'inspirer du vivant au service du vivant !



## 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 : Norme ISO 18458 (2015)

## Quelques notions clés du biomimétisme

### Les principes et stratégies inspirés du vivant

En plus d'observer la superbe des structures, des matériaux ou des procédés du vivant, le concepteur bio-inspiré pourra se pencher sur les règles qui semblent régir le déploiement de la vie sur Terre. Celles-ci sont désignées par les principes ou stratégies du vivant, et posent un cahier des charges ambitieux pour toute conception de produit, de service ou d'organisation. Ceux-ci sont présentés ci-dessous et sont issues des travaux réalisés dans le cadre du guide KARIM.

Propriété des systèmes vivants	Optimisation des systèmes vivants, De l'énergie et des flux d'informations
P1. Assemblage (auto)	O1. Ressources renouvelables
P2. Modulaire	O2. Matériaux recyclables et recyclés
P3. Résilient	O3. Disponibles localement
P4. Multifonctionnel	O4. Approvisionnement non fossile
P5. Adaptable	O5. Mutualisé
P6. En évolution	O6. Exportation locale
P7. Apprenant	O7. Compatible avec le vivant
P9. (Auto) réparable	O8. Chimie verte
P10. Démontable	O9. Fabrication additive
	O10. Biodégradable
	O11. Fournisseur d'énergie
	O12. Diversité des stratégies de stockage et de distribution

Retrouvez sur le site du Ceebios le [Guide KARIM](#).

## Les services écosystémiques

Le fonctionnement des écosystèmes apporte plusieurs bénéfices à la société, ces bénéfices sont aussi connus comme les services écosystémiques. Ces services, comme la régulation du climat local et global, l'épuration de l'eau et l'approvisionnement en nourriture et matière premières, sont vitaux pour de nombreuses espèces et sont ainsi nécessaires au maintien des équilibres dynamiques des écosystèmes. L'espèce humaine, ne dérogeant pas à la règle, est dépendante du reste du vivant à travers ces services écosystémiques, qui doivent être ainsi préservés et amplifiés.

Le visuel ci-dessous proposé par WWF, représente plusieurs services écosystémiques rendus par le reste du vivant à l'espèce humaine.

Quelques approches biomimétiques visent à catalyser la production de ces services. Cependant la notion de services fournis par les écosystèmes à la société repose sur une vision anthropocentrée de la nature. Des recherches tentent d'élargir le spectre en identifiant des bénéfices mutuels à la société et aux écosystèmes, qui servent au maintien de la globalité des écosystèmes et des espèces dans un milieu.



# Biomimétisme et REV3

## Favoriser les filières d'avenir stratégiques, innovantes et créatrices de richesses et d'emplois

Le déploiement renforcé de rev3 requiert, tout d'abord, un ensemble d'actions en direction des filières d'activités existantes et émergentes. Celles-ci concernent, au premier chef, le volet « offre » des entreprises (offre de produits nouveaux, offre de process, plus généralement offre de solutions) et invitent à s'intéresser aux maillons successifs des chaînes de valeurs, en visant leur organisation optimale et, a minima, en mettant en place certains de ces chaînons stratégiques s'ils font défaut dans l'économie régionale. Cependant, la problématique des filières ne doit pas omettre l'autre volet, le volet « demande » des acteurs, quel qu'en soit le domaine, lesquels acteurs sont de plus en plus en recherche de réponses à des enjeux prégnants : sobriété et efficacité, décarbonation, économie des ressources, circularité et proximité, emploi, bien-être social, etc.

### Mix énergétique

Les filières du mix énergétique couvrent les différents domaines suivants :

- L'électricité renouvelable (photovoltaïque, hydraulique, énergies marines renouvelables...) en complémentarité avec le nucléaire ;
- Les gaz renouvelables/chaleur renouvelable (biométhane, GNV, gaz de mine, biomasse, géothermie, solaire thermique...);
- L'hydrogène (notamment – mais pas seulement – sous l'angle du stockage de l'énergie) ;
- Les réseaux énergétiques intelligents.

### I – Le potentiel du biomimétisme pour répondre aux enjeux du mix énergétique

Le biomimétisme nous invite à observer les principes qui régissent le monde biologique, à identifier les règles qui le régulent, à comprendre l'organisation qui lui confère son équilibre. Il nous invite également à étudier en détail les stratégies de résolution des défis techniques qu'une telle organisation implique.

C'est bien là toute la richesse de l'approche biomimétique, qui questionne notre structure de développement et offre des leviers techniques en proposant des alternatives plus durables.

Qu'ils soient techniques ou biologiques, les systèmes sont soumis aux lois de la physique et, dans le cas de l'énergie, aux principes de la thermodynamique. Le premier de ces principes souligne que la quantité d'énergie est toujours conservée. Le deuxième explique que l'énergie se disperse naturellement et diminue donc inexorablement en qualité.

Ces principes nous invitent à considérer que l'énergie n'est disponible pour un organisme qu'à la condition d'avoir pu être prélevée dans son environnement. De plus, comme cette énergie prélevée se disperse, le vivant doit en user en permanence pour assurer le maintien de sa structure organisée et ses fonctions vitales.

En conclusion : la collecte, le stockage, le transfert et l'utilisation d'énergie sont des fonctions cruciales dans la survie des espèces.

Le décalage clair qui émerge de la confrontation des principes du vivant au monde technologique conduit à un ensemble de perspectives, axes de réflexion et potentialités à explorer :





- Le vivant nous invite à considérer un système de collecte énergétique basé sur des flux (eau, air, rayonnement, chaleur) et non des stocks (hydrocarbures, gaz, uranium, etc.) de vecteurs. Et si nous nous inspirons du vivant pour dimensionner nos systèmes d'utilisation d'énergie en fonction de la disponibilité locale en flux d'énergie ? Pour repenser les échelles à partir desquelles considérer nos infrastructures comme des systèmes énergétiques autonomes ? Pour concevoir les organisations de nos systèmes de manière analogue à celles structurant les organes, organismes et écosystèmes ?
- Le vivant nous invite à questionner notre regard sur le rendement énergétique. Le rendement de collecte d'une feuille est d'environ 2%, soit près de 20 fois moins que nos meilleurs panneaux solaires (autour de 35%). En revanche, elles sont produites d'éléments abondants en quelques semaines et donc pour un coût total infiniment plus faible. Elles s'organisent par ailleurs en un feuillage résistant au vent, autonettoyant, autoréparant, et se renouvelant en continu. Et si nous nous inspirons du vivant pour rediriger nos innovations vers la recherche de compromis ? Pour construire des systèmes à l'architecture stable mais dont les parties peuvent être renouvelées en continu ? Pour regarder toute utilisation d'énergie comme une perte dirigée ?
- Le vivant nous invite à considérer un système de distribution et de stockage sous la forme de vecteurs de stock et non de flux. Ce faisant, les vecteurs transportés ou stockés sont temporairement stabilisés avant d'être rendus disponibles lors du besoin. Ces observations peuvent même questionner la place de l'électricité dans notre système énergétique. Et si nous nous inspirons du vivant pour faire de cette forme le dernier maillon de la chaîne, le vecteur d'utilisation, l'équivalent de l'ATP du monde vivant ? Pour généraliser la mobilisation de réseaux physiques de matière (type réseau d'eau) pour le transport de vecteurs énergétiques à l'image des systèmes circulatoires biologiques ?
- Le vivant nous invite à faire face au compromis entre adaptabilité et adaptation. Un système adapté est peu adaptable et un système adaptable est peu adapté. Et si nous nous inspirons du vivant pour concevoir des systèmes dont l'adaptabilité dépend de la variabilité de leur environnement ? Pour concevoir des réseaux d'électricité constitués de portions très adaptables pour répondre aux fortes variations d'une collecte de flux et de portions très adaptées permettant d'assurer un apport constant depuis les systèmes de stockage vers les systèmes d'utilisation ? Pour proposer demain des systèmes avec une plage de fonctionnement adaptée à leur environnement, comme des voitures adaptées aux vitesses de la ville ?

Le vivant peut donc nous inspirer à toutes les étapes de la gestion de l'énergie :





- Collecte : Développer des solutions de collecte, de production d'énergie renouvelables inspirées du vivant qui optimisent la collecte d'énergie tout en minimisant leurs impacts sur l'environnement grâce à des matériaux recyclés et recyclables notamment ;
- Stockage : Développer des systèmes de stockage multifonctionnels et décentralisés ;
- Transport : Développer des infrastructures de transport et de distribution multifonctionnelles et adaptables face au changement climatique ;
- Utilisation de l'énergie : Développer des infrastructures, équipements moins énergivores.

## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour le mix énergétique. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

Structure	Description
	<p>Fruit de 20 années de recherche de Jean-Baptiste Drevet sur le couplage entre fluides et membranes ondulantes, <b>la société Eel Energy</b> développe une hydrolienne à membrane ondulante, inspirée par le de la nage des poissons, pour produire de l'électricité à partir des courants marins ou fluviaux.</p>
	<p>Le projet porté par <b>Blue Mimetic</b> a pour objet de développer une hydrolienne marine de petite puissance, avec un système d'ancrage innovant, pour alimenter notamment les fermes aquacoles en électricité. Le mouvement mécanique ondulatoire des poissons est reproduit afin de convertir une énergie mécanique en une énergie électrique. L'énergie des courants est prédictible, quantifiable, localisée et régulière.</p>
	<p>Basé à Lille, le <b>cluster MEDEE</b> fédère et anime une communauté d'acteurs spécialisés en génie électrique : grands groupes, PME innovantes, startups, laboratoires et établissements d'enseignement supérieur. Son objectif est de favoriser la R&amp;D collaborative, les transferts d'innovation et les sauts technologiques. Son action a renforcé les compétences de pointes régionales dans le génie électrique, ainsi que la compétitivité du tissu industriel local dans ce domaine.</p>
	<p>L'IEMN est un acteur majeur dans le domaine des micro / nanotechnologies et leurs applications. Fort de 450 collaborateurs, l'IEMN regroupe l'essentiel de la recherche en Hauts-de-France allant des nanosciences à l'instrumentation dans le domaine des microtechnologies. Il contribue au développement des technologies miniaturisées à forte valeur ajoutée dans l'électronique, la photonique, les télécommunications, les technologies pour la santé, l'énergie électrique, l'internet des objets ou encore le transport</p>

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p><b>Le projet eSCALED</b> est une contribution de niveau européen par la formation à la recherche et la capacité d'innovation pour l'élaboration d'un dispositif de feuille artificielle fonctionnant sur le principe de la photosynthèse. Il a pour objectif de produire "des carburants solaires" tel que l'hydrogène H<sub>2</sub> ou des matières premières sous forme chimique stable et stockable, à partir de l'énergie solaire, de l'utilisation de l'eau H<sub>2</sub>O et du CO<sub>2</sub>, pour la génération d'une énergie renouvelable et durable.</p>
	<p><b>Collaborative Energy SAS</b> associe technologies innovantes, développement durable et modèle d'affaire équitable et collaboratif, et ce au travers du développement local de micro-régions territoriales innovantes de production d'énergie propres.</p>
	<p><b>SBM Offshore</b> est spécialiste de la fabrication d'équipements pour l'offshore marin. Il développe un convertisseur d'énergie houlomotrice bio-inspiré</p>
	<p><b>E-Taranis</b> développe des éoliennes urbaines bio-inspirées</p>

## Décarbonation

La filière de la décarbonation appelle à l'optimisation des procédés industriels de même qu'à des efforts d'investissement pour une amélioration de l'efficacité énergétique, une substitution des ressources (énergie et matières) ou une écoconception des produits. Par ailleurs, cette filière appelle à mettre l'accent sur les possibilités de valorisation du CO<sub>2</sub> comme ressource productive.

La décarbonation représente l'ensemble des mesures permettant à un secteur d'économie, une entité – Etat, entreprise, – de réduire son empreinte carbone, c'est-à-dire ses émissions de gaz à effet de serre, dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et méthane (CH<sub>4</sub>) principalement, afin de limiter l'impact sur le climat. Plusieurs axes d'actions permettent de mettre en œuvre la décarbonation :

- L'optimisation des procédés industriels ;
- L'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- La substitution des ressources (énergie et matières) ;
- L'éco-conception des produits, ;
- La valorisation du CO<sub>2</sub> comme ressource productive.

Pour l'ensemble des actions liées à l'énergie, les solutions qu'apportent le biomimétisme sont présentées dans l'Axe 4.



## II - Biomimétisme & Décarbonation

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. La diversité de stratégie d'adaptation du vivant, en raison des contraintes environnementales selon lesquelles il s'est développé et a été sélectionné, représente un véritable cahier des charges.



### MATÉRIAUX

- Hiérarchisés
- Multifonctionnels
- Composites
- Réactifs à l'environnement
- Stockent le CO<sub>2</sub>
- Production basée sur l'énergie solaire
- Auto-assemblés, manufacture additive
- Biocompatibles et recyclables
- 3 familles de polymères



### CHIMIE VERTE

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



### INFORMATION

- Stockage moléculaire
- Transmission chimique, électrique...
- Agrégation
- Analyse collective
- Capteurs, senseurs



### EAU

- Purification, remédiation
- Récupération en milieu aride
- Gestion de la surabondance
- Stockage
- Transport et distribution



### ÉNERGIE

- Énergie solaire
- Séquestration du CO<sub>2</sub> 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

### 5 grands domaines d'application du biomimétisme pour les procédés Rapport « Biomimétisme, quels leviers de développement & quelles perspectives pour la France » Ceebios, Myceco

Le biomimétisme répond à plusieurs défis de la décarbonation car il permet

- D'éco-concevoir des matériaux résistants à température et pression ambiante ;
- D'utiliser moins de matière en ayant recourt par exemple à l'impression 3D et à la fabrication additive.
- D'obtenir des procédés industriels moins polluants, moins coûteux en énergie, recyclables et de meilleure qualité permettant de répondre aux enjeux QSSE (Qualité, santé, sécurité, environnement) des entreprises.

## Eco-concevoir avec le biomimétisme

Nous pouvons noter deux grandes catégories de principes de conception inspirés du vivant :

- Les propriétés et caractéristiques des systèmes vivants : ces propriétés peuvent être considérées comme des « règles de conception » pour un projet non seulement plus écologique, mais également plus performant. En effet, elles favorisent l'optimisation de la matière, de l'énergie et des flux d'informations.
- Les stratégies d'optimisation des systèmes vivants : ces stratégies concernent la manière dont les matières premières sont obtenues, fabriquées, utilisées et réutilisées / recyclées. L'intégration des principes pour un flux optimisé de matière, d'énergie et d'information va dans le sens d'une approche circulaire sans déchets.

### Classification des principes de conception inspirés du vivant pour un produit (objet, structure...) :

Propriétés (qualités du produit conçu)	
<b>(Auto-)assemblé</b>	Pour simplifier la chaîne de montage et les coûts associés, des composants élémentaires ont « des affinités » si fortes, qu'ils s'assemblent d'eux-mêmes, de façon spontanée et autonome. Exemple biologique : la formation des protéines, des embryons, des membranes de cellules, les physalies... aucun organisme vivant n'intervient pour les construire.
<b>Modulaire</b>	Pour permettre le remplacement d'éléments sans changer l'ensemble du produit. Exemple biologique : les cellules de nos organes peuvent se renouveler sans détériorer le fonctionnement de ceux-ci.
<b>Résilient</b>	Pour éviter que les fonctions essentielles du produit ne soient perdues lors d'un problème, du fait d'être trop centralisées et non-redondantes. Exemple biologique : un récif corallien peut survivre à la mort de certains coraux le constituant, mais passer un seuil il n'est plus en mesure de se reconstituer, il dépasse sa capacité de résilience.
<b>Multifonctionnel</b>	Pour diminuer la consommation d'énergie et de matière pour un même nombre de fonctions remplies. Exemple biologique : les plumes des oiseaux leurs permettent de voler, de se protéger du froid, du chaud et de séduire leurs congénères.
<b>Adaptable</b>	Pour modifier son état ou son comportement en fonction de son environnement. Exemple biologique : les poils se hérissent s'il fait froid, les hérissons se mettent en boule s'ils sont attaqués, les tardigrades se mettent en stase s'ils manquent d'eau...
<b>Evolutif</b>	Pour modifier sa structure dans le temps en fonction de l'évolution de son environnement. Exemple biologique : en cas de glissement de terrain, un arbre peut fabriquer du bois à certains endroits spécifiques afin de se redresser et d'aller chercher la lumière du soleil.
<b>Apprenant</b>	Pour évaluer et mémoriser une expérience, et ainsi déclencher directement une solution optimisée. Exemple biologique : grâce à l'expérience les abeilles mémorisent les fleurs les plus nectarifères, ainsi que le chemin et les différents obstacles entre elles et la ruche.

<b>Forme adaptée à la fonction</b>	Pour réduire la quantité de matériaux et/ou d'énergie. Exemple biologique : les dents sont adaptées au régime alimentaire de leurs possesseurs.
<b>(Auto-)réparable</b>	Pour augmenter la durée de vie d'un produit sans avoir à gérer sa fin de vie et sa nouvelle phase de production concomitante. Exemple biologique : la cicatrisation, la reconstruction d'un nid...
<b>Démontable</b>	Pour faciliter son désassemblage à la fin de son cycle de vie et séparer les composants fonctionnels (récupérables) des composants non fonctionnels. Exemple biologique : lorsqu'une protéine est dégradée et n'est plus fonctionnelle, l'organisme la décompose en acides aminés qui sont ensuite réassemblés en de nouvelles protéines.

Tableau issu du Guide Biomimétisme et éco-conception élaboré par Ceebios et l'Ademe

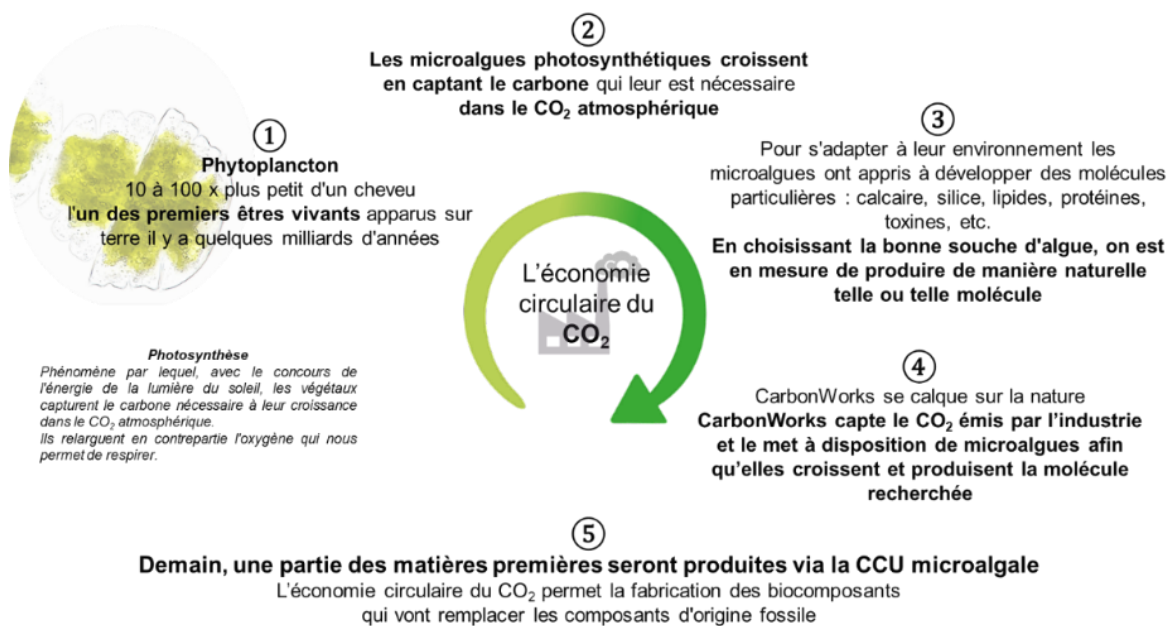
<b>Stratégies (manières de concevoir le produit)</b>	
<b>Utiliser des ressources renouvelables</b>	Pour que les matériaux et l'énergie nécessaires à la fabrication du produit puissent être régénérés/renouvelés sans mettre en péril la production dudit produit sur le long terme, et encore moins les équilibres planétaires.
<b>Utiliser des matériaux recyclés et recyclables</b>	Pour limiter les coûts environnementaux et sociaux liés à l'extraction de nouveaux matériaux. Pour permettre la circulation des matériaux et des composants fonctionnels, et éviter ainsi qu'ils s'accumulent et deviennent une source de toxicité. Pour soutenir les filières de recyclage.
<b>Utiliser des ressources locales</b>	Pour limiter le coût et l'impact environnemental du transport des matériaux, des composants et de l'énergie nécessaires à mon produit.
<b>Utiliser des sources d'approvisionnement non fossiles</b>	Pour ne pas être dépendant de ressources qui disparaissent et deviennent de plus en plus coûteuses à extraire. Pour ne pas contribuer à l'émission de gaz à effet de serre et donc dérèglement climatique.
<b>Utiliser des ressources mutualisées</b>	Pour faire des économies en ressources matérielles et financières, grâce à la mise en commun de canaux d'achat, d'extraction, de transformation, ou encore de recyclage de matières et d'énergie nécessaires au produit.
<b>Exporter localement</b>	Pour limiter le coût et l'impact environnemental du transport des matériaux, des composants et de l'énergie nécessaires à mon produit et sa distribution.
<b>Utiliser des ressources biocompatibles</b>	Pour éviter les composés toxiques pour le vivant, et donc veiller à notre propre santé et celle de la biosphère en général.
<b>Utiliser des processus de chimie verte (à température et pression ambiantes ; avec l'eau comme solvant ; basés sur des éléments atomiques abondants ; via catalyse enzymatique)</b>	Pour limiter l'énergie nécessaire à la fabrication des composés chimiques du produit en utilisant des températures et pressions ambiantes, ainsi que le temps nécessaire aux réactions chimiques grâce à la catalyse enzymatique. Pour limiter la toxicité des processus chimiques, en

	utilisant l'eau comme solvant (le plus universel et adapté au vivant), en favorisant des éléments chimiques communément utilisés par les organismes vivants et qu'ils dégradent/assimilent plus facilement (carbone, oxygène, hydrogène, azote). Pour faciliter l'extraction et le recyclage des composés, en misant sur des éléments chimiques abondants (tels que les 4 cités ci-dessus).
<b>Fabriquer de manière additive</b>	Pour réduire le gaspillage de matériaux en fabricant un produit couche par couche et en ne plaçant que la juste quantité de matière là où c'est nécessaire. Par exemple grâce à l'impression 3D.
<b>Favoriser la biodégradabilité</b>	Pour préserver l'environnement et donc notre santé (pas d'écotoxicité). Pour limiter les coûts de retraitement du produit en fin de vie.
<b>Participer à la production d'énergie</b>	Pour contribuer à la résilience globale du système énergétique, en diversifiant et augmentant la redondance des unités de production d'énergie (et ainsi être moins dépendant d'une production d'électricité centralisée, souvent basée sur des combustibles fossiles ou fossiles).
<b>Diversifier les stratégies de stockage et de distribution (en particulier d'énergie)</b>	Pour être à la fois plus adaptable, efficace et résistant en cas de problème avec un canal de distribution ou de stockage.

Tableau issu du Guide Biomimétisme et éco-conception élaboré par Ceebios et l'Ademe

Le biomimétisme peut également apporter des solutions de capture et de stockage du CO<sub>2</sub>. En effet, le principal mécanisme de séquestration du CO<sub>2</sub> atmosphérique est la photosynthèse. Cette voie métabolique utilise l'énergie solaire pour fixer le CO<sub>2</sub> sous forme de matière organique.

Selon ce principe, certains acteurs développent des solutions de capture de CO<sub>2</sub> par des microalgues.



L'économie circulaire du CO<sub>2</sub> par CarbonWorks



## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour la décarbonation. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

	<p><b>EuraMaterials</b> est un cluster au service des industries de transformation des matériaux. Son équipe accompagne les entreprises et les acteurs de la recherche, afin de leur permettre de trouver des solutions, performer et croître. Cela dans le cadre propice de leur réseau, constitué de nos membres et partenaires – français et internationaux. EuraMaterials est partenaire du projet Bloom. Le pôle est impliqué dans le développement de la R&amp;D bio-inspirée dans le cadre du programme Biomig piloté par Ceebios. Biomig vise à accélérer l'innovation responsable inspirée du vivant dans le domaine des matériaux avec des applications aux grands secteurs industriels.</p>
	<p>Le <b>CETIM</b>, institut technologique labellisé Carnot et membre de l'Alliance Industrie du Futur, est le centre d'expertise mécanique français. Fort de 800 ingénieurs et techniciens dans une douzaine d'expertises techniques complémentaires, il accompagne les industriels dans l'accroissement de leur compétitivité par l'apport d'innovation technologique &amp; industrielle sur l'ensemble du cycle de vie produit procédé. Le CETIM œuvre au développement de l'innovation bio-inspirée notamment via le projet Biomig dont il est partenaire.</p>
	<p>Le <b>laboratoire GEC</b> joue un rôle fédérateur des recherches en biologie au niveau de la région Hauts-de-France, en associant, au sein d'une même unité, l'UTC et l'université de Picardie Jules Verne à Amiens (UPJV). Les recherches menées au sein de l'unité GEC s'appuient sur le postulat que les solutions aux défis scientifiques majeurs se trouvent dans la nature. Elles combinent trois approches : l'utilisation des bioressources, la bio-inspiration et le biomimétisme. Forte de son expertise en biotechnologie reconnue internationalement, l'unité GEC développe différents modèles, de niveaux de complexité variés, pour expliquer la dynamique des phénomènes biologiques et proposer des solutions innovantes répondant à des problématiques scientifiques et sociétales. Les activités de l'unité GEC s'articulent ainsi naturellement entre l'exploitation des bioressources et du métabolisme végétal et la création de matériaux bio-inspirés ou de mimes moléculaires destinés à la reconnaissance.</p>
	<p><b>GEMTEX</b> est le laboratoire de recherche de l'École nationale supérieure des arts et industries textiles (ENSAIT), situé à Roubaix. Les thématiques de recherche du laboratoire abordent des domaines variés allant de la chimie à la mécanique, l'automatique, le génie des procédés ou encore les matériaux et leur modélisation, toujours en lien avec le textile. Dans le cadre de son axe de recherche sur les textiles durables, GEMTEX mène des travaux sur le biomimétisme.</p>
	<p>Les activités de recherche du laboratoire BMBI concernent la Biomécanique et la Bioingénierie, plus particulièrement la Mécanique du Vivant et l'Ingénierie pour la Santé. La spécificité de BMBI est sa pluridisciplinarité qui se traduit par des projets de recherches interdisciplinaires associant les compétences en mécanique, physique, traitement du signal, biologie (cellulaire et moléculaire), biochimie,</p>

	<p>physiologie. Cela permet une approche système des sujets d'étude avec pour leitmotiv « comprendre pour faire ».</p> <p>Au sein du laboratoire BMBl, au travers du programme transversal BSB2 (Biomécanique des Systèmes Biomimétiques et Bioinspirés), les trois équipes C2MUST, CBB et IFSB développent des travaux de recherche exploitant le biomimétisme. Ces travaux s'intègrent au GDR national BIOMIM auquel le laboratoire est associé.</p>
--	--

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p>CarbonWorks capture le CO2 émis par l'industrie notamment pétrochimique, manufacturière, industries lourdes pour cultiver les microalgues par photosynthèse. Ces microalgues sont utilisées par l'industrie comme matières premières naturelles.</p>
	<p>FinX repense la navigation et développe des moteurs de bateau bio-inspirés. Ces moteurs sans hélice sont 100% électriques et dont n'émettent pas de CO2, De plus, ils limitent l'impact sur la faune et la flore marines notamment en diminuant la pollution sonore sous-marine.</p>

## Bâtiment durable

Cet axe concerne le bâtiment durable et son efficacité énergétique en considérant à la fois la rénovation des bâtiments, notamment tertiaires, et les constructions neuves (en particulier dans l'habitat social) afin d'encourager la décarbonation du secteur du bâtiment en identifiant des solutions permettant la massification de la rénovation énergétique du parc immobilier existant tout en accélérant le recours aux éco-matériaux, aux solutions bas carbone et aux ENR. Il s'agit également d'appuyer l'usage de matériaux issus du réemploi, l'évolutivité dans l'usage des bâtiments, la déconstruction sélective, etc.

### I - Biomimétisme & Bâtiment durable

Appliqué au secteur du bâtiment, le biomimétisme est une opportunité de réponse à la fois systémique, et sur une multi-échelle spatiale et temporelle, permettant de développer des systèmes constructifs, des matériaux adaptés, des modes de gestion de l'énergie ou encore des façades en accord avec les principes du vivant et les grands cycles biogéochimiques terrestres de l'eau, du carbone, du phosphore, de la biodiversité, etc. Ainsi, en interrogeant les pratiques actuelles de la construction au travers du prisme du vivant, la démarche du biomimétisme facilite une réintégration du vivant comme un modèle pour guider les choix architecturaux, énergétiques et techniques, dans un objectif de transition écologique et de régénération des écosystèmes.

Les stratégies bio-inspirées appliquées à la construction des villes et territoires durables visent à les repenser comme des écosystèmes qui devraient fournir, à minima, les mêmes niveaux de performance écologique que l'écosystème natif. Concevoir un urbanisme bio-inspiré passe par une gestion efficace de l'énergie (réduire la consommation, augmenter la réutilisation, optimiser le stockage), le développement des matériaux bio-

sourcés ou bio-inspirés pour la construction ou encore sur le recyclage des matériaux, produits et services, mais aussi l'accueil de la biodiversité, la purification et le stockage des eaux de pluies, la protection des sols contre l'érosion, l'élimination des déchets...

Incroyable source d'inspiration, la nature nous conduit jusqu'à imaginer une ville ayant un impact positif sur l'environnement, produisant ses propres matériaux, son énergie, son eau... Bâtir la ville « régénérative » irait jusqu'à atténuer les causes même du changement climatique et de la perte de la biodiversité, tout en rendant le milieu bâti plus adaptable au changement climatique. Dans une ville bio-inspirée, la nature est moins sollicitée et se régénère mieux : les écosystèmes, plus sains, fournissent plus facilement à l'Homme des services qui ne peuvent pas être fournis par l'environnement bâti et s'adaptent mieux au changement climatique.




THÈMES	MATÉRIAUX	ENVELOPPES	BÂTIMENTS	THÈMES	MATÉRIAUX	ENVELOPPES	BÂTIMENTS
Optimiser les consommations d'énergie primaire	Matériaux auto-réactifs permettant d'adapter passivement les apports lumineux et thermiques perçus par l'enveloppe → Pavillon HygroSkin, par ICD Université de Stuttgart, pour la collection permanente du FRAC Centre Orléans (2013)	Façades adaptatives : réguler les apports solaires avec un minimum d'énergie → Façade du pavillon thématique de l'Allemagne OneOcean à l'expo universelle de Yoesu, Corée du Sud, par Soma Architekten & dmp (2012)	Stocker l'énergie lorsqu'elle est abondante et disponible → Cuve de stockage intersaison du Lycée Kyoto, Poitiers par l'agence SCAU (2009)	Optimiser les consommations d'eau	Matériaux hydrophobes → Sheerfill architectural membrane par Saint-Gobain	Dessalement des eaux → Water Theater de Las Palmas par l'agence Grimshaw dans les îles Canaries (2013)	Collecte d'eau en zones arides → La Seawater Greenhouse par Charlie Paton à Muscat, Oman (2004)
Favoriser le confort d'été	Matériaux auto-réactifs permettant d'adapter passivement les apports solaires perçus par l'enveloppe → Module PHO'LIAGE® par l'agence ArtBuild (2019)	Sur-façade permettant la création d'îlots de fraîcheur → Sur-façade Sierpinski Forest par le chercheur Satoshi Sakai et l'agence Shigeru Ban (2012)	Limiter l'utilisation d'équipements actifs de ventilation et thermorégulation. → Eastgate building par l'agence d'architecture Pearce Partnership (1996)	Alléger les structures bâties	Principes structurels du vivant → Pavillon Elytra Filament par ICD / ITKE, Londres (2016)	Enveloppes en tension → West German Pavillon, par Frei Otto, Montréal (1967)	Economie de ressources et formes performantes → Savill building par Glenn Howells Architects (2006)
Optimiser et pérenniser l'existant	Matériaux autoréparants → Béton autoréparant Basilisk self-healing concrete par la start-up Green-Basilisk B.V.	Surenveloppes thermo-régulatrices passives → Sur-façade Feuille de Charme par In Situ Lab (2021-2022)		Concevoir des bâtiments à impacts positifs pour l'ensemble du vivant	Des matériaux de construction qui accueillent la végétalisation spontanée → Concrete Sprig par XTU Lab (2009)	Des enveloppes qui accueillent plusieurs règnes du vivant – animal, végétal et champignon. → Façade et toiture de l'École des sciences et de la biodiversité à Boulogne-Billancourt (92) par l'agence Chartier Dalix (2014)	Des bâtiments régénératifs qui rendent les services écosystémiques → Bâtiment Bullitt Center à Seattle du Living Future Institute par l'agence Miller Hull Partnership (2013)




Tableau de synthèse d'exemples de réalisations bio-inspirées aux échelles matériaux, enveloppe et bâtiment répondant aux problématiques techniques. Cette liste est non-exhaustive. Guide « S'inspirer du vivant pour la transition écologique des bâtiments » ADEME et Ceebios

## II – Ecosystème en région Hauts-de-France


Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour le bâtiment durable. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

	<p>Le CODEM est un centre de transfert, de compétences et de connaissances, concernant la construction durable, la formulation et la caractérisation d'écomatériaux (matériaux à faible impact environnemental, issus de matières recyclées ou de biomasse), et les transferts de technologies liées à la production de matériaux pour la construction. Des matériaux innovants y sont testés et développés en étroite collaboration avec les laboratoires et organismes de recherche publics et privés régionaux et nationaux. Depuis la mise en réseau des acteurs, jusqu'à la réalisation des tests in situ, le CODEM organise l'introduction de ces matériaux sur le marché.</p>
	<p>Le bureau de conseil en transition écologique « Ouvert » émane de l'entreprise industrielle Pochecho, fabricant d'enveloppes engagé depuis 25 ans dans la transition écologique et économique. Depuis 10 ans, OUVERT accompagne entreprises et collectivités dans l'apprentissage de la méthode dite de « l'écolonomie », qui associe écologie et économie.</p>

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p>Le Biomim'City Lab est un collectif d'acteurs de la maîtrise d'œuvre et de la maîtrise d'ouvrage pour accélérer le développement de la ville régénérative par l'approche du biomimétisme. Il réunit Ceebios, le CEREMA, Nobatek/INEF4, le COL, Eiffage, Béchu &amp; Associés, Mu Architecture, Rougerie + Tangram, In Situ Architecture, ELAN et ICADE. Chacun des membres du BCL œuvre individuellement et collectivement à la mise en œuvre d'une architecture et d'un urbanisme bio-inspiré et régénératif.</p>
	<p>L'Algo House : bâtiment qui accueillera sur sa façade la plus ensoleillée une culture verticale de microalgues, Haematococcus pluvialis. Cette bio-façade, jouant le rôle de double peau, assure la régulation thermique du bâtiment et de dépollution en captant le CO2 présent dans l'atmosphère nécessaire à l'accroissement des algues.</p>
	<p>Amazonia, projet de recherche du ENGIE Lab CRIGEN, un bâtiment qui aspire et traite l'atmosphère urbaine via des bioprocédés (bioréacteurs de micro-algues, phytoremédiation par des végétaux en culture hydroponique, lagunage, filtration avec des fibres végétales, etc.)</p>



	<p>L'Etablissement Public Foncier et d'Aménagement de Mayotte porte une mission d'intérêt général en réalisant des opérations, à l'échelle du département de Mayotte, favorisant l'aménagement urbain et rural, ainsi que le développement économique de l'archipel. L'EPFAM s'intéresse au biomimétisme comme levier d'actions pour répondre aux grands enjeux d'aménagement du territoire mahorais : eau, déchets, économie, adaptation au changement climatique, etc. Après avoir formé ses équipes aux projets urbains bio-inspirés et régénératifs, l'EPFAM va expérimenter cette approche pour des projets d'aménagement du territoire mahorais.</p>
---	--

## Mobilité durable

La mobilité durable renvoie tout spécialement à l'électromobilité – avec les enjeux majeurs de la production, du réemploi et de recyclage des batteries et autres composants (pièces détachées véhicules, retro fit...) ainsi que de la production et de la mise à disposition de bornes électriques –, à la « green logistic », à la batellerie, mais aussi aux mobilités actives (marche, vélo, etc.) en lien avec les nouveaux modes de mobilité et de partage, et plus largement à l'enjeu de décarbonation dans les transports.

### I - Biomimétisme & mobilité durable

De l'optimisation des flux de mobilité aux enjeux de transformation et de stockage de l'énergie, le vivant offre de nombreuses pistes pour répondre aux défis technologiques et organisationnels liés à la mobilité.

Le biomimétisme peut jouer un rôle important dans le domaine de la mobilité en offrant des solutions inspirées de la nature pour concevoir des systèmes de transport plus efficaces, durables et adaptatifs. Voici quelques domaines où le biomimétisme peut être appliqué à la mobilité :





- **Aérodynamique** : Les organismes vivants, tels que les oiseaux et les poissons, ont développé des formes aérodynamiques optimisées pour se déplacer efficacement dans l'air et l'eau. En étudiant ces formes et en les appliquant à la conception des véhicules, on peut réduire la résistance au vent et améliorer l'efficacité énergétique des avions, des voitures et des trains.
- **Systèmes de propulsion** : Les mouvements et les modes de propulsion observés chez les animaux peuvent fournir des idées novatrices pour les systèmes de propulsion des véhicules. Par exemple, en s'inspirant de la locomotion des guépards, on peut concevoir des mécanismes de propulsion plus efficaces pour les véhicules terrestres. De même, l'étude des nageoires des poissons peut conduire à de nouvelles technologies de propulsion pour les navires et les sous-marins.
- **Gestion de l'énergie** : Les organismes vivants ont évolué pour utiliser efficacement l'énergie disponible dans leur environnement. En étudiant les mécanismes d'utilisation et de stockage de l'énergie chez les plantes et les animaux, on peut concevoir des systèmes de gestion de l'énergie plus efficaces pour les véhicules électriques, les batteries et les systèmes de recharge.
- **Adaptabilité et résilience** : Les écosystèmes naturels sont capables de s'adapter aux changements environnementaux et de résister aux perturbations. En s'inspirant des mécanismes d'adaptation observés dans la nature, on peut concevoir des systèmes de transport intelligents et adaptatifs qui réagissent aux conditions changeantes du trafic, optimisent les itinéraires et fournissent des informations en temps réel aux conducteurs.
- **Matériaux durables** : La nature offre une variété de matériaux durables et légers, tels que les structures en nids d'abeilles, les coquillages et les os. En étudiant ces structures et leurs propriétés, on peut développer des matériaux plus résistants et légers pour les véhicules, réduisant ainsi leur poids et leur consommation d'énergie.

## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour une mobilité durable. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

	<p>L'Institut des Mobilités et des Transports Durables regroupe entreprises, chercheurs et opérateurs de la mobilité durable. Implanté dans Valenciennois où les transports et la mobilité sont au cœur d'un écosystème dynamique, l'IMTD s'adresse à tous, des entreprises aux universitaires en passant par les collectivités locales et les habitants. L'IMTD est un des outils de promotion des filières des mobilités (automobile, ferroviaire, aéronautique) et de valorisation des atouts du territoire du Hainaut et des Hauts-de-France (entreprises, établissements de formation, laboratoires, découverte des métiers de demain...). Chercheurs, industriels, startups, étudiants, lycéens, collégiens..., vous êtes tous les bienvenus ! Même si vos objectifs sont différents, vous êtes tous concernés par les innovations et l'avenir du secteur des mobilités, un enjeu majeur des décennies à venir.</p>
---	---

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p>Eurobios optimise des flux urbains (ex. collecte des déchets) sur la base d'algorithmes inspirés du comportement des fourmis.</p>
	<p>Whylot, en partenariat avec Renault, développe un moteur électrique à flux axial intégrant un rotor en structure nids d'abeilles pour réduire les pertes d'énergie notamment pour la thermorégulation</p>
	<p>Prophesee développe des systèmes de vision neuromorphique, inspirés de la rétine humaine. Ces solutions trouvent notamment des applications pour les caméras de véhicule autonome.</p>
	<p>Finsulate développe un film adhésif anti-fouling inspiré des piquants des oursins.</p>

## Bioéconomie, Agriculture, Forêt-Bois

Cet axe concerne l'agriculture, les activités de bioéconomie et la filière forêt-bois qui disposent d'un rôle essentiel tant du point de vue de la lutte contre le changement climatique que de la gestion durable des ressources, et qui présentent d'importantes opportunités économiques (nouveaux matériaux).

### I – Biomimétisme et Bioéconomie

La bioéconomie englobe l'ensemble des activités de production et de transformation de la biomasse, qu'elle soit forestière, agricole et aquacole, à des fins de production alimentaire (humaine ou animale), de matériaux biosourcés, d'énergie. Elle vise à développer des systèmes économiques et industriels qui intègrent la protection de l'environnement, la durabilité et le bien-être social. La bioéconomie favorise l'utilisation responsable des ressources naturelles et promeut des modèles de production et de consommation qui réduisent l'empreinte écologique et minimisent les déchets.

Le biomimétisme et la bioéconomie sont deux concepts étroitement liés qui se complètent mutuellement dans la recherche de solutions durables pour l'avenir. En intégrant le biomimétisme dans la bioéconomie, on encourage l'utilisation des ressources biologiques de manière responsable et respectueuse de l'environnement. Les principes de durabilité, d'efficacité et d'adaptabilité trouvés dans la nature peuvent guider le développement de nouvelles industries, de nouvelles pratiques agricoles, de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies qui réduisent notre dépendance aux ressources non renouvelables et minimisent notre impact sur les écosystèmes.

### II - Biomimétisme & Agriculture

Le biomimétisme est à la fois une démarche scientifique, basée sur l'observation et la caractérisation du vivant pour répondre à des problématiques fonctionnelles de manière durable, et une philosophie qui reconsidère la place de l'humain au sein de la biosphère.

L'inspiration tirée des systèmes vivants peut se faire à différentes échelles : du résultat de l'évolution (forme d'un organisme, matériaux...), des processus (modes de fabrication, dégradation...) et des fonctionnements des écosystèmes (relations intra/inter espèces, réactions au stress...).

En particulier, s'inspirer de la structure et/ou du fonctionnement des écosystèmes naturels pour concevoir les systèmes agricoles ou aquacoles, est appelé éco-mimétisme. Cette démarche est définie par six principes :

- Utiliser la complémentarité des traits fonctionnels pour assurer la productivité et la résilience ;
- Maintenir la fertilité du sol grâce au couvert végétal ;
- Encourager la coopération entre des plantes aux fonctions différentes ;
- Contenir les invasions de ravageurs grâce à des niveaux/réseaux trophiques complexes ;
- Utiliser les propriétés des plantes et des alternatives biologiques pour contrôler les ravageurs ;
- Reproduire les successions écologiques après une perturbation.

En effet, au sein d'un écosystème, les différentes espèces interagissent et développent des relations d'interdépendance, d'échanges d'énergie, d'information et de matière. Ces interactions favorisent la stabilité et la résilience face aux stresses, l'efficacité énergétique et la durabilité de l'écosystème.

Par exemple, un système au sein duquel les réseaux trophiques, ou chaîne alimentaire, sont complexes, limitera le développement d'espèces invasives, car il sera régulé par compétition ou prédation. Au contraire, un écosystème contenant peu d'espèces sera propice à l'invasion. Ainsi, une parcelle de permaculture sera moins sensible aux ravageurs qu'une monoculture. Ces dernières auront donc tendances à nécessiter des intrants chimiques pour limiter les pertes de production.

S'inspirer des formes, des matériaux et processus, dans une approche de résolution à des problèmes fonctionnels, peut égarer contribuer dans une moindre mesure à l'amélioration de la résilience de l'agriculture. Par exemple : optimisation de la gestion énergétique et l'efficacité des équipements, utilisation de produits de biocontrôle pour la régulation des ravageurs etc.


### III – Biomimétisme et Forêt


Les écosystèmes forestiers offrent une large source d'inspiration pour le développement de nouvelles solutions durables en termes de :

- Structure et organisation : Les forêts sont des systèmes complexes et organisés, où chaque organisme joue un rôle spécifique. En étudiant la manière dont les arbres interagissent, communiquent et se soutiennent mutuellement, on peut s'inspirer de cette organisation pour concevoir des systèmes urbains, des réseaux de transport ou des infrastructures plus efficaces et résilients.
- Capture et utilisation de l'énergie solaire : Les arbres sont des experts dans la capture de l'énergie solaire grâce à la photosynthèse. En étudiant les mécanismes utilisés par les plantes pour absorber la lumière et la convertir en énergie, on peut développer des technologies solaires plus efficaces, telles que des panneaux solaires inspirés des feuilles des plantes.
- Matériaux et structures : Les forêts abritent une grande diversité de matériaux naturels, tels que le bois, qui possèdent des propriétés remarquables. Les structures cellulaires du bois, par exemple, peuvent être étudiées pour concevoir des matériaux plus résistants et légers pour l'industrie de la construction ou d'autres secteurs.
- Circulation et échange d'informations : Les forêts sont des systèmes interconnectés où les organismes communiquent entre eux et partagent des informations. Les mécanismes utilisés par les arbres pour échanger des nutriments ou des signaux chimiques peuvent être étudiés pour concevoir des réseaux de communication et de transport plus efficaces et durables.
- Gestion des ressources : Les écosystèmes forestiers ont développé des stratégies pour gérer efficacement les ressources, tels que le recyclage des nutriments ou la régénération des sols. En s'inspirant de ces mécanismes, on peut concevoir des systèmes de gestion des déchets plus durables et des modèles de production circulaire.

### IV – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour une agriculture durable. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

 <p><b>BIOECONOMY FOR CHANGE</b></p>	<p>Bioeconomy For Change est le Pôle de la Bioéconomie français de référence, en Europe et à l'international. Il rassemble plus de 450 adhérents, depuis l'amont agricole jusqu'à la mise sur le marché de produits finis : coopératives agricoles, établissements de recherche et universités, entreprises de toute taille, acteurs publics. Bioeconomy For Change (ex IAR) travaille sur l'ensemble des thématiques liées à la production et à la valorisation de la ressource biologique (l'agriculture, la forêt, les ressources marines ou encore les co-produits et les résidus) à des fins alimentaires, industrielles et énergétiques. Dans le cadre de ses missions, Bioeconomy for change organise de nombreuses conférences sur le biomimétisme afin de sensibiliser l'écosystème de la bioéconomie à cette approche.</p>
---	--

	<p>UniLaSalle Beauvais forme des ingénieurs aux défis de la durabilité des systèmes de production agricole (évolution des agroéquipements et innovation autour du numérique pour une exploitation et une transformation responsable des agro-ressources), à la gestion responsable des ressources naturelles (eau, matériaux, énergies) et à l'aménagement du territoire (comment garantir la disponibilité en eau, stocker dans le sous-sol les déchets, modéliser les données provenant du sous-sol). Les travaux de l'unité de recherche INTERACT (Innovation, Territoire, Agriculture &amp; Agro-industrie, Connaissance et Technologie) visent à mieux comprendre les processus d'innovation de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de l'agro-industrie ainsi que leurs conditions de réussite. Dans ce cadre, des travaux sur le fonctionnement des peuplements végétaux notamment sur l'agroforesterie sont menés.</p>
---	---

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p><b>Mycophyto</b> : Start-up de la deep tech travaillant sur l'agriculture de demain grâce à ses champignons mycorhiziens, biostimulants naturels des plantes. Mycophyto apporte des solutions microbiologiques personnalisées et accompagne les acteurs de l'agriculture pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamiser la biodiversité naturelle des sols ;</li> <li>• Augmenter les rendements et la qualité des productions ;</li> <li>• Réduire l'empreinte environnementale des cultures ;</li> <li>• S'adapter au changement climatique ;</li> <li>• Cultiver des produits sains respectueux des sols et des Hommes.</li> </ul>
	<p><b>Immunrise</b> identifie et développe des solutions non-OGM puisées dans la nature, pour assurer la protection des cultures. Le principe : identifier des micro-organismes marins capables soit de stimuler les défenses naturelles des plantes soit d'agir directement sur les agents pathogènes, limitant le développement de la maladie sur les végétaux.</p>
	<p><b>Sylvomimétisme</b> est une organisation qui vise à se centrer sur les arbres et la forêt pour trouver en entreprise des solutions inédites et impactantes. Le sylvomimétisme est né d'une coopération entre les expertises :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de Charles-Etienne Dupont en gestion forestière et en sylviculture à couvert continu,</li> <li>• de Pierre Gérard en créativité, en hybridation, en biomimétisme, et en exploration des futurs souhaitables,</li> <li>• et de Catherine Redelsperger, en leadership, en coopération, en systémie et en intelligence collective.</li> </ul>

# L'économie circulaire

## I - Biomimétisme & Economie circulaire

Le biomimétisme peut être un pilier majeur de l'économie circulaire car les interactions au sein des écosystèmes sont en phase avec les principes de l'économie circulaire définis par l'ADEME :

- Cycles fermés
- Boucles de rétroaction
- Redondance
- Sous-systèmes auto-adaptatifs
- Variabilité etc...

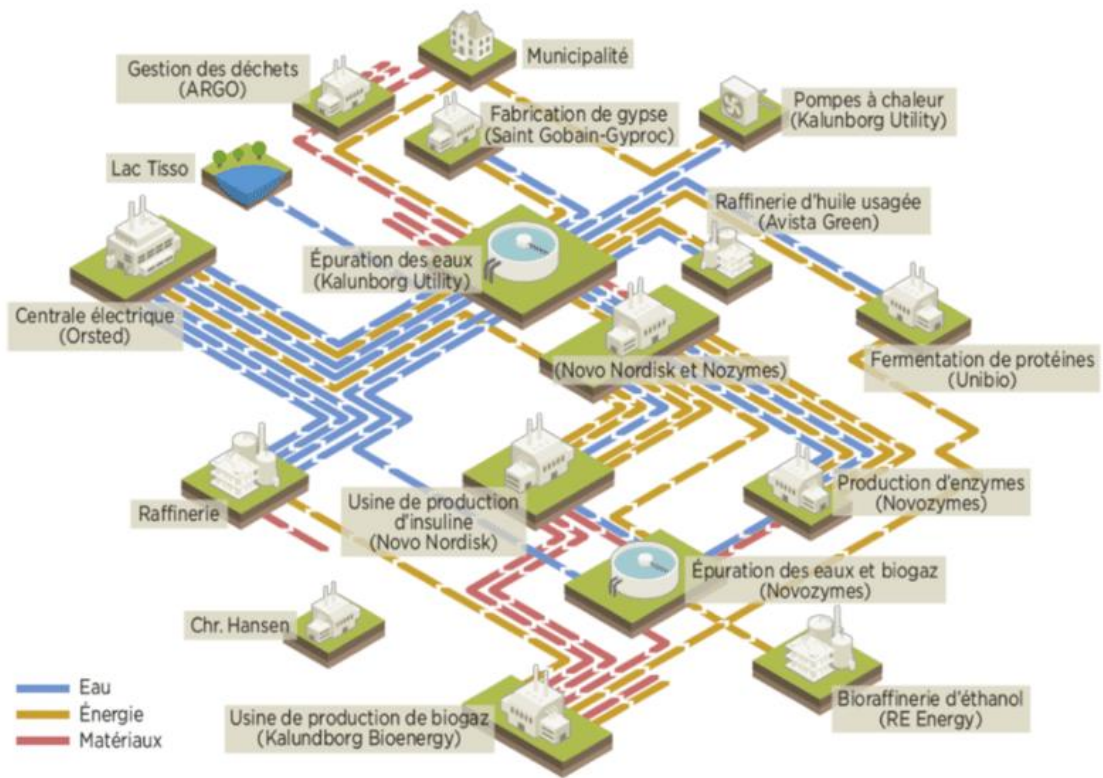
### L'économie circulaire 3 domaines, 7 piliers



7 piliers de l'économie circulaire de l'ADEME

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.







Représentation de la symbiose industrielle de Kalundborg  
Source : Diemer & Morales (2022)

## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 sur l'économie circulaire. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

	<p>Le bureau de conseil en transition écologique « Ouvert » émane de l'entreprise industrielle checo, fabricant d'enveloppes engagé depuis 25 ans dans la transition écologique et économique. Depuis 10 ans, OUVERT accompagne entreprises et collectivités dans l'apprentissage de la méthode dite de « l'écolonomie », qui associe écologie et économie.</p>
	<p>Le modèle, développé par la société Pole-N (Philippe Botte), Amélios, s'inspire des travaux de Yann Moulrier-Boutang, qui décrit dans son livre "L'abeille et l'économiste", la bascule entre une économie de l'échange et de la production vers une économie de pollinisation et de contribution. Le modèle innovant d'Amélios permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire massivement et rapidement les émissions de GES ;</li> <li>• Rénover massivement le bâti en France ;</li> <li>• Accélérer la protection et la régénération de la biodiversité ;</li> <li>• Favoriser l'inclusion et la solidarité.</li> </ul>

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p>Dionymer, start-up lauréate sur Biomim'Challenge 2021, développe un procédé de transformation biomimétique des déchets organiques, notamment de la filière viticole, en polymères.</p>
	<p>Ennesys, transformation des eaux usées et déchets organiques en eau et en énergie, via la culture de micro-algues.</p>
	<p>Mogu conçoit des dalles de sols en mycélium sur déchets de biomasse agricole avec une forte ambition écologique.</p>
	<p>Moulinot collecte les déchets organiques et les transforme en lombricompost, énergie (gaz et électricité), ou digestat (engrais).</p>

## Territoires

### I - Biomimétisme & Territoires

Le biomimétisme peut contribuer aux ambitions de transformation des territoires notamment au travers de l'approche de la bio-inspiration territoriale développée dans le cadre du projet de recherche-action-transmission Territory Lab. " Il a pour objectif de faire émerger des projets régénératifs de transitions territoriales et organisationnelles. Il s'appuie pour ce faire sur le triptyque : dynamiques collaboratives, inspiration du vivant (biomimétisme) et ancrage territorial.

Il vise à faire émerger une nouvelle ingénierie culturelle de transformation écologique et sociétale des territoires.

Il a pour objectif de faire naître :

- Des réponses opérationnelles d'adaptation aux crises (changement climatique, biodiversité, etc.) ;
- Un dialogue territorial multi-acteurs qui soit constructif et qui permette des arbitrages - une culture des égards envers les autres qu'humains ;
- La régénération des systèmes sociaux et écologiques dans une perspective de santé commune.

Celui-ci s'appuie sur un double processus :

- Processus de transformation physique et de conception de projets à haute performance environnementale par des systèmes techniques innovants et performants inspirés du vivant, et des solutions fondées sur la nature. Les systèmes biologiques présentent ainsi des propriétés de



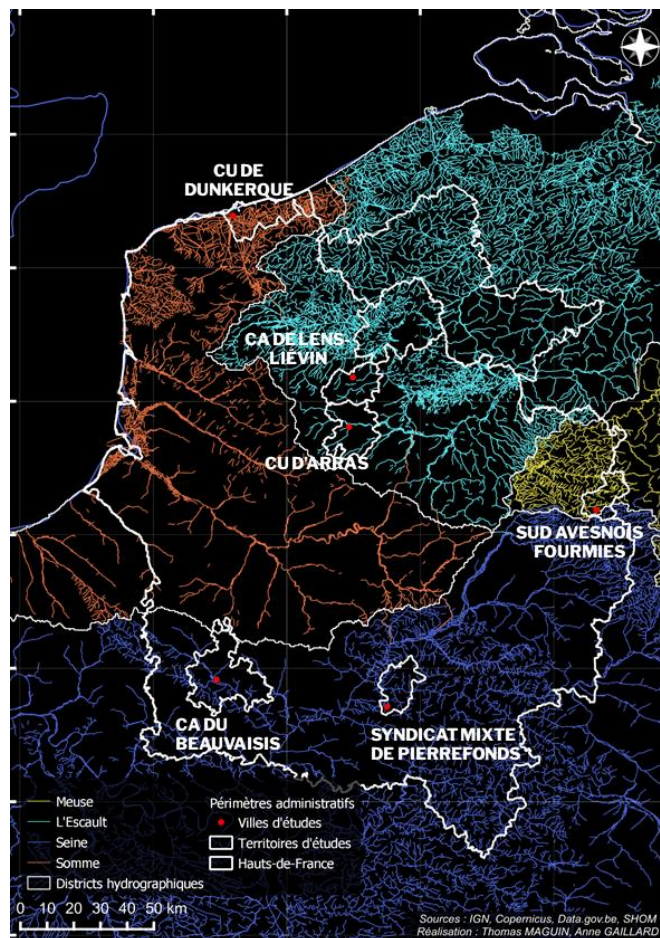
multifonctionnalité, adaptation et résilience pertinentes pour le secteur du bâtiment et de l'urbanisme. A ce jour plus de 200 systèmes constructifs, matériaux de construction, bâtiments et d'aménagements urbains bio-inspirés ont été développés dans le monde.

- Processus de transformation culturelle et sociétale, autour d'une démarche collaborative ; les principes du vivant représentent une ressource abondante d'inspiration pour nous aider à repenser nos stratégies de conception, nos modèles organisationnels, prises de décision, design de l'information... Cela afin d'aboutir à une transformation physique de nos milieux, régénérative, adaptée et résiliente.

L'action « Territoire bio-inspiré » menée dans le cadre du projet Bloom a permis un premier repérage géographique de territoires des Hauts-de-France : certains territoires préservés écologiquement et organisés en lien avec leur environnement, d'autres territoires ayant subi des dégradations physiques au fil du temps, et dont l'organisation semble être en rupture avec leur environnement.





L'objectif est d'explorer et accompagner des territoires ayant subi des dégradations, ou devant faire face à des enjeux climatiques et écologiques importants dans les années à venir, pour coconstruire des démarches régénératives à partir de méthodologies inspirées des principes du Vivant.

Valoriser des territoires exemplaires, ayant réussi leur transition, et de capitaliser sur leur approche à partir d'une grille de lecture spécifique : celle des principes et des stratégies inspirés du Vivant ; aider ces territoires à aller plus loin dans leur transition, à partir d'une vision prospective, en s'appuyant sur la bioinspiration.






## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs territoriaux engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

 <p>Ville de <b>Senlis</b> www.ville-senlis.fr</p>	<p>La ville de Senlis est engagée depuis 2012 dans la promotion et le développement du biomimétisme sur son territoire. Elle est à l'origine de la création de Ceebios en 2014 sous l'impulsion de Pascale Loiseleur, Maire de Senlis &amp; Francis Pruche, 2<sup>e</sup> Adjoint au Maire.</p>
 <p><b>EUROMÉTROPOLE</b> <b>EUROMETROPOOL</b> LILLE - KORTRIJK - TOURNAI</p>	<p>L'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai est un groupement européen de coopération territoriale (GECT) de 157 communes françaises et belges, qui a été créé le 28 janvier 20083 dans le but de favoriser la coopération transfrontalière entre la France et la Belgique. Elle mène une étude prospective "Le parc bleu de l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai ancrage pour une stratégie de transition territoriale bio-inspirée".</p>
 <p><b>PAYS DE L'OISE</b></p>	<p>Le Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE) des Pays de l'Oise est une association loi 1901 qui assure ses missions environnementales depuis près de 30 ans sur l'ensemble du département de l'Oise.</p> <p>Son activité s'articule autour de deux grands axes majeurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'éducation à l'environnement : animation et interventions auprès des scolaires et du grand public, réalisation de sorties nature, de cafés-débat, d'ateliers, création d'outils pédagogiques...</li> <li>• L'accompagnement des territoires : réalisation de formations, d'études ou de diagnostics, activité de conseil, publications...</li> </ul> <p>Le CPIE, dans le cadre de ses missions d'éducation à l'environnement, a organisé plusieurs animations sur le biomimétisme. Il est également partenaire d'une opération de déploiement du modèle Amelios avec l'entreprise Lapeyre de Saint-Maximin, la Société Civile de Patrimoine de l'Aunette et POLE-N. Dans le cadre de la formation, plusieurs modules sur le biomimétisme et notamment sur les matériaux bio-inspirés sont proposés aux étudiants en lien avec les travaux du laboratoire GEMTEX. L'ENSAIT est membre du collectif bio-inspiré en Hauts-de-France.</p>
 <p><b>Région</b> <b>Hauts-de-France</b></p>	<p>Les Hauts-de-France, face aux divers défis (climatiques, énergétiques, économiques, etc.) touchant la région et, au-delà, le monde dans son ensemble, sont le lieu d'une dynamique innovante et partenariale : rev3. Avec la finalité générale d'une société décarbonée et durable à l'horizon 2050, trois grandes transitions sont ainsi à accomplir au mieux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celle des évolutions énergétiques et d'économie des ressources ;</li> <li>• Celle des évolutions ou plutôt des révolutions techniques et organisationnelles ;</li> <li>• Celle, enfin, des évolutions sociales et sociétales,</li> </ul> <p>La Région Hauts-de-France, avec l'Ademe, a soutenu le projet Bloom qui vise à déployer le biomimétisme en Hauts-de-France et ce, au service de la Rev3.</p>

D'autres territoires d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p><b>La Région Nouvelle-Aquitaine</b> est engagée dans le déploiement du biomimétisme depuis 2015. En partenariat avec Ceebios, elle a promu le biomimétisme auprès des acteurs de son territoire au service de sa feuille de route de la transition écologique « Neoterraé. Pour ce faire, elle a formé ses agents, intégré le biomimétisme dans ses feuilles de route et appels à projet, contribué à la sensibilisation des acteurs du territoire, financé des projets de recherche et d'innovation bio-inspirés, contribué à l'émergence de formations dédiées, etc.</p>
	<p><b>La Région Sud</b> est engagée dans le déploiement du biomimétisme depuis 2020. Consciente des risques de préservation et protection de cette richesse mais également des opportunités qu'elle revêt pour l'attractivité du territoire, la Région Sud s'est intéressée au biomimétisme en tant qu'outil original de sensibilisation à la biodiversité mais également comme vecteur d'innovations durables.</p>
	<p><b>La Communauté d'Agglomération Pays Basque</b> s'est engagée dans la voie du biomimétisme depuis 2020 notamment sur le biomimétisme marin. Dans ce cadre, elle a contribué à l'émergence d'une chaire de recherche partenariale dédiée aux matériaux bio-inspirés des ressources marines. Elle porte également la création d'un pôle d'excellence dédié.</p>

## Enseignement & Recherche

### Enseignement

#### I – Enjeux de la formation au biomimétisme en région Hauts-de-France

La formation est un enjeu majeur pour systématiser le recours au biomimétisme comme démarche d'innovation responsable.

De même que la bio-inspiration et le déploiement d'enseignements en lien avec le vivant à tous les niveaux d'études sont nécessaires pour façonner la transition souhaitable à venir.

En 2017, un état de l'art sur la formation en lien avec le biomimétisme<sup>1</sup> avait référencé plus de 27 formations diplômantes en Europe, dont 17 en Allemagne. En France, la pédagogie sur le sujet reposait encore sur des initiatives isolées malgré un terreau fertile, avec un engouement fort pour la thématique des étudiant.e.s et des enseignant.e.s mais également une recherche reconnue au niveau internationale sur le sujet.

La France est dorénavant motrice sur les enjeux de la formation et ressources pédagogiques en lien avec le biomimétisme et la reconnexion au vivant.

<sup>1</sup> FORMATION AU BIOMIMÉTISME - Un enjeu pour la France, Synthèse des formations, Hugo Bachellier, Kalina Raskin, CEEBIOS - Novembre 2017

Un master et deux mastères of sciences dédiés au sujet ont ouverts leurs portes :

- Master BioInspired Materials, Université de Pau et des Pays de l'Adour ;
- MSc Nature Inspired Design, ENSCI les Ateliers ;
- MSc Design des transitions et conception biomimétique, Institut Supérieur de Design de Saint Malo.

Près de 300 enseignant.e.s curieux et curieuses du sujet se sont fédéré.e.s au sein de l' « *Archipel des Ecoles Françaises du Biomimétisme* » pour échanger ressources, projets et bonnes pratiques.

Un nombre croissant de cours émerge en lien avec le sujet aussi bien dans les écoles d'architecture, de commerce, de management, d'ingénieur, de design, d'arts ou de sciences politiques.

Des ateliers et ressources permettant de sensibiliser les apprenants à l'histoire de la vie et à la complexité des mécaniques à l'œuvre dans la biosphère se déploient à tous les niveaux. Comme la *Marche du Temps Profond*, une balade de 4,6km durant laquelle l'histoire de la planète est comptée aux participant.e.s à raison d' 1m = 1 million d'années et 1km = 1 milliard d'années.

Le corps enseignant, en train d'opérer une bascule drastique des maquettes pédagogiques pour répondre aux enjeux des transitions à venir, sont en demande croissante et pressante d'outils et méthodologies pour structurer des formations adaptées et pertinentes.

Malgré la présence d'acteurs convaincus, la France peine à enclencher cette transition, notamment à cause des éléments suivants :



- Structures en silos peu propices aux transferts de connaissances et à la transdisciplinarité ;
- Peu ou pas de module sous format projet, qui permettent d'ouvrir la voie à l'exploration bio-inspirée ;
- Des enseignants parfois mal formés aux concepts de ce domaine
- Peu ou pas d'ouvertures aux interventions extérieures ;
- Peu de places et de moyens pour la montée en compétences et connaissance du corps enseignant sur ces sujets ;
- Une résistance au changement et une incompréhension du sujet pour une part du personnel encadrant ;
- Une administration mal sensibilisée aux enjeux de ce virage dans l'enseignement ;
- Difficulté pour les enseignants impliqués de faire valoir auprès de l'administration la nécessité de restructurer les formations ;
- Un besoin d'animation et de partage de ressources et bonnes pratiques entre les enseignants.

Il s'agit maintenant d'accompagner à la systématisation de l'intégration de l'approche dans l'enseignement. Ancrer le biomimétisme dans le paysage éducatif assez tôt avec l'observation de la nature à l'école et l'acquisition de connaissance de bases sur les systèmes vivants est devenu une évidence à soutenir.




## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour déployer la formation. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

	<p>Fondée en 1905, l'école d'ingénieurs ESME forme en 5 ans des ingénieurs pluridisciplinaires, prêts à relever les défis technologiques du XXI<sup>e</sup> siècle : la transition énergétique, les véhicules autonomes, la robotique, les réseaux intelligents, les villes connectées, la cyber sécurité, et les biotechnologies.</p> <p>ESME est un des membres fondateurs du collectif bio-inspiré en Hauts-de-France. ESME propose des formations sur le biomimétisme et œuvre à la sensibilisation via l'organisation d'événements dédiés.</p>
	<p>L'Université de Technologie de Compiègne est à la fois une école d'ingénieurs et une université. Cette école forme des ingénieurs, masters et docteurs capables de faire face aux interactions de la technologie avec l'homme et la société. L'UTC a pour ambition de se placer comme une grande université de classe mondiale avec un ancrage marqué sur la créativité et l'innovation. L'UTC propose à ses étudiants des formations sur le biomimétisme.</p>
	<p>L'ENSAIT est une école d'ingénieurs publique située à Roubaix. Elle a été fondée en 1889 et forme des ingénieurs spécialisés dans les domaines du textile, de l'habillement, de la mode et des matériaux souples. Elle propose des formations initiales en 5 ans, des formations continues et des formations par apprentissage, et délivre des diplômes de master en textile et matériaux souples. Elle accueille environ 600 étudiants chaque année, avec un corps enseignant de plus de 80 enseignants-chercheurs et une équipe administrative de plus de 50 personnes. Dans le cadre de la formation, plusieurs modules sur le biomimétisme et notamment sur les matériaux bio-inspirés sont proposés aux étudiants en lien avec les travaux du laboratoire GEMTEX. L'ENSAIT est membre du collectif bio-inspiré en Hauts-de-France</p>
	<p>L'université catholique de Lille est une université pluridisciplinaire fondée en 1875 et gérée par la Fondation de l'université catholique de Lille. Elle est constituée de 8 facultés et écoles qui proposent des formations dans de nombreux domaines, tels que le droit, l'économie, la santé, les sciences humaines, les sciences de l'ingénieur, les sciences et technologies, etc. Elle accueille environ 30 000 étudiants chaque année, dont près de 15% d'étudiants internationaux, et emploie plus de 1 000 enseignants-chercheurs et personnels administratifs.</p> <p>L'UCL organise des événements à destination de ses étudiants pour introduire l'approche du biomimétisme.</p>
	<p>L'Université de Lille est une université publique issue de la fusion en 2018 de trois anciennes universités lilloises : Lille 1, Lille 2 et Lille 3. Elle est constituée de 24 facultés et écoles qui proposent des formations dans de nombreux domaines, tels que les sciences et technologies, les sciences de la santé, les sciences humaines et sociales, le droit, l'économie, etc. Elle accueille environ 67 000 étudiants chaque année, dont environ 8 000 étudiants internationaux, et emploie plus de 5 000 enseignants-chercheurs et personnels administratifs. L'Université de Lille est un des membres fondateurs du collectif bio-inspiré en Hauts-de-France.</p>

	<p>JUNIA est une grande école d'ingénieurs. JUNIA contribue aux grands enjeux via ses activités de formation et de recherche : nourrir durablement la planète, renforcer les technologies de la santé &amp; du bien vivre, développer la transition numérique &amp; industrielle, accélérer la transition énergétique &amp; urbaine.</p> <p>Dans le cadre de ses cursus, JUNIA propose des modules d'introduction au biomimétisme.</p>
	<p>Biomim'+ propose des interventions bio-inspirées pour concevoir et animer des conférences, ateliers et formations. Biomim'+ est membre fondateur du collectif bio-inspiré en Hauts-de-France.</p>

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

	<p>L'Université de Pau et des Pays de l'Adour propose le « Master BIM » pour « Bioinspired Materials ». Cette formation propose aux étudiants de s'inspirer de la nature à travers une approche biomimétique. Cette approche multi et transdisciplinaire recourt à la fois à la science fondamentale et à l'ingénierie des matériaux. Elle est basée sur l'exploration et la compréhension des organismes et éco-systèmes vivants pour développer des matériaux bio-inspirés et respectueux de l'environnement.</p>
	<p>L'ENSCI propose le master Nature-Inspired Design qui vise à allier biomimétisme et design pour concevoir durablement. Il a pour objectif de s'inspirer de la Nature et du vivant pour changer les méthodes et outils de conception, et former de nouvelles générations de chef.fes de projet.</p> <p>Les étudiants du MSc Nature-Inspired Design sont impliqués dans la conception de solutions innovantes bio-inspirées et biologiques afin de faire face aux problèmes contemporains ; la formation leur permettra de réinventer leur propre pratique professionnelle en utilisant la nature comme inspiration, matériau ou processus. Ils seront formés pour devenir chefs de projets en biomimétisme et design.</p>
	<p>L'Institut Supérieur de Design de Saint-Malo propose un master sur le Design des transitions et conception biomimétique. Accessible après une formation bac+3, cette formation se veut polyvalente et appliquée. Le designer de transition diagnostique, puis étudie des solutions existantes dans la nature et les traduit en projets durables, économiques et régénérateurs. L'institut souhaite former des designers (chefs de projets, des intrapreneurs ou des entrepreneurs) de la transition, en mesure de produire des solutions pertinentes et maîtrisées répondant durablement aux enjeux immédiats, et garantissant l'impact positif des décisions stratégiques grâce à des méthodologies de mesure exigeantes.</p>

## Recherche

### I – Enjeux de la recherche en biomimétisme en région Hauts-de-France

Avec un quotient de localisation de 0,16, **l'économie de la région des Hauts-de-France est très peu spécialisée dans le domaine de la recherche**. Au 1<sup>er</sup> janvier 2020, les Hauts-de-France représentaient 9% de la population métropolitaine<sup>2</sup>, et 9% des effectifs nationaux d'étudiants. Cependant, elle ne compte que pour 4,8% des inscriptions en doctorats, 4,1% des demandes de brevets déposées en France et 4,9% des publications nationales. Tout cela reflète **des dépenses fléchées vers la recherche et l'innovation qui sont deux fois moins importantes en Hauts-de-France que dans le reste du pays**, même si on note que la région rattrape son retard ces dernières années avec des dépenses qui ont progressé de 55% entre 2007 et 2017. Il y a donc un potentiel pour le développement du secteur de la recherche en Hauts-de-France.<sup>3</sup>

Par ailleurs, **la recherche et développement peut générer de forts effets d'entraînement sur l'économie régionale**. En effet, ce secteur se situe en **4<sup>ème</sup> position** sur les 64 secteurs de l'économie régionale concernant les multiplicateurs de production. Un euro de production dans la R&D en Hauts-de-France génère 1,77 € de production dans l'ensemble de l'économie régionale. De plus, un euro de production contribue d'une manière importante à la création de richesse économique. Ce secteur se classe en **11<sup>ème</sup> position** sur les 64 secteurs de l'économie régionale en termes de création de valeur ajoutée. Un euro de production dans la R&D génère ainsi 0,94 € de valeur ajoutée.

### LA RECHERCHE EN HAUTS-DE-FRANCE



La cartographie de l'écosystème du biomimétisme menée dans le cadre du projet Bloom a mis en lumière un riche tissu académique. En effet, Parmi les 202 acteurs recensés, 57% sont des acteurs académiques, issus de laboratoires de recherche ou de centres techniques.

Le biomimétisme est mobilisé de différentes manières par une grande variété de domaines scientifiques. **Les plus représentés sont la chimie et la mécanique, avec des applications en médecine, en robotique, et pour le développement de nouveaux matériaux**. On retrouve également l'électronique, et même l'économie<sup>4</sup>. La région Hauts-de-France accueille des acteurs clefs du biomimétisme, à commencer par Ceebios qui travaille au déploiement du biomimétisme en France. Les Hauts-de-France comptent également des établissements phares dans le domaine du biomimétisme comme l'Université de Lille dont de nombreux laboratoires ont adopté la démarche, l'UTC qui en plus des nombreux projets de recherche lancés sur le sujet joue également un rôle sur le plan de la formation, ou l'Université Picardie Jules Verne qui explore la piste de la chimie bio-inspirée.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> INSEE Analyses Hauts-de-France n°146, 29/12/2022. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6682125>

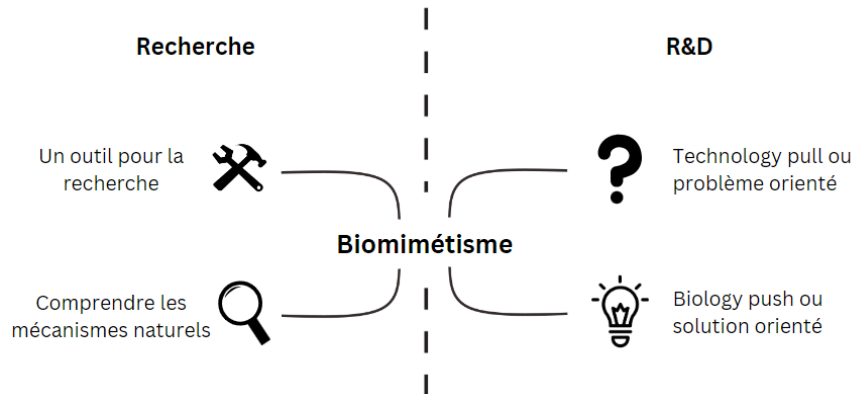
<sup>3</sup> Projet de cadre stratégique du schéma régional de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. Téléchargeable à ce lien : <https://www.hautsdefrance.fr/sresri2/>

<sup>4</sup> D'après les répondants aux questionnaires et un scan de la littérature scientifique sur le biomimétisme réalisé en avril 2023.

<sup>5</sup> [Biomimétisme en France, un état des lieux, juillet 2018, Ceebios](#) p.17

Plusieurs projets avec des TRL relativement élevés ont été évoqués par des chercheurs de différents établissements, dont certains sont en cours de discussion avec des entreprises, preuve que la recherche bio-inspirée en Hauts-de-France est dynamique.

Quatre approches du biomimétisme en recherche, résumées dans la figure ci-dessous :



Le biomimétisme est pour certains secteurs de recherche un outil précieux pour conduire des expérimentations. Il ne s’agit alors pas de faire de la recherche sur le biomimétisme en lui-même mais d’utiliser des outils bio-inspirés pour étudier des phénomènes, tester des médicaments, etc. Cette approche est particulièrement présente dans le domaine de la recherche biomédicale, ou en biologie cellulaire et moléculaire. Les chercheurs et chercheuses utilisent des tissus, des protéines, ou d’autres objets biomimétiques afin de conduire leurs expérimentations. Ce sont des outils de travail, mais l’objectif de leur recherche n’est pas de développer une solution bio-inspirée. Le biomimétisme permet ici d’imiter le vivant afin de mener des expérimentations.

Certains projets de recherche visent à comprendre et mimer les mécanismes naturels sans forcément avoir d’application prévues pour la suite, il s’agit d’une approche plus fondamentale du biomimétisme. Ainsi, un des projets de recherche menés à l’ENSAIT a pour objectif de comprendre comment les arbres pompent l’eau dans le sol et la font remonter<sup>6</sup>.

## II – Ecosystème en région Hauts-de-France

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent aux objectifs de la Rev3 pour déployer la formation. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.


	<p><b>Le CETIM</b>, institut technologique labellisé Carnot et membre de l’Alliance Industrie du Futur, est le centre d’expertise mécanique français. Fort de 800 ingénieurs et techniciens dans une douzaine d’expertises techniques complémentaires, il accompagne les industriels dans l’accroissement de leur compétitivité par l’apport d’innovation technologique &amp; industrielle sur l’ensemble du cycle de vie produit procédé. Le CETIM œuvre sur le développement de l’innovation bio-inspirée notamment via le projet Biomig dont il est partenaire.</p>
---	--

<sup>6</sup> Entretien mené auprès de Philippe Vroman le 27 avril 2023.



	<p><b>Le laboratoire GEC</b> joue un rôle fédérateur des recherches en biologie au niveau de la région Hauts-de-France, en associant, au sein d'une même unité, l'UTC et l'université de Picardie Jules Verne à Amiens (UPJV).</p> <p>Les recherches menées au sein de l'unité GEC s'appuient sur le postulat que les solutions aux défis scientifiques majeurs se trouvent dans la nature. Elles combinent trois approches : l'utilisation des bioressources, la bioinspiration et le biomimétisme. Forte de son expertise en biotechnologie reconnue internationalement, l'unité GEC développe différents modèles, de niveaux de complexité variés, pour expliquer la dynamique des phénomènes biologiques et proposer des solutions innovantes répondant à des problématiques scientifiques et sociétales. Les activités de l'unité GEC s'articulent ainsi naturellement entre l'exploitation des bioressources et du métabolisme végétal et la création de matériaux bioinspirés ou de mimes moléculaires destinés à la reconnaissance.</p>
	<p><b>GEMTEX</b> est le laboratoire de recherche de l'École nationale supérieure des arts et industries textiles (ENSAIT), situé à Roubaix. Les thématiques de recherche du laboratoire abordent des domaines variés allant de la chimie à la mécanique, l'automatique, le génie des procédés ou encore les matériaux et leur modélisation, toujours en lien avec le textile.</p> <p>Dans le cadre de son axe de recherche sur les textiles durables, GEMTEX mène des travaux sur le biomimétisme.</p>
	<p>Les activités de recherche du laboratoire BMBI concernent la Biomécanique et la Bioingénierie, plus particulièrement la Mécanique du Vivant et l'Ingénierie pour la Santé. La spécificité de BMBI est sa pluridisciplinarité qui se traduit par des projets de recherches interdisciplinaires associant les compétences en mécanique, physique, traitement du signal, biologie (cellulaire et moléculaire), biochimie, physiologie. Cela permet une approche système des sujets d'étude avec pour leitmotiv « comprendre pour faire ».</p> <p>Au sein du laboratoire BMBI, au travers du programme transversal BSB2 (Biomécanique des Systèmes Biomimétiques et Bioinspirés), les trois équipes C2MUST, CBB et IFSB développent des travaux de recherche exploitant le biomimétisme. Ces travaux s'intègrent au GDR national BIOMIM auquel le laboratoire est associé.</p>
	<p>Les travaux de l'unité de recherche INTERACT (Innovation, Territoire, Agriculture &amp; Agro-industrie, Connaissance et Technologie) visent à mieux comprendre les processus d'innovation de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de l'agro-industrie ainsi que leurs conditions de réussite. Dans ce cadre, des travaux sur le fonctionnement des peuplements végétaux notamment sur l'agroforesterie sont menés.</p>
	<p>L'IEMN est un acteur majeur dans le domaine des micro / nanotechnologies et leurs applications. Fort de 450 collaborateurs, l'IEMN regroupe l'essentiel de la recherche en Hauts-de-France allant des nanosciences à l'instrumentation dans le domaine des microtechnologies. Il contribue au développement des technologies miniaturisées à forte valeur ajoutée dans l'électronique, la photonique, les télécommunications, les technologies pour la santé, l'énergie électrique, l'internet des objets ou encore le transport</p>

D'autres projets d'intérêt sont présentés ci-dessous :

 <p>GDR 2088 « BIOMIM »</p>	<p>Le GDR2088 « Biomimétisme et Bioinspiration » est un groupement de recherche du CNRS dont les domaines scientifiques vont de la chimie à la physique en passant par la physicochimie, la biologie ou la robotique mais dont l'ensemble des acteurs se rejoignent pour parler d'un même défi. L'originalité de la démarche est donc l'imbrication de l'ensemble de ces domaines pour servir des axes ou défis scientifiques. Ce GDR se veut avant tout interdisciplinaire. Les défis scientifiques et défis sociétaux ont été établis à la suite de la concertation avec l'ensemble des chercheurs et laboratoires de recherche concernés.</p>
--	--

# Potentiel du déploiement du biomimétisme et recommandations

---

## Conclusions

Face aux défis de la décarbonation, rev3 est l'étendard et le catalyseur des ambitions et actions des Hauts-de-France pour promouvoir une région plus durable et plus solidaire pour et avec les hommes, les territoires et la planète.

Le projet Bloom, piloté par Ceebios et financé par le FRATRI, a pu identifier le potentiel que représente le biomimétisme pour répondre aux enjeux économiques, environnementaux et sociaux des Hauts-de-France. Le rapport « Le biomimétisme au service de la rev3 » présente à la fois les solutions que peut apporter le biomimétisme pour répondre à chacun des axes de la feuille de route de transformation de la région mais également les acteurs du territoire qui peuvent y contribuer.

Ce rapport peut servir d'aide à la décision pour les décideurs politiques, mais permet aussi de mettre en avant les travaux réalisés par les nombreux acteurs du territoire ainsi qu'à l'échelle nationale, ceci dans un but de partage et de transmission de connaissances afin de générer du lien et de potentielles synergies entre les acteurs.

Afin de poursuivre le développement du biomimétisme, comme process d'innovation durable, outil de transition des territoires et une des réponses aux enjeux du territoire régional, la Région pourrait mettre en œuvre plusieurs actions décrites ci-dessous.

## Recommandations

Au regard de ce 1<sup>er</sup> état des lieux, il apparaît que certaines actions pourraient être mise en œuvre pour accélérer le déploiement du biomimétisme au service de la rev3.

### Poursuivre l'animation de l'écosystème

Afin de répondre aux enjeux de la feuille de route rev3, il est indispensable d'élargir le champ des compétences à mobiliser en associant notamment les acteurs de la préservation de la biodiversité, de la connaissance sur le climat, etc.

Afin de faciliter l'appropriation du biomimétisme et la mise en œuvre de projets opérationnels, il est indispensable de poursuivre l'animation de l'écosystème régional, particulièrement autour des enjeux présentés précédemment en réponse aux orientations de la rev3 en :

- Favorisant la rencontre entre acteurs de différents secteurs et de différents milieux socio-économiques ;
- Partageant les expériences, savoir-faire, connaissances entre acteurs du territoire ;
- Accélérant l'émergence de pistes de collaboration en réponse aux enjeux du territoire ;
- Favorisant la diffusion et l'appropriation de la connaissance sur le biomimétisme.

### Mobiliser l'écosystème régional d'accompagnement de l'innovation

Afin d'assurer un déploiement coordonné et sur l'ensemble des filières économiques du territoire régional, la mobilisation et la formation des acteurs de l'accompagnement de l'innovation est indispensable :

- Les agents de la Région et des collectivités locales ;
- Les structures régionales de soutien à l'innovation : agence de développement économique, CCI, technopoles, pépinières, etc. ;
- Les pôles de compétitivité et les clusters ;
- Les structures liées à la gestion et à la protection de la biodiversité.

### Poursuivre et soutenir la formation de l'ensemble des acteurs

Le projet Bloom a permis de sensibiliser les acteurs du territoire au biomimétisme au travers notamment de conférences, ateliers et webinaires. Afin d'accélérer l'appropriation du biomimétisme et la mise en œuvre de projets opérationnels, il est indispensable de poursuivre la montée en compétences de l'écosystème régional selon les cibles :

- Former les acteurs à la méthodologie de conception biomimétique afin de les inciter à mettre en œuvre le biomimétisme dans leur processus d'innovation ;
- Former les organisations à de nouvelles modèles économiques et de nouveaux modèles organisationnels inspirés du vivant pour réduire leur impact sur l'environnement et améliorer les conditions sociales.
- Former les acteurs territoriaux à la bio-inspiration territoriale et à l'urbanisme régénératif pour leur donner envie d'expérimenter ces approches dans leurs projets ;
- Plus généralement, sensibiliser et former les acteurs aux grands enjeux climatiques et sociaux tout en questionnant leur rapport au vivant.

## Soutenir financièrement les initiatives

Soutenir le développement de l'approche à l'aide de financements dédiés est indispensable pour inciter les acteurs à mettre en œuvre le biomimétisme. Il paraît essentiel de dédier des financements publics pour :

- Soutenir la recherche fondamentale afin d'accélérer l'acquisition de connaissance sur le vivant indispensable pour la mise en œuvre de l'approche du biomimétisme ;
- Soutenir la recherche appliquée développée par les acteurs académiques sur le biomimétisme et le transfert de connaissances vers les acteurs socio-économiques ;
- Financer les projets de R&D et d'innovation des acteurs économiques notamment en réponse à des problématiques techniques, organisationnelles ou environnementales.
- Financer les projets de régénération de sites industriels.
- Soutenir les expérimentations de bio-inspiration territoriale.
- Financer les formations continues et initiales sur le biomimétisme à destination des acteurs économiques, institutionnels et des étudiants.

Plus précisément, pour les acteurs économiques, il pourrait être intéressant de mettre en place :

- Des dispositifs de financement de démarche bio-inspirée globale à l'échelle de l'entreprise comprenant :
  - La formation des équipes,
  - L'éco-conception biomimétique de produits et/ou solutions,
  - Les modèles économiques bio-inspirés,
  - La mise en place d'un accompagnement bio-inspiré et régénératif sur le site de l'entreprise.

Ces dispositifs pourraient être créés ex-nihilo ou insérés dans des dispositifs existants tels que « Industrie du Futur ».

- Des actions collectives à destination des acteurs économiques permettant à la fois de former collectivement les acteurs au biomimétisme et de les accompagner à la mise en place de cette approche soit de façon globale en lien avec la Chambre de Commerce et d'Industries par exemple soit de façon spécifique comme sur les matériaux en lien avec le pôle EuraMaterials.
- Des dispositifs dédiés d'accompagnement à l'expérimentation de la bio-inspiration territoriale pour les territoires intéressés.

Plus globalement, il pourrait être intéressant d'intégrer le biomimétisme directement dans le FRATRI.

## Communiquer et diffuser

Afin de conserver la dynamique existante et d'assurer une mobilisation efficace des acteurs, des actions régulières de communication et de diffusion sont à mener :

- La publication des rapports régionaux sur le biomimétisme ;
- La promotion de projets et expérimentations mettant en œuvre le biomimétisme au service des enjeux régionaux
- L'organisation d'événements dédiés au biomimétisme afin de mettre en avant l'écosystème régional et les actions menées en région
- L'intégration de la thématique biomimétisme aux événements régionaux dédiés à l'innovation ;
- La contribution et la participation aux actions et événements nationaux tels que Biomimexpo.

# A propos des auteurs

---



**Ceebios** est le **centre national d'études et d'expertises en biomimétisme**, et a pour vocation d'accélérer la transition écologique et sociétale par le biomimétisme. Il s'agit de s'appuyer sur les stratégies d'adaptation du vivant à son environnement comme le fruit d'une recherche et développement de 3,8 milliards d'années par essais-erreurs, et de s'en inspirer pour innover de manière soutenable.

Le **biomimétisme** est reconnu nationalement<sup>7,8,9</sup> et internationalement comme un levier de l'innovation responsable. En particulier, en France, près de 175 projets de recherche et près d'une centaine d'entreprises, font appel à cette démarche.

Fondé en 2014, anciennement association loi 1901, Ceebios est aujourd'hui une **Société Coopérative d'Intérêt Collectif à but non lucratif et Société à Mission** depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021, et catalyse un écosystème national d'innovation fédérant plus d'une centaine d'acteurs industriels, académiques et institutionnels. Ceebios travaille en étroite concertation avec les institutions telles que l'ADEME<sup>10</sup> (convention pluriannuelle de partenariat), le Ministère de la Transition écologique<sup>11</sup>, France Stratégie<sup>12</sup>, pour la structuration et la mise en œuvre d'une feuille de route nationale du biomimétisme, notamment autour de 3 axes :

- **Déployer le biomimétisme en France** : animation du réseau national et écosystème privilégié de coopération, actions de communication et de formation.
- **Explorer le potentiel du biomimétisme** : à travers nos propres actions de R&D, développement d'outils et de ressources pour faciliter le processus d'innovation biomimétique grâce à des méthodologies robustes et éprouvées.
- **Innover avec le biomimétisme** : accompagnement de la R&D et de l'innovation par une activité reconnue de conseil appliquée à tous les secteurs industriels.

---

<sup>7</sup> Commissariat Général au Développement Durable, *Etude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France : état de lieux, potentiel, leviers*, Octobre 2012.

<sup>8</sup> Conseil Economique, Social et Environnemental, *Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement*, Septembre 2015.

<sup>9</sup> Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Techniques, *Le Biomimétisme*, note ° 27, Décembre 2021.

<sup>10</sup> ADEME, Myceco, Ceebios, VertigoLab, *Synthèse de l'étude relative aux externalités positives du biomimétisme, 2020-2021*.

<sup>11</sup> Ceebios, MTES, *Biomimétisme en France Un état des lieux*, 2018.

<sup>12</sup> Ceebios, Myceco, *Biomimétisme Quels leviers de développement et quelles perspectives pour la France ?* Restitution de la journée de travail France Stratégie le 29 novembre 2019.



Créé en 2011 et situé au sein de l'écosystème Darwin à Bordeaux, Vertigo Lab est un bureau de recherche et d'études, un think-and-do tank spécialisé dans le domaine de la gestion de l'environnement. Il intervient depuis l'échelle locale jusqu'aux politiques européennes pour la protection de l'environnement, avec une spécialisation en biodiversité et services des écosystèmes.

Vertigo Lab réalise des missions d'évaluation, de conseil et d'expertise sur les sujets d'écologie, de biodiversité et de développement durable. Il s'intéresse en particulier aux outils d'évaluation économique et aux outils de sciences sociales permettant d'accompagner la prise de décision des acteurs publics. Ses thématiques d'intervention incluent les milieux côtiers et marins, la biodiversité terrestre et aquatique au sens large, mais également l'agroécologie et l'agriculture urbaine, les enjeux du changement climatique, ou encore l'économie circulaire.

Par ailleurs, Vertigo Lab a développé une approche bioinspirée testée auprès de deux partenaires pilotes : la cave coopérative des Vignerons de Buzet et la Communauté d'Agglomération du Grand Dax. Cette approche a pour objectif de s'inspirer des principes du vivant pour développer des stratégies d'entreprises et de territoires plus durables et performantes.



Conscient des métamorphoses du monde actuel, l'Institut des Futurs souhaitables vise à promouvoir une approche prospective pourvoyeuse, pour toutes et tous, de moyens de construction d'un avenir désirable. Leur émergence repose sur une philosophie hybride et une dynamique d'anticipation singulière au cœur desquelles chacun est invité à :

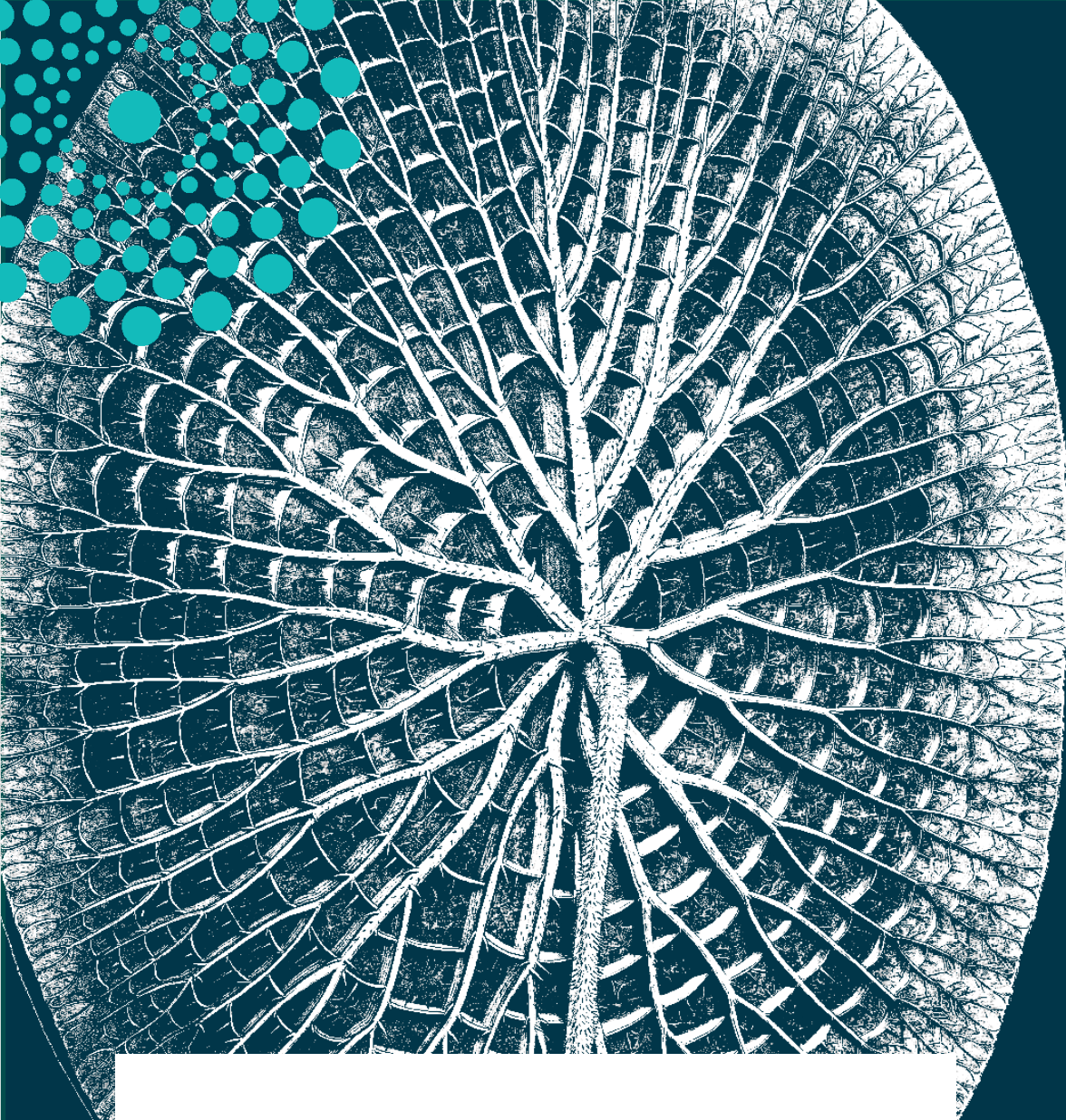
- Apprendre du passé et se projeter dans les futurs afin de concevoir les souhaitables
- S'inspirer du vivant pour inventer des solutions résilientes
- Adopter des stratégies de discernement et partager des armes de constructions massives pour passer outre les incertitudes et libérer l'action



Le Territory Lab est un projet de recherche-action-transmission qui fonde son travail sur les notions de "Bio-Inspiration territoriale" et de "Territoires bio-inspirés" avec comme intention d'aider au développement de projets résilients et régénératifs autour de nouvelles formes organisationnelles. Il s'appuie pour ce faire sur le triptyque : dynamiques collaboratives, inspiration du vivant (biomimétisme) et ancrage territorial. Il vise à explorer une nouvelle ingénierie culturelle de transformation écologique et sociale des territoires.

Il a pour objectif de faire émerger :

- Des réponses opérationnelles d'adaptation aux crises (changement climatique, biodiversité, etc.)
- Un dialogue territorial multi-acteurs qui soit constructif et qui permette des arbitrages - une culture des égards envers les autres qu'humains.
- La régénération des systèmes sociaux et écologiques dans une perspective de santé commune.



Projet co-financé dans le cadre du FRATRI par :

