

# BIOMIMÉTISME ET PLAN CLIMAT

« Gardons une Cop  
d'avance » sous l'angle  
de la bio-inspiration

2022

---



Ce rapport cartographique et co-financé par

**La Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur**

Projet porté par

**Ceebios**

En partenariat avec

**Pikaia**

Rédaction du rapport par :

Yann Brachet (Ceebios) avec la participation de Delphine Mathou, Juliette Verseux,  
Hugo Bachellier, Chloé Lequette et Cécile Dupuch

# Sommaire

<b>PLAN CLIMAT : ENJEUX EN REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR</b>	<b>5</b>
<b>La région Provence-Alpes-Côte d'Azur : un écrin de biodiversité entre mer et montagne</b>	<b>5</b>
<b>Gardons une Cop d'avance</b>	<b>5</b>
<b>Enjeux climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur</b>	<b>6</b>
<b>LE BIOMIMETISME EN REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR</b>	<b>7</b>
<b>BIOMIMETISME – CONCEPTS ET NOTIONS-CLES</b>	<b>9</b>
Une définition normée	9
<b>BIOMIMETISME : LE VIVANT AU CENTRE D'UNE STRATEGIE GLOBALE DE DEVELOPPEMENT SOUTENABLE</b>	<b>10</b>
<b>Ecosystèmes et adaptation</b>	<b>10</b>
<b>Le vivant au cœur d'un développement soutenable</b>	<b>11</b>
<b>PLAN CLIMAT ET BIOMIMETISME</b>	<b>14</b>
<b>Air &amp; biomimétisme</b>	<b>14</b>
I - S'inspirer de la gestion de l'air dans le vivant	14
II - Biomimétisme & Air	15
III - Enjeux en région sud	17
<b>Mer &amp; biomimétisme</b>	<b>20</b>
I - Le milieu marin, source d'innovation et d'inspiration	20
II - Le biomimétisme marin	20
III - Enjeux en région sud	21
<b>Terre &amp; biomimétisme</b>	<b>26</b>
I - Agriculture saine, durable et locale	26
II - Biodiversité protégée et valorisée	27
III - Forêt renouvelée et protégé	27
IV - Ressource en eau maîtrisée et milieux aquatiques préservés	28
V - Enjeux en Région Sud	29
<b>Biomimétisme &amp; énergie</b>	<b>31</b>

I - S'inspirer de la gestion de l'énergie dans le vivant	31
II - Biomimétisme & Energie	31
III - Enjeux en région sud	32
<b>Déchets &amp; biomimétisme</b>	<b>35</b>
I - S'inspirer de la gestion des déchets dans le vivant	35
II - Biomimétisme & Gestion des déchets	36
III - Enjeux en région sud	41
<b>Chez vous au quotidien</b>	<b>44</b>
Participer à la nouvelle économie	44
Accompagner les communes et leurs groupements dans la transition écologique	47
Affirmer le leadership régional	48
Former et orienter	48
<b>CONCLUSION ET PROCHAINES ETAPES</b>	<b>52</b>
<b>A PROPOS DES AUTEURS</b>	<b>54</b>
<b>Contacts</b>	<b>55</b>

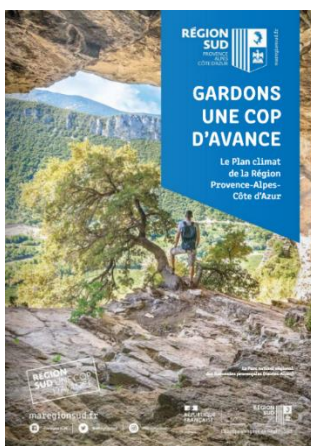
# Plan climat : enjeux en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

La Région a souhaité s'engager pleinement dans la mise en œuvre des Accords de Paris de la COP21. Le Plan Climat « Une COP d'avance », voté en 2017 a été suivi d'un deuxième plan d'actions « Gardons une Cop d'avance » en 2021.

## La région Provence-Alpes-Côte d'Azur : un écrin de biodiversité entre mer et montagne

Avec 1/4 de sa superficie couverte par des parcs naturels, la région Sud dispose d'un patrimoine naturel remarquable précieux.

- 50% d'espaces boisés, 45% d'espaces protégés, 900 kilomètres de côtes ;
- 2ème région la plus boisée de France ;
- 30% du territoire couverts par des parcs naturels régionaux ;
- 50% du territoire couverts par des espaces protégés : 4 parcs nationaux les Calanques, Port Cros, les Ecrins et le Mercantour, 9 Parcs Naturels Régionaux, 10 réserves nationales et 7 régionales ;
- 71% des espèces de France métropolitaine ;
- 10% de la biodiversité mondiale.



## Gardons une Cop d'avance

Le Plan Climat de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur " Gardons une Cop d'avance " vise la préservation du territoire emblématique de la région à travers des objectifs ambitieux organisés en grands thèmes :

- L'Air ;
- La Mer ;
- La Terre ;
- L'Énergie ;
- Les Déchets ;
- Chez vous au quotidien.

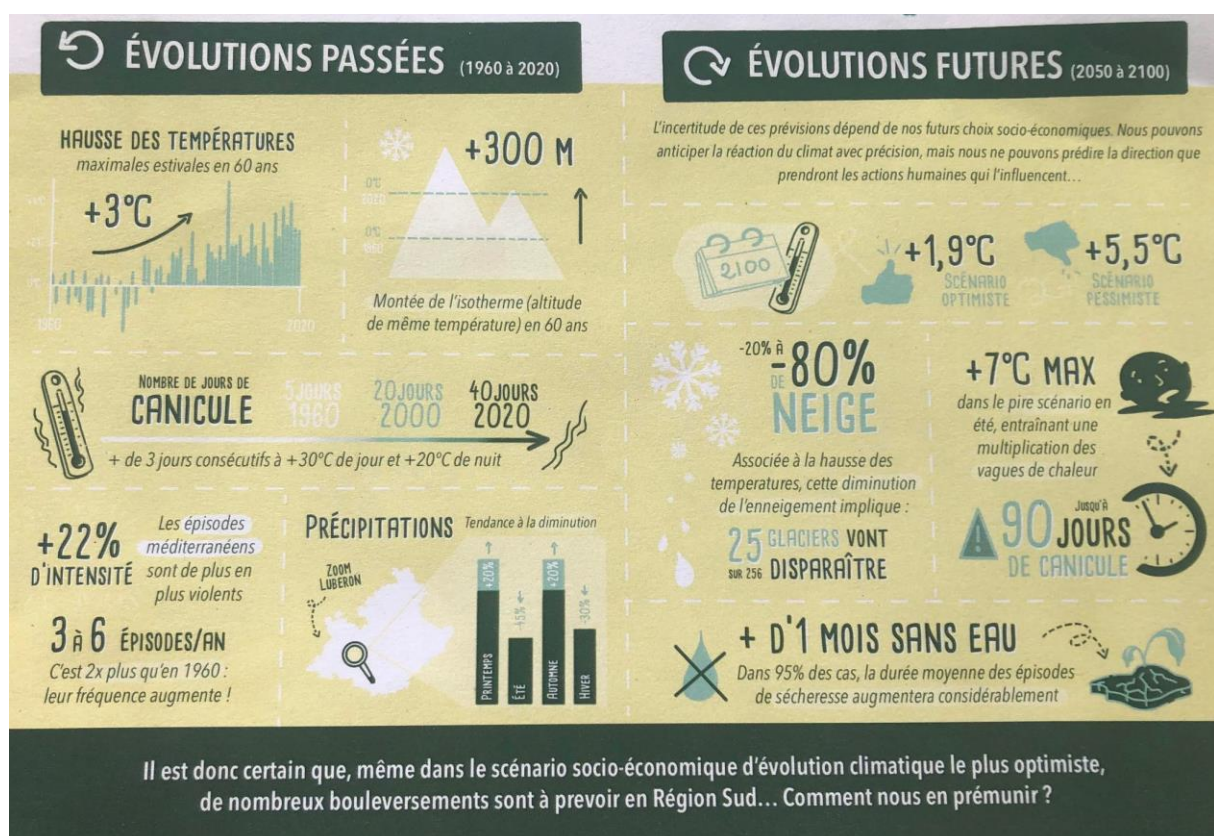
# Enjeux climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Les éléments qui suivent sont tirés des divers rapports réalisés par le GREC SUD. Le Groupe Régional d'Experts sur le climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD) a vocation à centraliser, transcrire et partager la connaissance scientifique sur le climat et le changement climatique en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur. L'objectif prioritaire du groupe est d'informer les gestionnaires et décideurs du territoire (élus et techniciens des collectivités locales, des espaces protégés, des grands équipements, etc.) dans l'optique d'une meilleure compréhension et d'une prise en compte des résultats scientifiques dans les politiques publiques.

Le GIEC rappelle qu'il est impératif de limiter le réchauffement climatique global à +1,5°C. Et si le problème est bien global, les solutions d'adaptation et d'atténuation, elles, sont avant tout locales !

## Spécificités de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

En été, le fort rayonnement solaire et la circulation atmosphérique anticyclonique dominante de la région expliquent les fortes chaleurs et les sécheresses en période estivale. En hiver, la présence de reliefs, comme les Préalpes, provoque un « effet de foehn » d'ouest, engendrant un fort vent, mais aussi plus de chaleur et de sécheresse. Enfin en automne et au printemps, la région subit les « épisodes méditerranéens » : des averses orageuses parfois excessives pouvant apporter plus de 200mm de pluie en 1 jour !

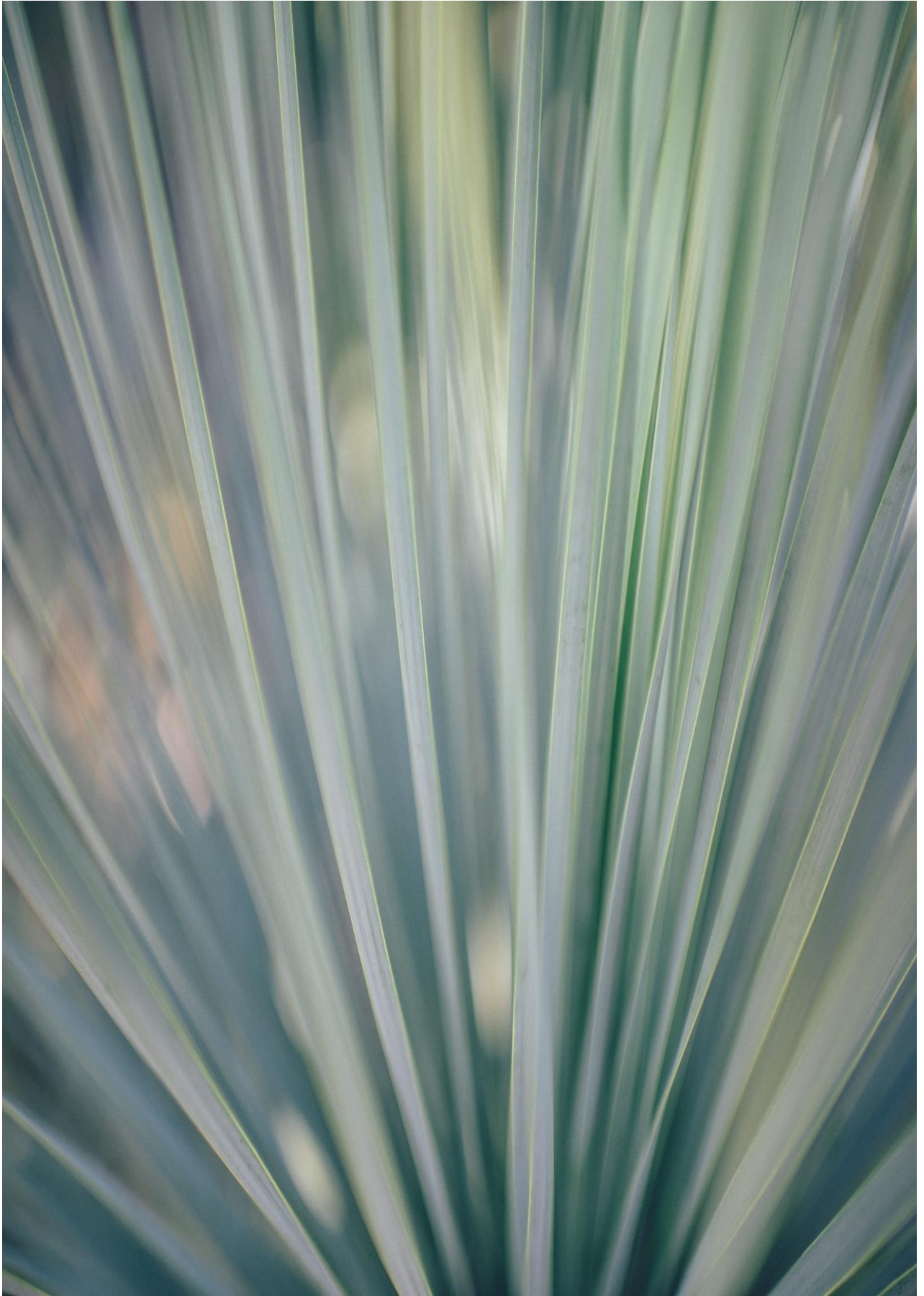


# Le Biomimétisme en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Afin d'initier une dynamique autour du biomimétisme, la Région Sud a ainsi lancé le prix de l'innovation biomimétique visant à démontrer le caractère opérationnel du biomimétisme en région et ses applications par le financement de projets démonstrateurs et à susciter l'émergence de projets concrets. Ce prix a récompensé 5 lauréats.

Afin d'accélérer le déploiement du biomimétisme sur son territoire, la Région Sud s'est associée à Ceebios, depuis 2020, au travers d'un plan d'actions portant sur :

- Une connaissance plus approfondie de l'écosystème du biomimétisme local en réalisant un état des lieux des compétences du territoire en matière de biomimétisme via :
  - Un travail cartographique permettant d'identifier plus de 120 acteurs concernés par le biomimétisme,
  - Une étude d'impact socio-économique et environnementale prospective mettant en lumière le potentiel bio-inspiré de la région notamment sur quatre filières clés : santé, économie bleue, chimie et construction ;
- L'animation et la sensibilisation de l'écosystème régional grâce à plusieurs webinaires dédiés ainsi que l'accueil du Biom'impact Tour dont l'objectif était de mêler le biomimétisme et l'entrepreneuriat social pour générer des projets bio-inspirés à impact :
  - Les 6 webinaires sont en ligne et disponibles via [cette plateforme](#).
  - Le [Biom'impact tour](#) a permis de sensibiliser plus de 650 personnes, de former plus d'une centaine d'entrepreneurs en herbe aux méthodologies du biomimétisme pour déboucher sur 24 concepts de solutions entrepreneuriales bio-inspirées.
- La montée en compétences des acteurs, l'appropriation d'outils méthodologiques et la mise en synergie des acteurs et compétences du territoire par la valorisation des travaux déjà menés ainsi que l'organisation de webinaires thématiques. Ainsi Ceebios a pu :
  - Sensibiliser plus d'une trentaine d'agents de la Région Sud,
  - Former la direction régionale de l'Ademe PACA au biomimétisme,
  - Intervenir dans plusieurs établissements d'enseignement supérieur (Centrale Marseille, Aix-Marseille Université, Université Côte d'Azur, etc.),
  - Contribuer régulièrement à des événements en région (conférences, assises, tables rondes, journées thématiques etc...) afin de réaliser ses missions d'animation et de valorisation.
- La rédaction du rapport mettant en lumière le lien entre les enjeux identifiés dans le Plan Climat « Gardons une COP d'avance » et les réponses que le biomimétisme propose à ces enjeux, dans le but de mobiliser l'écosystème autour d'une feuille de route régionale co-construite.





# Biomimétisme – Concepts et notions-clés

---

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

### 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)*

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

## Ecosystèmes et adaptation

Passées au crible de 3,8 milliards d'années d'évolution génétique, les espèces ont acquis, via la sélection naturelle, des grandes stratégies de résilience, dont il est intéressant de s'inspirer. L'expression de ces principes de résilience est par ailleurs permise par le caractère « plastique » des organismes. En effet, si un individu n'était pas ajustable ou adaptable à court-terme par sa plasticité, alors, il ne pourrait pas survivre dans différents milieux ou mettre en œuvre différentes stratégies pour se procurer des ressources.

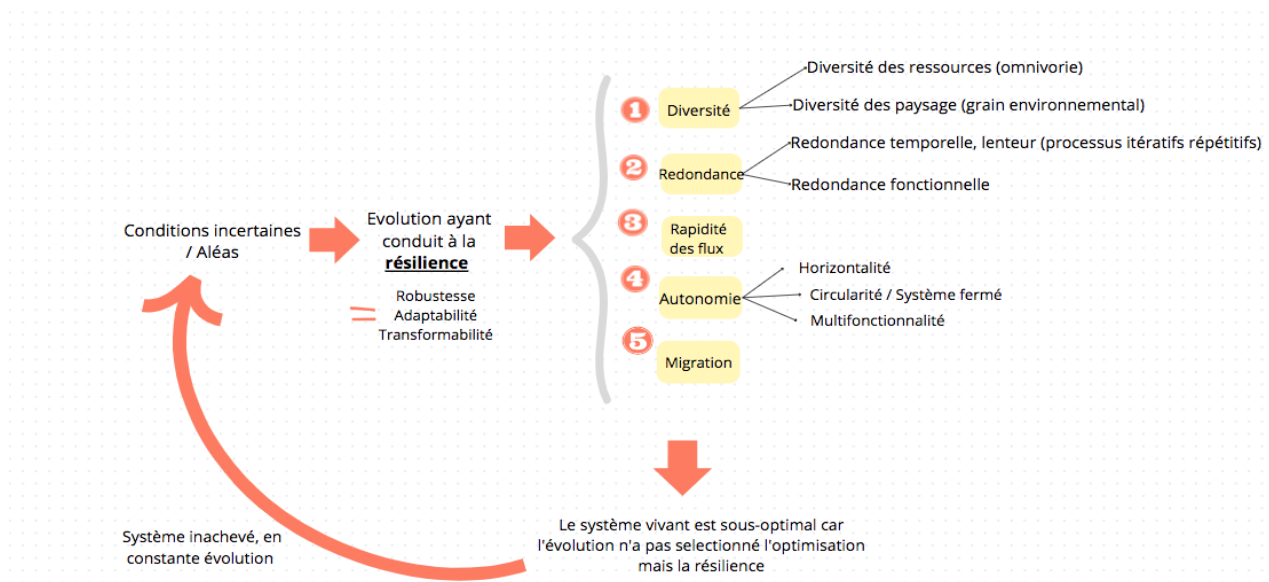


Schéma des grands principes de résilience des espèces

L'approche biomimétique permet de s'inspirer de ces grands principes de résilience identifiables dans le fonctionnement des organismes.

Les écosystèmes ne sont pas des systèmes statiques mais flexibles, qui réagissent à une succession de perturbations environnementales, de sorte qu'ils sont, en fait, en équilibre dynamique permanent. Ainsi, les écosystèmes s'adaptent et réagissent au changement climatique en s'adaptant à l'échelle des individus, des populations et des espèces, et en modifiant les interactions entre espèces, au niveau des

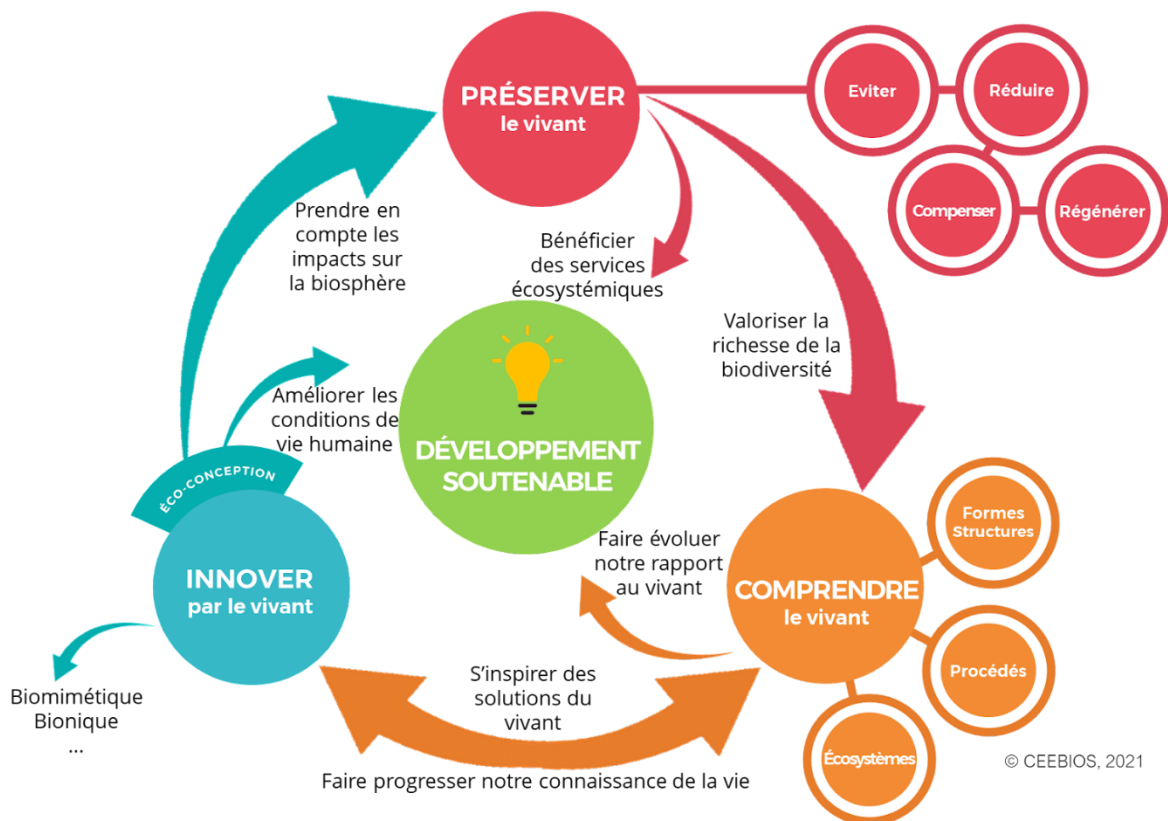
réseaux trophiques, parasites et mutualistes. La fonction d'un écosystème est de soutenir les espèces. On peut dire qu'il est résilient ou qu'il s'est adapté tant qu'il arrive à maintenir cette fonction.

La résilience des territoires est intrinsèquement liée à la résilience des écosystèmes qui y sont ancrés. Au-delà de s'inspirer des mécanismes de résilience du vivant, il est donc aussi intéressant d'actionner des leviers pour maintenir et renforcer la résilience des écosystèmes présents à l'échelle du territoire. Ces leviers peuvent, par exemple, être la mise en place de Solutions Fondées sur la Nature, d'actions de restauration de zones naturelles, la mise en place d'actions en faveur de la nature en ville, l'adaptation de la gestion des espaces naturels, productifs forestiers ou agricoles, etc.

Les Solutions fondées sur la Nature sont définies par l'UICN comme : « les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité ». Les Solutions fondées sur la Nature se déclinent en trois types d'actions, qui peuvent être combinées dans les territoires et avec des solutions d'ingénierie civile :

- La préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique ;
- L'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ;
- La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'éco-systèmes.

## Le vivant au cœur d'un développement soutenable



### **S'inspirer du vivant pour innover, et ainsi faire progresser notre connaissance de la vie.**

La **compréhension** du vivant est centrale à cette stratégie de **développement** : observer, se pencher et comprendre le fonctionnement du vivant pour aller, entre autres, explorer et innover par le vivant. Cette exploration du vivant peut se décliner en plusieurs axes : **formes** et **structures**, **procédés** voire à l'échelle **écosystémique**.

En s'inspirant du vivant pour **innover**, on améliore en retour nos connaissances du vivant, ce qui vient donc alimenter notre compréhension initiale du vivant ! Les projets communs entre biologistes et industriels par exemple permettent de multiplier les points de vue et connaissances sur le sujet et donc apporter de la connaissance.

### **Passer l'innovation sous le prisme de l'éco-conception afin de tendre vers la préservation du vivant tout en améliorant les conditions de vie humaine.**

L'**innovation par le vivant**, oui ! Mais l'innovation pour et avec le vivant aussi ! C'est ici que peuvent se distinguer les différentes notions définies plus haut. On va donc différencier la **biomimétique** et la **bionique**, qui peuvent avoir un impact négatif sur la biosphère. L'intention du biomimétisme est donc de s'assurer qu'on se mette au service de la **préservation du vivant**, en évaluant l'impact que l'on va avoir sur la biosphère. Ceci dans le but d'améliorer nos conditions de vie humaine dans une logique de **développement soutenable**.

### **La préservation du vivant pour valoriser la richesse de la biodiversité et maintenir les bénéfices écosystémiques, indispensables à l'Homme.**

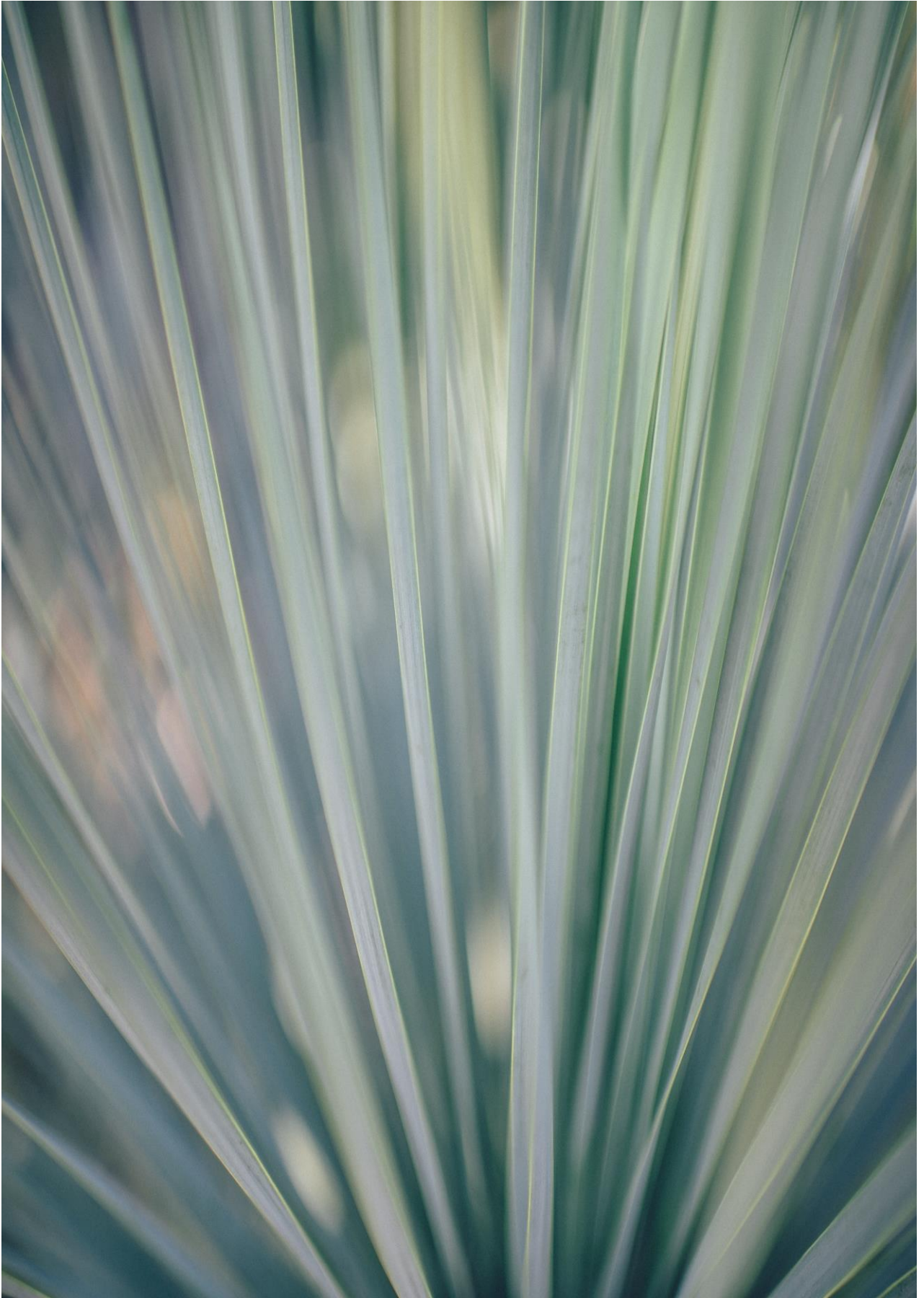
La **préservation du vivant** peut prendre de multiples formes et l'**observation** du vivant peut nous inspirer pour y parvenir. Cette **préservation du vivant** et de la biodiversité est essentielle car comme vu précédemment, le vivant est **source d'inspirations**, on pourra ainsi mieux l'observer et le comprendre. Ainsi plus les espèces vivantes sont nombreuses et diversifiées, plus on peut s'en inspirer, à l'inverse plus on dégrade la biodiversité, moins les inspirations du vivant seront nombreuses.

L'enjeu n'est pas uniquement de **préserver** pour **s'inspirer**, mais aussi de continuer à bénéficier des services écosystémiques indispensables au maintien de l'espèce humaine, et plus globalement des écosystèmes. Les services écosystémiques représentent les bénéfices offerts aux sociétés humaines par les écosystèmes. L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire distingue quatre catégories de services :

- Les services d'approvisionnement : les produits tangibles tirés des écosystèmes, comme la nourriture, les combustibles, les matériaux ou les médicaments ;
- Les services de régulation : les avantages intangibles assurés par le bon fonctionnement des écosystèmes, comme la régulation du climat, la régulation des inondations, la pollinisation ;
- Les services culturels : les apports non-matériels de la biodiversité, obtenus à travers la relation qu'entretient l'Homme avec la nature, services de récréation et écotourisme, de valeurs esthétiques, voire valeurs spirituelles ou religieuses ;
- Les services de soutien ou services de support : ceux nécessaires à la production de tous les autres services, assurant le bon fonctionnement de la biosphère. Ces services comprennent par exemple les grands cycles biogéochimiques (de l'eau, du carbone...), la formation des sols.

### **Faire évoluer notre rapport au vivant**

Notre rapport au vivant est clé dans une stratégie globale de développement soutenable et notre **compréhension** du vivant vient alimenter ce rapport. Ce n'est donc pas qu'un changement dans la manière **d'innover** mais un changement de sa posture personnelle qui s'inscrit aussi dans une démarche de biomimétisme.



# Plan climat et biomimétisme

## Air & biomimétisme

### I - S'inspirer de la gestion de l'air dans le vivant

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 notamment par le stockage de CO<sub>2</sub>, l'épuration de l'air ou encore la régulation des maladies et des nuisibles, 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.



Figure : Les Services Ecosystémiques par WWF

Par ailleurs, les organismes vivants, qu'ils soient terrestres ou marins, ont développé un grand nombre de stratégies de filtration, séquestration et métabolisme de molécules et particules en suspension. Ainsi de nombreuses espèces et organes peuvent servir de modèles pour concevoir des procédés innovants de traitement de l'air (systèmes respiratoires : cavités nasales, pulmonaires, branchies, peaux, fourrures, systèmes digestifs, muqueuses, etc.). Certaines stratégies semblent être communes à la majorité des espèces : optimisation de la circulation du flux, grandes surfaces spécifiques à volume réduit, passage et piégeage des particules en phase liquide, métabolisme chimique ou bioséquestration des composés.

## II - Biomimétisme & Air

Pour contribuer à améliorer la qualité de l'air régional, le biomimétisme peut apporter un certain nombre de solutions sur la décarbonation, la dépollution ou encore sur la santé plus largement.

### Agir sur la décarbonation

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'efficacité énergétique ;
- La sobriété énergétique ;
- Le développement des énergies renouvelables ;
- La sécurisation des puits de carbone, c'est-à-dire des écosystèmes naturels (sols, forêts...) permettant de capter le carbone, ;
- Le développement des technologies de capture et de stockage du CO<sub>2</sub>.

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

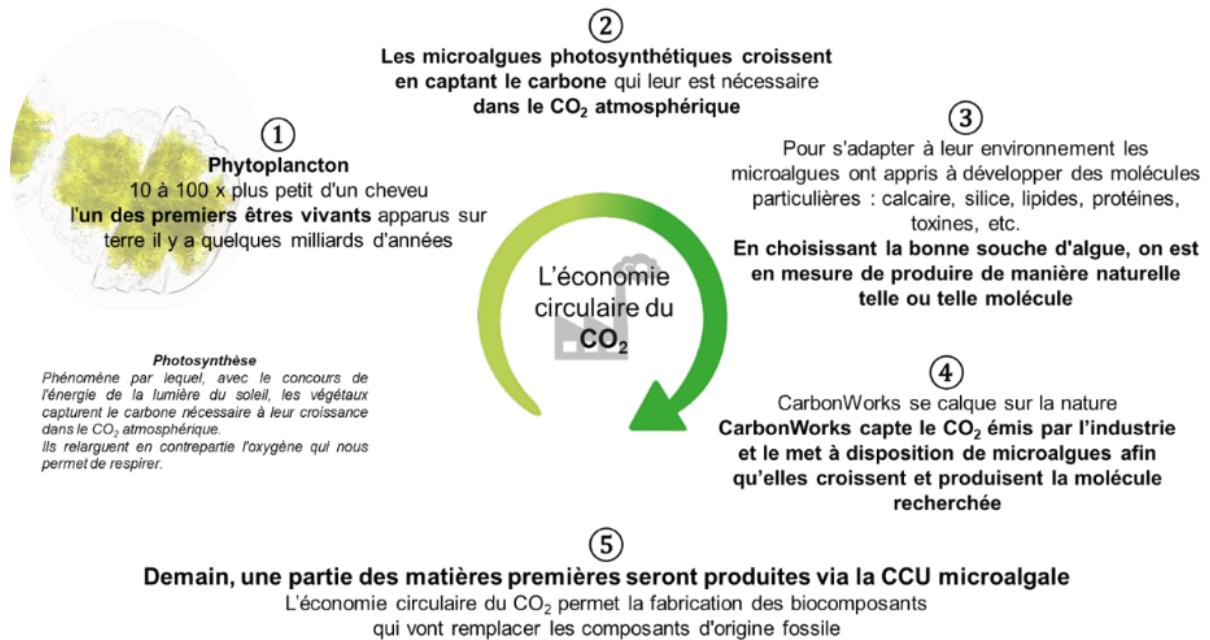
En guise d'exemple, pour développer la décarbonation du transport notamment maritimes, le biomimétisme nous invite à nous inspirer de la fonction biologique de déplacement des mammifères marins pour développer des solutions de propulsion bio-inspirées moins génératrices de CO<sub>2</sub>.

Pour décarboner le secteur de la construction et de l'aménagement, la bio-inspiration nous invite à concevoir des projets urbains régénératifs inspirés du fonctionnement des écosystèmes. Ainsi, le bâtiment pensé comme un système vivant possède plusieurs grands principes :

- Le bâtiment s'intègre pleinement dans les écosystèmes existants et permet à la régénération des services écosystémiques par son fonctionnement.
- Il accueille différentes espèces biologiques et induit des bénéfices mutuels entre l'humain et ces dernières.
- Le bâtiment répond de manière optimale aux contraintes comme un organisme biologique, permettant ainsi une optimisation de sa structure, de sa performance énergétique, des flux entrants et sortants, etc.

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.



## Agir sur la dépollution

Le biomimétisme propose des pistes pour la filtration et le stockage de l'air. En effet, la phytoremédiation, basée sur les capacités de filtration des végétaux, constitue une solution d'intérêt pour le traitement de l'air. Par ailleurs, les propriétés de filtration de certaines microalgues inspirent des solutions de filtration. On peut mentionner les diatomées qui possèdent une structure poreuse particulière de l'exosquelette des diatomées, régulière et hyperfine.



Pour améliorer la qualité de l'air en lien avec les transports, le biomimétisme propose des solutions d'optimisation des flux applicables au trafic routier.

On peut notamment citer les algorithmes de colonies de fourmis qui sont des algorithmes inspirés du comportement des fourmis, ou d'autres espèces formant un superorganisme. Le premier algorithme de colonies de fourmis proposé, appelé le système formique visait notamment à résoudre le problème du voyageur de commerce, où le but est de trouver le plus court chemin permettant de relier un ensemble de villes. Il est à l'origine des GPS.

Par ailleurs, la société Routific a développé une solution logicielle qui optimise la planification des itinéraires pour les flottes de véhicules de livraison. Elle est basée sur « l'algorithme des abeilles », un algorithme de recherche qui imite le comportement de recherche de nourriture des abeilles mellifères pour trouver l'itinéraire le plus efficace entre plusieurs arrêts différents.



## **One Health : Porter un regard écosystémique sur la Santé : Une seule santé, pour la Terre, les animaux et les Hommes**

Le biomimétisme invite encore une fois à ouvrir la focale sur le concept de Santé et à envisager la santé globale des systèmes vivants, l'humain n'en étant qu'un maillon, complètement interdépendant et entremêlé au reste de la biodiversité.

Cette vision est théorisée sous le terme de One Health depuis les années 2000 et invite à reconsidérer nos politiques de santé en assurant l'interface entre disciplines qui prennent soin des animaux, de l'Homme et de leur environnement, à l'échelle locale, nationale et mondiale. Cette manière d'aborder la santé permet de raisonner l'ensemble du système et trouver des solutions qui répondent à la fois à des enjeux de santé et des enjeux environnementaux.

Il est prouvé que la santé des humains et celle des autres êtres vivants sont étroitement liées. Pour prévenir les maladies et éviter un déclin de la santé publique, il est indispensable de lutter contre la perte de la biodiversité. D'où la nécessité de protéger les écosystèmes pour préserver la santé de tous.

Le biomimétisme invite certes à prendre conscience du potentiel inestimé de solutions existantes dans le vivant afin d'innover et aller vers une plus grande compatibilité des activités humaines avec le reste de la biosphère. Mais il nous invite plus particulièrement à évoluer collectivement vers un nouveau paradigme : la nature n'est plus une entrave au progrès humain mais un socle à préserver. L'objectif affirmé étant bien de s'inspirer du vivant au service du vivant.

## **III - Enjeux en région sud**

La qualité de l'air guide la politique régionale depuis le lancement du Plan Climat « une Cop d'avance. La Région Provence-Alpes-Côte d'Azur agit, très concrètement, pour améliorer la qualité de l'air, notamment sur les zones littorales, à travers le nouveau Plan Climat « Gardons une Cop d'avance ».

Un certain nombre d'actions du Plan Climat rentre dans le scope d'actions du biomimétisme et d'acteurs présents en région Sud, on peut notamment citer les actions suivantes :

- Zéro émission dans les transports régionaux :
  - 1 • Décarboner, dépolluer et moderniser les transports régionaux routiers et ferroviaires (conversion GNV - Gaz Naturel pour Véhicule, hydrogène, train batterie, Gaz Naturel Liquéfié).
- Des infrastructures et services adaptés à l'intermodalité et à la mobilité durable
  - 7 • Favoriser le transport des marchandises et la livraison du dernier kilomètre par des moyens décarbonés.
  - 10 • Développer et verdir le fret fluvial.
  - 11 • Adapter le système de transport aux impacts du changement climatique.
- Escales Zéro fumée dans les ports de commerce
  - 13 • Motoriser les navires en énergies alternatives (électricité, propulsion mixte GNLméthanol, dual-fuel, alimentable au GNL).
- Objectif Santé pour tous
  - 23 • « Mon environnement – ma santé » : rechercher et résoudre les fortes interactions entre santé humaine, santé animale et santé de l'environnement.
  - 24 • Lutter contre les maladies émergentes à risque pandémique.

**Exemples d'acteurs régionaux œuvrant au service de ces enjeux :**

Structure	Description	Actions du Plan Climat
 <p>Laboratoire Chimie Environnement</p>	<p><b>Laboratoire Chimie Environnement (LCE)</b>                      Le domaine d'activité du LCE concerne i) la détermination des cinétiques et des mécanismes chimiques et photochimiques de transformation et de transfert des contaminants dans l'air, l'eau et les sols ainsi que ii) le développement de méthodes analytiques innovantes pour l'analyse en flux et en continu des contaminants dans l'air et dans l'eau.</p>	1
	<p><b>Bamboo For Life</b> conçoit, dimensionne, met en œuvre et exploite des unités de traitement d'eau usées à multiples rentabilités pour les communes, les industriels, et les villes résilientes de demain. Ils proposent une solution qui met en œuvre une épuration des eaux usées de manière végétale en exploitant les caractéristiques exceptionnelles du bambou, 4 fonctionnalités :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement des eaux usées ;</li> <li>• Production et valorisation de la biomasse ;</li> <li>• Séquestration de CO<sub>2</sub> ;</li> <li>• Rafraîchissement bioclimatique.</li> </ul>	1
	<p><b>Institute for Research on Cancer and Aging, Nice (IRCAN)</b>                      Les recherches menées à l'IRCAN sont résolument novatrices, cherchant à comprendre les mécanismes biologiques, unissant le vieillissement et les cancers, avec une attention particulière portée sur le rôle joué par le stress, qu'il soit lié à l'environnement ou au mode de vie</p>	23
	<p><b>Tamba Labs</b>                      Ethnopharmacologie et Biomimétisme. Solutions s'appuyant sur l'observation des comportements animaux et humains et des propriétés des végétaux.</p>	23

**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>Eurobios optimise des flux urbains (ex. collecte des déchets) sur la base d'algorithmes inspirés du comportement des fourmis.</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>
	<p>Biotair projet expérimental du CEREMA permettant de capter une partie de l'air vicié issu d'un tunnel routier pour l'acheminer au travers de deux biofiltres végétalisés.</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'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, assura la régulation thermique du bâtiment et de dépollution en captant le CO2 présent dans l'atmosphère nécessaire à l'accroissement des algues.</p>
	<p>PureNat développe des produits de purification de l'air à partir d'un fil dépolluant biomimétique dont la structure poreuse biomimétique est basée sur les algues marines (diatomées),</p>

# Mer & biomimétisme

## I - Le milieu marin, source d'innovation et d'inspiration

La vie est apparue sur terre il y a 3,8 milliards d'années. Ses premiers pas en milieu terrestre sont assez récents puisqu'elle est restée uniquement marine plus de 3 milliards d'années.

La biodiversité marine constitue un riche réservoir pour l'identification et l'extraction de molécules d'intérêt pharmacologique et cosmétique. 25 000 molécules extraites du vivant et utilisées comme anticancéreux, antibiotiques, antiviraux, antifongiques...abondent.

De ce fait, la biodiversité marine a permis de nombreuses avancées scientifiques. Pas moins de treize prix Nobel de médecine ont récompensé des travaux de recherche effectués à partir de modèles aquatiques.

La biodiversité marine évolue dans un milieu aux propriétés physico-chimiques très particulières. L'océan est un milieu dense et continu, salin, balayé par des courants, présentant un rayonnement UV important en surface et au contraire une absence totale de lumière et une pression extrême dans les abysses.

Au cours de l'évolution, les espèces qui vivent dans l'océan, ont développé des stratégies adaptées à ces contraintes spécifiques pour répondre à leurs besoins vitaux. De nombreuses fonctions offertes par la biodiversité convergent vers les propriétés recherchées par l'industrie et offrent un panel d'inspirations pour répondre à des enjeux en lien avec notamment :

- La mobilité et l'ancrage : les espèces marines cherchent à se mouvoir dans un milieu dense, sur de très longues distances pour certaines, très rapidement pour d'autres ou au contraire à s'ancrer dans des zones balayées continuellement par des courants ;
- La filtration de l'eau : la matière organique et l'oxygène sont dissous dans l'eau, obligeant certaines espèces à filtrer de grandes quantités d'eau avec un minimum d'énergie pour respirer et se nourrir ;
- La communication : les comportements collectifs, la communication longue distance,
- La protection contre les UV, les contaminations, le biofouling, la bioluminescence, la corrosion, la résistance à la pression...

Actuellement, plus de 10 millions d'espèces estimées ont colonisé une multitude d'habitats grâce à des solutions optimisées et adaptées aux contraintes de leur environnement à un instant donné. Seulement 10 % environ ont été décrites dans la littérature scientifique. Une des raisons à cela est la faible connaissance de cet écosystème à l'heure actuelle, qui est finalement peu exploré comparé au potentiel estimé.

La France possède le deuxième plus grand espace maritime au monde (zone économique marine ZEE), avec 11 millions de km<sup>2</sup>, des milliers de kilomètres de côtes, trois façades maritimes - la Manche/Mer du Nord, l'Atlantique et la Méditerranée - et une présence dans tous les océans du monde. La France abrite 10 % de la biodiversité mondiale connue avec ses territoires d'Outre-mer.

## II - Le biomimétisme marin

La compréhension et la caractérisation des systèmes biologiques marins sont des enjeux majeurs pour la résolution des enjeux d'atténuation des effets du changement climatique et de régénération des écosystèmes puisqu'ils permettent en partie la gestion du cycle des minéraux, la protection contre l'érosion des côtes, la captation et le stockage du carbone atmosphérique etc.

La taxonomie fonctionnelle consiste à raisonner en termes de fonctions. L'objectif est d'effectuer des rapprochements entre besoins fonctionnels de l'industrie et fonctions biologiques, de manière transverse aux secteurs d'activités et aux familles d'organismes biologiques.

Les grandes fonctions biologiques peuvent être résumées en cinq catégories : respirer, se nourrir, se déplacer, s'ancrer, communiquer et se protéger.

De nombreuses fonctions offertes par la biodiversité convergent vers les propriétés recherchées par l'industrie : en termes de filtration, mise en circulation de fluides, déplacement, adhésion, anti-adhésion, anticorrosion, communication, protection...

Les contraintes imposées par le milieu marin à la biodiversité marine sont celles imposées aux secteurs de l'économie de la mer : corrosion des coques de bateaux, encrassement par des microorganismes et des coquillages, résistance au mouvement...

Les organismes ont développé au cours de l'évolution une grande diversité de stratégies pour s'adapter à ces contraintes. Cette convergence des contraintes entre monde biologique et monde industriel justifie l'approche du biomimétisme qui consiste à développer des solutions industrielles inspirées de modèles biologiques, ayant développé des stratégies efficaces et durables face à des contraintes similaires.

### III - Enjeux en région sud

Les travaux du Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-PACA) permettent une meilleure compréhension des enjeux régionaux, en se basant sur leurs rapports, on peut ainsi dresser le constat suivant :

“Le littoral de Provence-Alpes-Côte d'Azur abrite à la fois d'importants linéaires de côtes rocheuses (Côte Bleue, massif des Calanques, corniche des Maures), de vastes étendues de plages sableuses (Camargue, golfe de Fos, Hyères), des zones humides et des secteurs artificialisés. Le littoral évolue sous l'influence des dynamiques naturelles et de l'action de l'homme. En fonction du contexte, le littoral peut être stable, en progression ou en recul. La connaissance, la compréhension, l'anticipation des phénomènes d'érosion (sur les côtes meubles et rocheuses) et de submersion marine constituent un enjeu majeur pour les acteurs publics, tant d'un point de vue environnemental qu'anthropique avec de forts enjeux humains, économiques et sociaux. Les effets du changement climatique sur le niveau des mers amplifient cette problématique.”



La Région avait, dès 2017, fait de l'urgence climatique sa priorité. En effet elle a lancé un grand Plan Climat composé de 100 actions concrètes, dont un axe majeur sur la préservation du patrimoine naturel dans lequel était intégré la préservation de la mer Méditerranée (Axe 4 - Un patrimoine naturel préservé - Préserver la Mer Méditerranée), les mots-clés étaient les suivants : Mouillages écologiques, gestion intégrée, ports propres, fonds de pollution et livre bleu.

Dans la continuité de ce premier Plan Climat, un second nommé “Gardons une Cop d'avance” place en priorité la préservation de ce territoire emblématique. Dans ce nouveau Plan Climat, la Mer se trouve être un des axes majeurs (Axe 2 - La Mer) et sa déclinaison en actions concrètes amène à envisager le biomimétisme comme un levier puissant pour atteindre les ambitieux objectifs posés par le Plan Climat.


En effet un certain nombre d'actions rentre dans le scope d'actions du biomimétisme et d'acteurs présents en région Sud, on peut notamment citer les actions suivantes :


- Préserver et restaurer la biodiversité marine
  - 26 - Créer une réserve de biosphère marine labellisée Unesco et une Réserve Naturelle Régionale marine. Participer à la gestion des aires protégées et renforcer les continuités écologiques entre aires marines protégées. Protéger et gérer durablement 50 % des aires marines.
  - 27 - Restaurer les fonds côtiers dégradés en favorisant les initiatives de restauration. Contrôler les sources de pollution : expérimentations de repeuplement, création de 5 nouvelles nurseries par an.
  - 28 - Contribuer à la préservation des espèces emblématiques de la Méditerranée : les herbiers de posidonies (puits de carbone), le corail, les grandes nacres...
  - 29 - Déployer des mouillages écologiques notamment pour la grande plaisance et la croisière sur les secteurs de forte fréquentation. 12 zones de mouillages pour la plaisance sur les secteurs à enjeux.
  
- Concilier économie maritime et environnement
  - 30 - Favoriser les pratiques nautiques respectueuses de l'environnement modernisation des bases nautiques (bâtiment de haute qualité environnementale, économie d'énergie, d'eau...), formation des responsables des bases nautiques.
  - 34 - Orienter les jeunes vers les métiers de la mer en accompagnant les pôles de formation.
  - 36 - Développer de façon durable les activités de plongée de loisirs et professionnelles. Favoriser l'accès de tous aux patrimoines maritimes immergés, en préservant les ressources. Rassembler les acteurs de l'exploration sous-marine (entreprises, établissements publics, associations...) autour d'une filière subaquatique et pérenniser les sentiers sous-marins, pour la découverte du milieu marin.
  
- Adapter les littoraux au changement climatique
  - 37 - Créer une certification « territoires engagés pour la mer Méditerranée », valorisant l'engagement des collectivités pour répondre aux enjeux maritimes et renforcer leur attractivité.
  - 38 - Favoriser les solutions inspirées de la nature afin de réaménager le littoral et lutter contre son érosion. 50 % des communes du littoral engagées en faveur de l'adaptation au changement climatique et/ou signataires de la charte « plage de caractère ».
  - 40 - Accentuer l'éducation à l'environnement, auprès des citoyens, élus et techniciens, en faveur de la préservation de la mer et du littoral méditerranéen...

## **Actions et acteurs phares de la Région Sud**

En région Sud, de nombreux organismes, au travers du spectre du biomimétisme, œuvrent en faveur de la préservation et la restauration de la biodiversité marine, de l'adaptation des littoraux au changement climatique ainsi que d'une approche durable conciliant économie maritime et environnement.

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent à atteindre ces objectifs. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

Structure	Description	Actions du Plan Climat
 <p><b>mio</b> Institut Méditerranéen d'Océanologie</p>	<p>Ses objectifs sont de mieux comprendre le système océanique et son évolution en réponse au changement global. Il constitue un pôle de compétences en biologie, écologie, biodiversité, microbiologie, halieutique, physique, chimie, biogéochimie et en sédimentologie marines. Ses cadres d'exercice sont l'océan mondial, ses interfaces avec le continent, l'atmosphère et le sédiment.</p> <p>Les scientifiques du MIO effectuent leurs recherches dans les domaines de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La circulation océanique et atmosphérique ;</li> <li>• La compréhension des écosystèmes marins et de la biodiversité de la bactérie aux poissons ;</li> <li>• Des fonctionnements biologiques dans les environnements extrêmes et de la pollution des océans.</li> </ul>	34, 40
	<p>Les quatre missions principales du LOV (Laboratoire d'Océanographie de Villefranche) sont la recherche (production de connaissances), l'observation, l'enseignement et la dissémination des connaissances. Elles s'inscrivent dans l'étude de l'océan mondial et en particulier de sa réponse et de sa contribution au changement à l'échelle du globe, dans le but de prédire l'évolution future de ses services écosystémiques. Sont concernées les zones hauturières et côtières, voire littorales, et les échanges aux interfaces air/mer/terre/banquise, et, dans la mer, la colonne d'eau. Les variables étudiées appartiennent aux disciplines de la biologie, de la chimie, de la biogéochimie et de la physique (optique et hydrodynamique).</p>	27, 34, 40
	<p>Depuis sa création, en 1966, l'Institut océanographique Paul Ricard occupe une place à part parmi les laboratoires d'océanologie. Vigie de la Méditerranée, il allie recherche et missions de sensibilisation pour "Connaître, faire connaître et protéger la mer".</p> <p>Par la recherche et l'information du public, il contribue à relever les défis actuels : préservation de la biodiversité marine, changement climatique ; exploitation durable des ressources vivantes ; restauration écologique du littoral.</p>	26, 28, 40

Structure	Description	Actions du Plan Climat
 <p><b>GIS POSIDONIE</b></p>	<p>Le GIS Posidonie est un groupement d'intérêt scientifique (GIS) qui effectue, depuis 1982, des recherches et des expertises en écologie marine pour les collectivités régionales et locales, l'Etat et les organismes internationaux. Les travaux qui lui sont confiés sont réalisés par des membres de laboratoires de recherche méditerranéens ou des gestionnaires de l'environnement méditerranéens aidés par son équipe permanente de chercheurs-plongeurs scientifiques. Ses activités sont consacrées au milieu marin côtier méditerranéen : inventaires et cartographies des richesses patrimoniales, acquisition de données biologiques et écologiques sur le fond, expertise, conseil, systèmes de surveillance, appui à la gestion.</p>	<p>26, 28, 40</p>
 <p><b>ecocean</b> Raised to be wild</p>	<p>Ecocéan valorise durablement les ressources marines depuis plus de 15 ans et est, aujourd'hui, leader de la filière de l'ingénierie écologique en milieu marin. La spécificité d'Ecocean est de proposer des solutions simples, efficaces, fondées sur la nature qui contribuent à améliorer les conditions de vie des animaux aquatiques sauvages (poissons, crustacés, etc.). Ecocean a notamment un rôle pionnier dans la mise en place de solutions de génie écologique avec une fonction essentielle de nurserie dans les petits fonds côtiers.</p>	<p>27</p>
 <p><b>SEABOOST</b></p>	<p>En s'inspirant de l'écoconception, Seaboost crée des structures maritimes basées sur le biomimétisme pour préserver la biodiversité et l'écosystème marin.</p>	<p>27, 29, 30</p>
 <p><b>PÔLE MER</b> MÉDITERRANÉE</p>	<p>L'ambition du Pôle Mer Méditerranée est de développer durablement l'économie maritime et littorale sur le bassin méditerranéen et dans le monde en faisant émerger des projets innovants et en accompagnant le développement des entreprises. En région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, Occitanie et Corse, le Pôle fédère autour de thématiques maritimes et littorales à forts enjeux sécuritaires et durables les acteurs scientifiques et économiques.</p> <p>Le Pôle Mer Méditerranée fédère et accompagne des startups, PME, grands groupes, organismes de recherche et de formation autour des six domaines d'actions stratégiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Défense, Sécurité et sûreté maritime ;</li> <li>• Naval et nautisme ;</li> <li>• Ressources énergétiques et minières marines ;</li> <li>• Ressources biologiques marines ;</li> <li>• Environnement et valorisation du littoral ;</li> <li>• Ports, Logistique et Transport Maritime.</li> </ul>	<p>40</p>



Structure	Description	Actions du Plan Climat
	<p>Seacure conçoit et met en œuvre des solutions techniques sur-mesure pour lutter contre l'érosion et assurer la durabilité des sites naturels ou artificiels sur 4 domaines d'activité : les ports, le littoral, les ouvrages maritimes et les énergies renouvelables.</p>	<p>27, 28, 29</p>
	<p>L'environnement marin, l'aménagement du littoral et l'océanographie sont au cœur de leurs activités sur tout le littoral français et à l'international. Creocean inscrit ses actions de diagnostics, d'expertises et de recommandations dans la dynamique du « Développement Durable » en permettant les évolutions de projets dans le sens du développement économique des territoires maritimes tout en respectant les enjeux environnementaux.</p>	<p>28, 40</p>
	<p>L'agence ROUGERIE+TANGRAM a rédigé un rapport « Le biomimétisme au service des opérations de restauration écologique et de non-dégradation des petits fonds côtiers pour le Pôle Mer Méditerranée en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Université de Perpignan, Ecocean et Ceebios.</p>	<p>27, 29, 30</p>

# Terre & biomimétisme

## I - Agriculture saine, durable et locale

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 également 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.

**AGRICULTURE**

**IMPACTS**

LE CUMUL DES VAGUES DE CHALEUR ET DES ÉPISODES DE SÉCHERESSE ENTRAÎNE :

- FLORAISON PLUS PRÉCOCE
- SENSIBILITÉ AUX GELS TARDIFS
- EXPOSITION CROISSANTE AUX MALADIES
- RENDEMENTS DIMINUÉS ET PERTES

**OPPORTUNITÉS**

1 PROTÉGER ET ENRICHIR LES SOLS

- ASSOCIER AGRO-ÉCOLOGIE CULTURES + ARBRES
- REMPLENER MAÏS PAR SORGHO + IRRIGATION + CARBONE

2 ADAPTER L'ALIMENTATION

- MANGER LOCAL ET DE SAISON
- FAVORISER L'ALIMENTATION MÉDITERRANÉENNE
- INTRODUIRE DE NOUVEAUX CÉPAGES

**VENDANGES 3 SEMAINES PLUS TÔT**

**STRESS SUR LES ANIMAUX ET LES PRAIRIES**

*L'agriculture de conservation, l'agroforesterie, les pratiques pastorales résilientes, les démarches participatives, le stockage et la séquestration du carbone dans les sols agricoles, et la sélection de variétés culturales résistantes aux contraintes climatiques d'aujourd'hui et de demain offrent des garanties pour réduire les émissions de Gaz à Effets de Serre (GES), adapter l'agriculture et favoriser la biodiversité.*

## II - Biodiversité protégée et valorisée

Le biomimétisme implique d'observer le vivant et par son essence même, la nécessité de préserver la biodiversité. Comprendre le fonctionnement du vivant, c'est comprendre la dépendance de l'humain aux autres espèces et les clés pour la protection et la régénération des écosystèmes. La sensibilisation des citoyens à l'incroyable diversité des systèmes biologiques et à l'ingéniosité des solutions proposées, favorise l'émerveillement et permet un changement de regard sur le vivant, passant d'une vision utilitariste à un gisement de connaissances à valoriser.

La bio-inspiration couplée à d'autres approches telles que l'ingénierie écologique et les solutions fondées sur la nature (cf définition en page 11) propose des solutions très performantes en termes de protection et de réhabilitation de la biodiversité. L'urbanisme régénératif est une approche qui propose de penser les villes comme des écosystèmes, au sein desquels les activités humaines sont intégrées dans les cycles de matières, d'énergie, d'eau de la biosphère. Dit autrement, les villes humaines ont une relation d'interdépendance avec les autres espèces de l'écosystème, et rendent des services tels que la filtration de l'eau, la séquestration de CO<sub>2</sub>, l'apport de zones propices au développement de la biodiversité, etc.

Le biomimétisme propose également des solutions fonctionnelles pour agir sur chacune des sources de pressions sur la biodiversité :

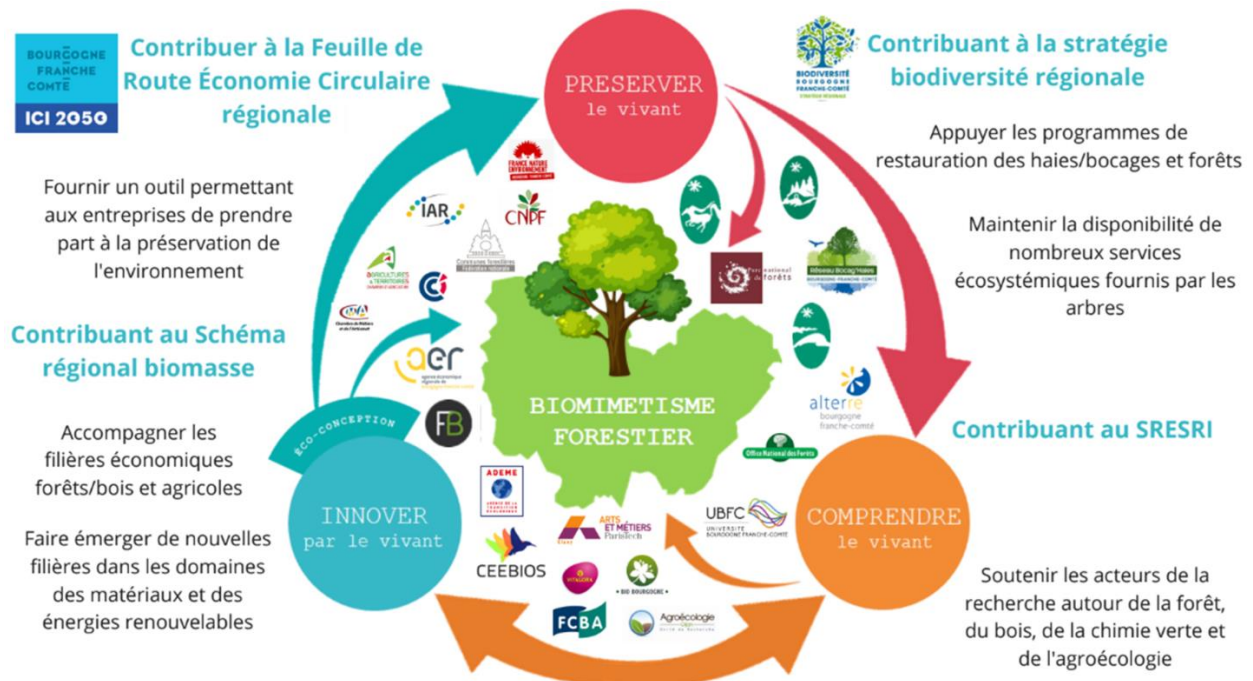
- L'artificialisation, entraînant une rupture des équilibres des écosystèmes et une fragmentation des habitats. Il existe des bâtiments qui imitent la structure poreuse des roches pour assurer une continuité des habitats, du sol au toit.
- La surexploitation des ressources et des organismes. Les projets de régénération des écosystèmes comme les SFN et surtout l'étude des cycles biologiques pour permettre une régénération des ressources.
- Le changement climatique : toutes les solutions de stockage du CO<sub>2</sub> (Diocycle, Carbonworks).
- Les pollutions : chimiques/organiques/lumineuses. Trouver des alternatives aux intrants polluants, proposer des solutions de collectes/traitements des polluants, bioluminescence pour éclairer les villes.
- L'invasion d'espèces exotiques...Solutions de biofouling, limitation des invasions par des espèces.
- Ces deux approches sont nécessaires et complémentaires. Une diminution des pressions mais également une préservation et régénération des écosystèmes sont nécessaires pour enrayer la crise d'extinction de masse actuelle.

## III - Forêt renouvelée et protégée

La forêt est un élément structurant du paysage et du patrimoine naturel de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la 2<sup>ème</sup> région la plus boisée de France, avec 1,6 millions d'hectares. Elle est profondément ancrée dans la culture, les activités de plein air etc... Par ailleurs, la forêt est le deuxième puits de carbone après les océans, un acteur indispensable contre l'érosion des sols, refuge de biodiversité, régulateur de la température en milieu urbain (au même titre que la végétation ou la plantation d'arbres), régulateur d'épidémie et producteur d'un matériau durable. La forêt (pour l'approche systémique) et l'arbre pour (les approches structure et matière), sont



tous deux des éléments du vivant qui regorgent de sources d'innovations bio-inspirantes.



L'exemple de la pré-structuration d'une filière biomimétisme et arbre en Bourgogne Franche-Comté. L'arbre forestier et agro-forestier, élément structurant avec un fort potentiel fédérateur en Bourgogne-Franche-Comté.

## IV - Ressource en eau maîtrisée et milieux aquatiques préservés

L'eau est indispensable à la vie, celle-ci étant le constituant principal des organismes. Le vivant développe de nombreuses stratégies pour la capter, la filtrer et la stocker. C'est une source d'inspiration quasi infinie pour résoudre les problématiques territoriales liées à l'eau douce.

Les problèmes liés à l'eau à l'échelle mondiale varient d'un écosystème à l'autre : salinité des océans, surabondance dans les zones tropicales, sécheresse extrême dans les déserts etc... En région Sud, on retrouve des enjeux similaires : sécheresse liée à l'augmentation des températures, surabondance liée à des épisodes pluvieux extrêmes entraînant des inondations, pollutions de cours d'eau, etc.


La diversité des problématiques et des moyens d'y répondre offre un panel de solutions de traitements.

- Gestion de la rareté de l'eau : captation, usage optimisé, réutilisation ;
- Traitement : filtration, stockage des polluants ;
- Gestion de la surabondance : bon fonctionnement des écosystèmes pour limiter les risques d'inondation.




## V – Enjeux en Région Sud

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent à atteindre ces objectifs. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

Structure	Description	Actions du Plan Climat
 <p><b>Cité de l'agriculture</b></p>	<p>La <b>Cité de l'agriculture</b> est un outil de recherches, d'actions et d'interventions face à la nécessité d'une profonde transformation écologique et sociale de notre société.</p> <p>Elle place l'accès à l'alimentation durable et l'agriculture urbaine en clefs de voûte de la transition écologique des villes.</p> <p>L'association défriche, identifie et expérimente des bonnes pratiques puis agit pour leur répliquabilité. Elle accompagne, forme et favorise la coopération entre les acteurs de la ville.</p> <p>Laboratoire de nouveaux modèles pour faire société, elle est à la fois ancrée sur le terrain et à la pointe d'une réflexion sur la possibilité de s'organiser collectivement pour des villes plus justes et durables.</p>	<p>Une agriculture saine, durable et locale</p> <p>Biodiversité valorisée et protégée</p>
 <p><b>Cearitis</b></p>	<p><b>Cearitis</b> travaille à la recherche et au développement de solutions de biocontrôle contre les ravageurs arboricoles, et pour une prise en compte systémique du verger, leurs solutions sont complétées par des pratiques de lutte biologique.</p> <p>Ces deux procédés permettent une protection complète contre les ravageurs pour la durabilité de la production fruitière.</p>	<p>Une agriculture saine, durable et locale</p> <p>Biodiversité valorisée et protégée</p>
 <p><b>MYCOPHYTO</b> Cultivons l'équilibre de la nature</p>	<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.</p> <p>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>Une agriculture saine, durable et locale</p> <p>Biodiversité valorisée et protégée</p>
<p><b>ROUGERIE + TANGRAM</b></p>	<p><b>ROUGERIE + TANGRAM</b> est une agence internationale d'architecture, d'urbanisme et de paysage spécialisée dans le biomimétisme. Dans le cadre de son activité, l'agence promeut une architecture et un aménagement bio-inspirés et régénératifs. Elle conçoit des projets de bâtiment au service de la préservation du vivant</p>	<p>Biodiversité valorisée et protégée</p>

	<p><b>L'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE)</b> développe une approche intégrative pour l'étude de la biodiversité et des systèmes socio-écologiques.</p> <p>L'IMBE apporte ainsi des connaissances fondamentales et appliquées sur les fonctions, la dynamique historique et évolutive de la biodiversité de tous types d'écosystèmes méditerranéens, depuis la construction des paléo-écosystèmes jusqu'à leur devenir dans le contexte du changement global. Ces apports incluent également les liens avec la société civile d'une part et les enjeux de santé humaine d'autre part.</p>	<p>Biodiversité valorisée et protégée</p>
---	--	---

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

	<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>Tencate Aquavia</b> propose une solution clé en main de membrane textile pour la filtration des eaux pluviales par des micro-organismes. L'eau qui s'écoule dans les sols après filtration par la membrane est dépolluée.</p>
	<p>Les <b>zones Libellules</b>, développées par <b>Suez</b> complètent le traitement classique des eaux usées en se basant sur les propriétés épuratoires du vivant pour une meilleure qualité chimique et bactériologique des eaux libérées dans l'environnement. L'eau est acheminée à travers plusieurs bassins successifs dotés d'espèces de plantes locales, choisies pour leurs capacités à absorber certains polluants.</p>

# Biomimétisme & énergie

## I - S'inspirer de la gestion de l'énergie dans le vivant

### Tendre vers un modèle énergétique souhaitable

L'énergie est au cœur de la transition écologique de cette première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. Collecter de l'énergie « propre », la stocker massivement pour pallier la variabilité de sa disponibilité et ce sans polluer. La transmettre efficacement pour répondre à la demande, optimiser son utilisation et limiter les pertes, autant d'éléments qui composent le cahier des charges des systèmes énergétiques de demain. Ce modèle énergétique souhaitable, porté à l'échelle internationale par des initiatives comme la COP 21, les Green Deal américain et européen et à l'échelle nationale par des acteurs comme l'ADEME, peut sembler utopiste. Pourtant, il peut d'ores et déjà être observé dans le reste du monde vivant. Depuis près de 3,8 milliards d'années, la Vie s'est construite autour de vecteurs énergétiques localement abondants pour assurer sa résilience et son développement tout en répondant à ses contraintes environnementales et fonctionnelles :

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

Le monde vivant fonctionne à l'énergie solaire. Les flux de matière sont régulés et distribués de manière circulaire. Les écosystèmes sont résilients aux perturbations. Les organismes peuvent notamment se nourrir, communiquer, se développer, se protéger et s'auto-réparer de manière sobre et efficiente. Le vivant intègre une multitude de réponses aux défis auxquels l'humanité est aujourd'hui confrontée. Ces réponses s'observent à de nombreuses échelles de temps et d'espace.

## II - Biomimétisme & Energie

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 flux et non de stock. 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 (adénosine triphosphate) 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 ?

### III - Enjeux en région sud






Dès 2017 la Région, au travers de son Plan Climat “Une COP d'avance” avait mis en avant la question énergétique. En effet le sujet de l'énergie était transversal aux 3 premiers axes du Plan Climat, notamment dans l'Axe 2 - Une région neutre en carbone où l'accent était donné sur le développement des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique ainsi que l'Axe 3 - Un moteur de croissance et notamment la formation pour réussir la transition énergétique. Le nouveau Plan Climat “Gardons une COP d'avance” consacre un pan entier à la question énergétique au travers de son Axe 4 - L'énergie. De nouveau le biomimétisme représente un puissant levier pour répondre aux objectifs affichés par le Plan Climat.

Comme décrit plus haut, l'observation du vivant apporte de réelles pistes de solutions sur de nombreux pans de l'axe énergétique du Plan Climat, notamment certaines actions concrètes :

- Une région neutre en carbone ;
- 75 - Mettre fin à la précarité énergétique. 50 000 logements réhabilités sur le territoire régional et 100 équipements exemplaires en 5 ans ;
- 77 - Plan de développement des matériaux biosourcés. Favoriser la construction avec des matériaux locaux dont Bois des Alpes, Pin d'Alep... utiles au confort thermique d'été ;
- Les énergies renouvelables ;
- 78 - Permettre, concevoir et réaliser des projets d'aménagement intégrant des solutions énergétiques innovantes ;
- 79 - Créer un cadre d'intervention pour développer les projets chaleur et froid renouvelables pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments et des process industriels ;
- 82 - Produire des énergies renouvelables par l'utilisation des spécificités alpines (action « Alpes »).

Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent à atteindre ces objectifs. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

Structure	Description	Actions du Plan Climat
	<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-régies territoriales innovantes de production d'énergie propres.	78
	<b>SBM Offshore</b> est spécialiste de la fabrication d'équipements pour l'offshore marin. Il développe un convertisseur d'énergie houlomotrice bio-inspiré.	Les énergies renouvelables
	<b>Institut des sciences moléculaires de Marseille</b> (ISM2, CNRS/Aix-Marseille Université/Centrale Marseille) forme un centre de recherche multidisciplinaire au cœur de la chimie moléculaire en agissant principalement à l'interface avec la biologie et affichant la volonté d'orienter une partie de ses recherches à l'interface avec la Physique. L'ISM2 travaille notamment au développement de la photosynthèse artificielle	Les énergies renouvelables

Structure	Description	Actions du Plan Climat

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

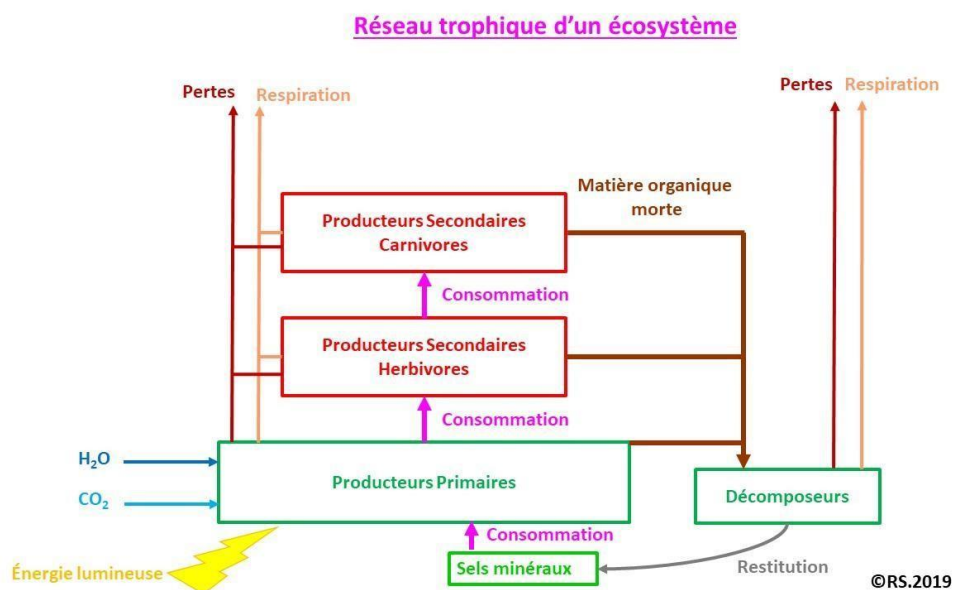
	<p><b>Le projet eSCALED</b> est une contribution de niveau européen par la formation à la recherche et la capacité d'innovation pour l'élaboration d'un dispositif de feuille artificielle fonctionnant sur le principe de la photosynthèse. Il a pour objectif de produire "des carburants solaires" tel que 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>Glowee</b> tire profit de la capacité de bioluminescence de microorganismes et grâce aux biotechnologies proposent une alternative moins énergivore que les systèmes d'éclairage conventionnels.</p>
	<p>Que ce soit en à travers des modèles mathématiques décrivant l'alternance dans le positionnement des feuilles sur leur tige (phyllotaxie) qui permet d'optimiser l'ensoleillement (éclairage naturel et apport d'énergie thermique) ou encore la capacité des termitières de l'espèce <i>Macrotermes michaelseni</i> à réguler passivement leur température, le <b>cabinet d'architecture In Situ</b> s'inspire du vivant pour repenser l'habitat.</p>
	<p><b>E-taranis</b> développe des éoliennes urbaines bio-inspirées</p>

# Déchets & biomimétisme

## I - S'inspirer de la gestion des déchets dans le vivant

Dans le vivant, la majorité des molécules produites par un organisme sont métabolisées par son écosystème à court ou moyen terme, à de rares exceptions près (comme les biominéraux, mais aussi une très faible proportion de molécules organiques)

Le fonctionnement du réseau trophique d'un écosystème met en lumière cette logique d'économie circulaire. Un réseau trophique est un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la biomasse circulent.



Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ; telle est la loi de la conservation de la masse énoncée par Lavoisier. La matière dans un écosystème suit aussi cette loi.

Au sein d'un écosystème, la matière s'échange et circule en formant des cycles : cycle de l'eau, du carbone, de l'azote. L'écosystème est un réservoir de matière qu'il échange avec les autres réservoirs de l'environnement (atmosphère, sol ...)

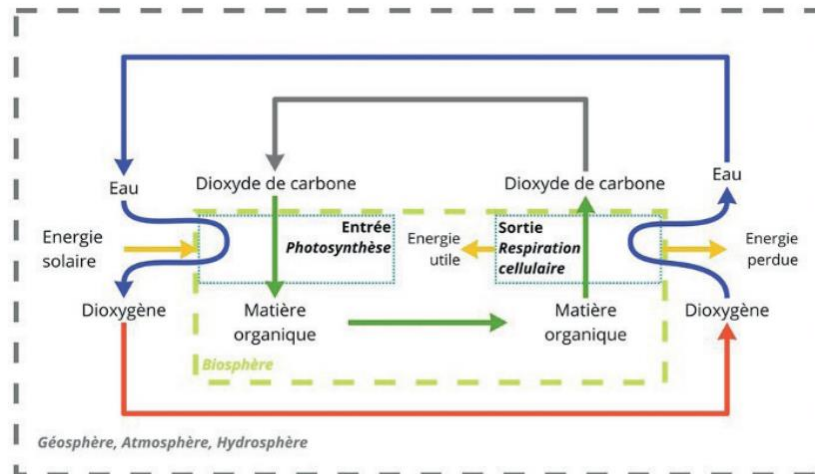


Illustration du principe de recyclage dans le vivant à travers l'exemple de l'équilibre entre les mécanismes de respiration et photosynthèse, fondations de la gestion énergétique ©Ceebios

En matière de fabrication, consommation et gestion de déchets, le vivant nous met donc sur plusieurs voies :

- Adapter ses besoins aux ressources disponibles ;
- Transformer les déchets en ressources ;
- Constituer un « tout » généreux en services.

## II - Biomimétisme & Gestion des déchets

Le biomimétisme constitue une approche vertueuse pour améliorer la gestion des déchets sur un territoire. En effet, en s'inspirant des principes et stratégies du vivant, il permet de proposer des solutions à 3 niveaux :

- Pour éviter et réduire la production de déchets en s'appuyant sur l'éco-conception biomimétique ;
- Pour collecter, traiter et valoriser ses déchets grâce à des solutions inspirées du vivant ;
- Pour contribuer à la mise en place d'une économie circulaire en s'inspirant du fonctionnement des écosystèmes.

### 1- 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...) :**

<b>Propriétés (qualités du produit conçu)</b>	
<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 fissiles 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.

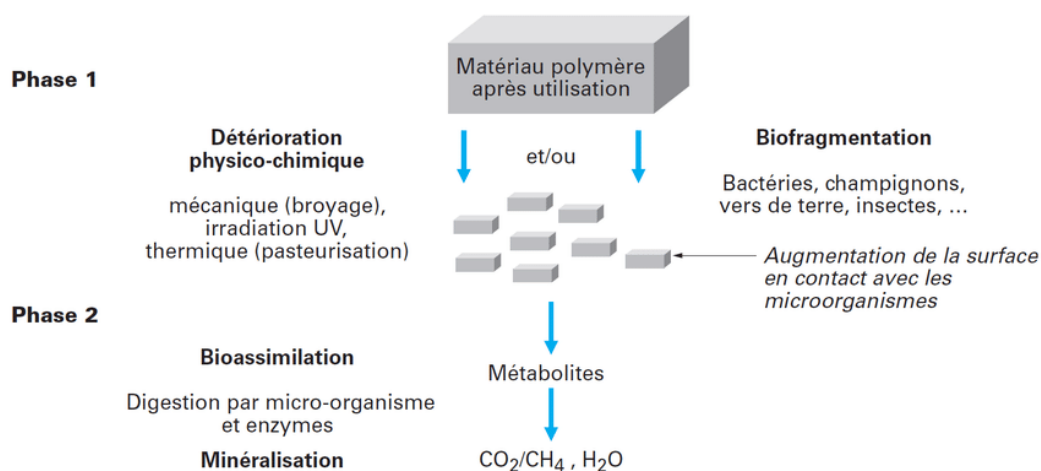
Tableau issu du Guide Biomimétisme et éco-conception élaboré par Ceebios et l'Ademe

## 2- Collecter, traiter et valoriser ses déchets avec le biomimétisme

Le biomimétisme offre des solutions pour contribuer à la collecte, au traitement et la valorisation des déchets.

On peut notamment s'inspirer des décomposeurs qui, dans le réseau trophique, participent directement à la décomposition de la matière organique morte (nécromasse) ou des excréments ou excréta d'êtres vivants. Ils jouent un rôle majeur, nécessaire au recyclage des éléments (minéraux, oligo-éléments...) qui composent la matière organique. Certains d'entre eux contribuent aux grands processus permanents de détoxification de l'environnement, en recyclant (décomposant) des composés organiques toxiques (toxines naturelles) ou perturbateurs pour l'écosystème (certaines phéromones, hormones et perturbateurs endocriniens par exemple) contenus dans les débris et les sédiments, le sol, etc.

La bioremédiation met en application cette approche en augmentant la biodégradation ou la biotransformation, en inoculant des micro-organismes spécifiques (bioaugmentation, bioréhabilitation) ou en stimulant l'activité de populations microbiennes indigènes, par biostimulation, par apport de nutriments et par ajustement des conditions de milieu (potentiel d'oxydoréduction, humidité). Elle permet d'éliminer les contaminants, en particulier dans les eaux polluées (dépollution, dystrophisation).



Déroulement du mécanisme de biodégradation (D. Wyart, Les polymères biodégradables, Techniques de l'Ingénieur, publication am3579, 2007, 23 p.)

### 3- 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

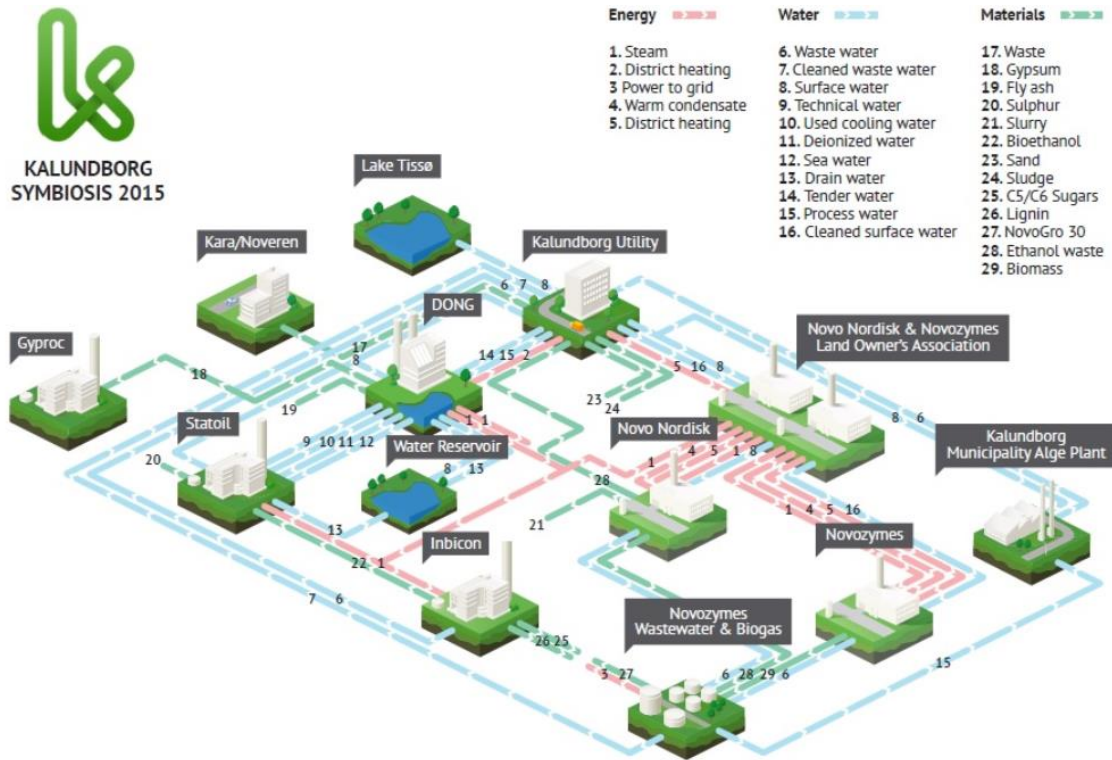


#### 7 piliers de l'économie circulaire de l'ADEME

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)

### III - Enjeux en région sud

La Région Sud s'engage dans la réduction des déchets notamment plastique sur son territoire. Pour ce faire, elle s'est fixé deux grands objectifs :




- Devenir une région autonome pour la gestion de ses déchets ;
- Mettre en place une économie du futur : circulaire, sobre en matériaux.




Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent à atteindre ces objectifs. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

Structure	Description	Actions du Plan Climat
	<p><b>Mycotopia</b> Champignonnière urbaine et laboratoire de Recherche &amp; Développement en mycologie appliquée. Mycotopia est un projet d'économie sociale et d'économie circulaire visant à valoriser les déchets agricoles de la Région Sud en utilisant le champignon comme réponse aux défis environnementaux actuels.</p>	97

Structure	Description	Actions du Plan Climat
 <p><b>Pôle Eco Design</b></p>	<p><b>Pôle Eco Design</b></p> <p>Le Pôle Eco Design est une agence de design responsable qui développe un design visant à réduire l'impact environnemental des projets élaborés ; l'agence prend ainsi en compte l'ensemble de leur cycle de vie, y met en pratique les principes de l'Économie circulaire, etc.</p>	97
	<p><b>Biodiversité et Biotechnologie Fongiques (BBF)</b></p> <p>BBF - UMR INRAE 1163 / Aix Marseille Université  <a href="https://www6.paca.inrae.fr/umrbcf">https://www6.paca.inrae.fr/umrbcf</a>                      Directeur : Craig FAULDS</p> <p>L'UMR étudie les champignons filamenteux comme source d'innovations pour la valorisation de la biomasse pour la chimie et l'énergie. Ses champs d'étude intègrent des recherches fondamentales sur la dégradation de la lignocellulose et des études d'évaluation et d'optimisation pour le développement de nouveaux procédés. L'enjeu de ces recherches est le développement de bio-procédés fondés sur des ressources renouvelables de carbone en substitution au carbone fossile.</p>	97
	<p><b>Laboratoire Matériaux Polymères Interfaces Environnement Marine</b></p> <p>Le laboratoire regroupe des scientifiques spécialisés en chimie et physico-chimie des matériaux, chimie organique et biologie, organisés autour de deux grands thèmes de recherche : "Biofilms &amp; Antifouling" et "Durabilité &amp; Matériaux fonctionnels".</p>	97
	<p><b>Novachim</b></p> <p>Novachim est le réseau des entreprises et des laboratoires de recherche de la filière « Chimie et Matériaux » en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.</p>	94, 97

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

	<p>La startup <b>SCALE</b> valorise des co-produits de la pêche en développant des matériaux innovants à base d'écailles de poissons.</p>
	<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>Ecovative conçoit et produit des emballages sur-mesure à base de mycélium, biosourcés et compostables</p>

 <p>ennesys ENVIRONMENTAL ENERGY SYSTEMS</p>	Ennesys, transformation des eaux usées et déchets organiques en eau et en énergie, via la culture de micro-algues.
 <p>mogu RADICAL BY NATURE</p>	Mogu conçoit des dalles de sols en mycélium sur déchets de biomasse agricole avec une forte ambition écologique
 <p>Moulinot EN VERD ET POUR TOUS</p>	Moulinot collecte les déchets organiques et les transforme en lombricompost, énergie (gaz et électricité), ou digestat (engrais).

## Chez vous au quotidien

La bio-inspiration apporte des focales nouvelles sur de multiples pans de notre société, parfois insoupçonnés. Que ce soient au niveau des enjeux physicochimiques de l'industrie, de nos manières de penser nos habitats ou nos organisations, nos manières d'aménager (ou ménager) nos territoires, de promulguer nos enseignements ou encore de penser et concevoir le monde.

En plus de bouger les lignes dans tant de secteurs, la bio-inspiration invite à un subtil mais profond changement dans notre posture personnelle vis-à-vis du monde et se déploie comme une philosophie intégrale qui vient insuffler dans notre quotidien un rapport au vivant renouvelé.

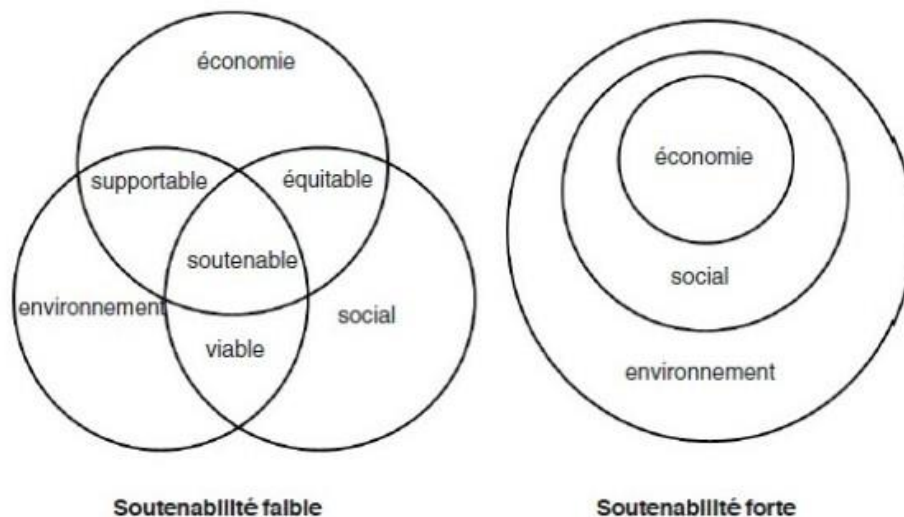
## Participer à la nouvelle économie

Observer le reste du vivant nous invite à prendre conscience des multiples fictions qui composent notre monde anthropique. L'humain étant la seule espèce à avoir des salaires, des emplois, des monnaies, des administrations, des frontières administratives, des lois, des droits, ... Ces fictions, qui permettent de faire société, ne sont cependant pas nécessaire au déploiement de la vie et ne doivent pas être perçus comme des absolus invariants. Il est donc légitime d'interroger la pertinence et la justesse de chacun de ces concepts anthropiques pour arriver à les mettre pleinement au service de notre réinscription dans les cycles de la biosphère.

Les prises de consciences des années 70 et les travaux de recherches de cette époque qui décrivent de manière plus évidentes les conséquences de la finitude des ressources de la planète sur notre sociosphère, sont le terreau des réflexions de l'économie écologique actuelle qui prône une intégration plus forte de nos activités au sein des limites planétaires. Les deux schémas ci-dessous montrent l'évolution en cours dans la pensée politique et opérationnelle de l'écologie.

La **soutenabilité faible** met au même niveau les activités humaines et l'écologie.

La **soutenabilité forte** invite à considérer que la biosphère (l'environnement) héberge l'espèce humaine (le social) qui elle-même a développé des fictions (comme l'économie).



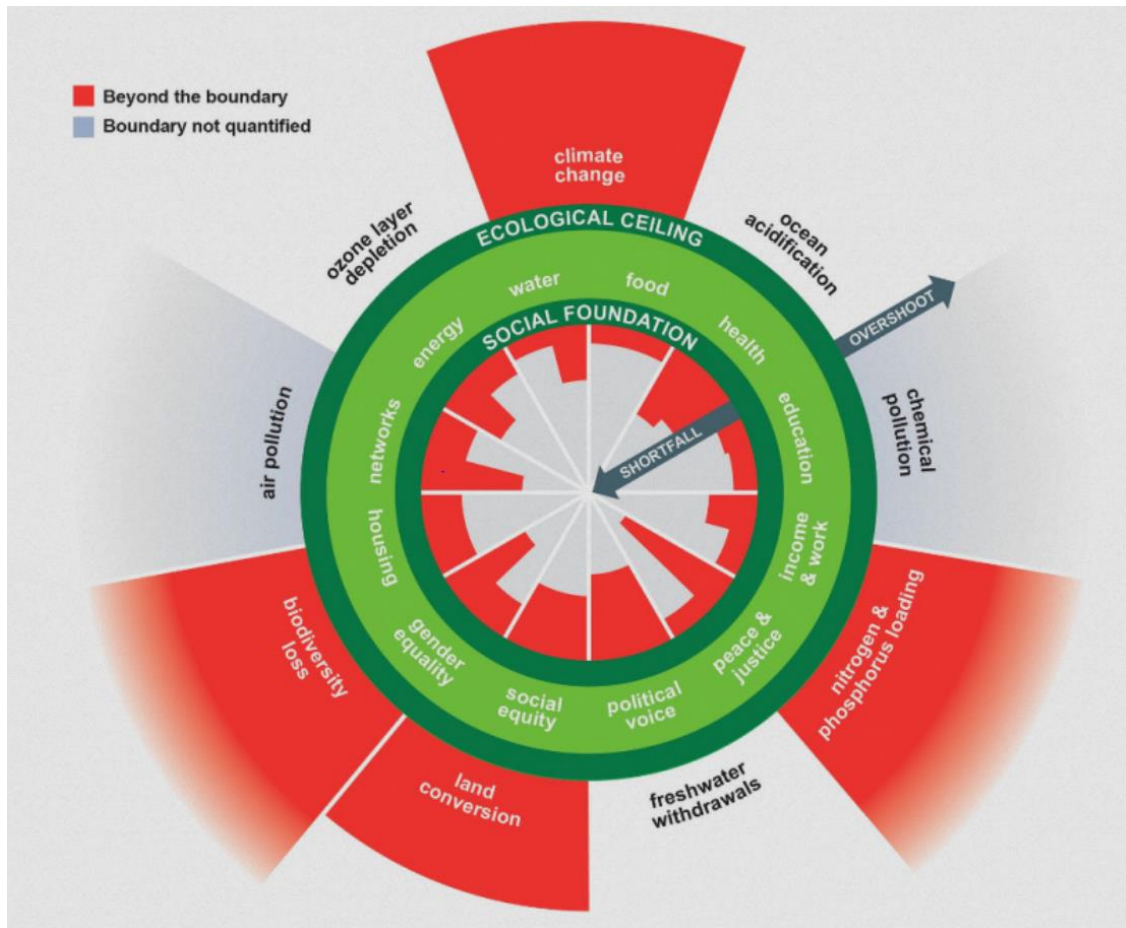
MARÉCHAL Aurélie, 2011, « Économie écologique : principes de base », dans Etopia n° 8, <http://www.etopia.be/spip.php?article1741>

La question est maintenant de savoir comment construire des économies qui s'inscrivent pleinement au service du social et des réalités écologiques.

## Une économie ancrée au sein d'une réalité écologique et sociale

De nouveaux modèles et expérimentations se déploient pour explorer cette nécessaire réinvention de nos économies.

### La théorie du Donut, entre plancher social et plafond environnemental



La théorie du donut comme compas pour le 21<sup>ème</sup> siècle et la transgression des différentes limites planétaires et du plancher social, de Kate Raworth (2017) [www.oxfoamfrance.org](http://www.oxfoamfrance.org)

En développant la *Théorie du Donut*, Kate Raworth explore le type d'économie dont le 21<sup>e</sup> siècle a besoin pour répondre aux grands défis qui sont les siens. Elle offre une boussole à l'économie pour permettre de répondre aux besoins des personnes (justice sociale) dans la limite de ce que la planète peut offrir (intégrité environnementale) et dessine l'« espace juste et sûr » dans lequel l'humanité peut s'épanouir.

Au cœur du donut, se retrouvent la population dont les besoins vitaux essentiels ne sont pas assurés. L'autrice définit ainsi 12 besoins de bases dont personne ne devrait manquer (alimentation, santé, éducation, eau potable, logement, accès à un travail digne, égalité des genres, une voix politique, etc.). Ce premier cercle vert est le « **plancher social** » : il constitue le but à atteindre pour assurer l'épanouissement de chacune et chacun. Cet épanouissement ne peut se faire au détriment des limites planétaires, illustrées par le cercle extérieur, ce que Kate Raworth appelle le « **plafond environnemental** ». Collectivement, nous ne pouvons utiliser les ressources de manière trop intensive, au risque de soumettre l'équilibre de la planète à une trop grande pression. La *Théorie du Donut* s'appuie sur les travaux du Stockholm Resilience Centre qui a identifié 9 limites

planétaires parmi lesquelles les changements climatiques, la perte de biodiversité, l'acidification des océans, la pollution chimique.

### Le principe de la permaéconomie

Inspirée de la permaculture, la permaéconomie vise à mettre en place les conditions nécessaires pour entretenir les richesses de la biosphère, socle fondamental de toute prospérité.

La **permaculture** est « une méthode systémique et globale s'inspirant des écosystèmes naturels pour la conception de systèmes de productions durables », selon Bill Mollison et David Holmgren (ses concepteurs). Approche holistique pour une gestion des écosystèmes selon des principes inspirés de la nature, la permaculture reste pour l'instant plutôt cantonnée à l'agriculture.

Aussi, le concept de **permaéconomie** a-t-il émergé pour s'adresser directement aux acteurs économiques qui veulent amorcer une transition et prendre en compte le vivant, en traduisant les principes fondateurs de la permaculture.

« La permaéconomie est une économie entretenant d'elle-même les conditions de sa propre pérennité », résume Emmanuel Delannoy, fondateur du concept.



Principes inspirants de la permaéconomie

### Le modèle Amelios - vers une économie pollinisatrice

Développé par la société Pole-N, Amelios s'inspire des travaux de Yann Moulier-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.

Les abeilles font bien plus que produire du miel : elles pollinisent, c'est-à-dire qu'elles diffusent, gratuitement, la vie. Cette métaphore écologique invite à explorer les modèles économiques sous un œil neuf dont Amelios est une application concrète sur deux territoires français.

Le modèle innovant d'Amelios<sup>2</sup> permet notamment de :

- Réduire massivement et rapidement les émissions de GES ;
- Rénover massivement le bâti en **France** ;
- Accélérer la protection et la régénération de la biodiversité ;
- Favoriser l'inclusion et la solidarité.

Parfaite illustration de ce que la démarche bioinspirée peut générer comme nouvelles manières de penser nos économies / comptabilités et, à travers elles, nos manières de faire société.

## Accompagner les communes et leurs groupements dans la transition écologique

La notion de bio-inspiration territoriale vise à s'inspirer du vivant pour réussir la transition des territoires et tendre vers des futurs souhaitables. Cette nouvelle approche de territoire bio-inspirés préfigure une nouvelle ingénierie culturelle de transformation écologique et sociale des territoires qui articule deux niveaux :

- Une Ingénierie sociétale de "MÉNAGEMENT" des territoires, qui permette :
  - De restaurer le lien culture - nature,
  - De créer des gouvernances de projet inclusives et contributives,
  - De soutenir la création d'organisations locales de facilitation territoriale ;
- Une ingénierie de conception d'AMÉNAGEMENT RÉGÉNÉRATIF.

Une approche opérationnelle de référentiel pour la conception d'infrastructures et d'aménagements qui soutiennent des stratégies régénératives.

Il s'agit de proposer un cadre d'émergence et une échelle pertinente de projets territoriaux de transition. Une échelle de projet transverse basée sur une nouvelle relation au vivant et des alliances de coopérations dynamiques pour :

- 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.

Cette approche est développée dans le cadre de la recherche-action-transmission Territory Lab portée par l'Institut des Futurs Souhaitables, Novansens et Ceebios.

---

<sup>1</sup> L'abeille et l'économiste, Broché, 7 mai 2010, de Yann MOULIER BOUTANG

<sup>2</sup> Amelios.org

## Affirmer le leadership régional

Porter un regard bio-inspiré invite à considérer la spécificité de chaque territoire en étudiant à la fois :

- Son contexte socioéconomique, en mettant en exergue les axes d'expertises et compétences du territoire (acteurs de la bio-inspiration) ;
- Son contexte environnemental, en décrivant les contraintes des milieux locaux et en appuyant sur la richesse des écosystèmes endémiques (ressources pour la bio-inspiration) ;
- Ses enjeux face au changement climatique et les défis actuels et à venir (sujets d'exploration pour la bio-inspiration).

Le déploiement du biomimétisme en France est orchestré en grande partie par Ceebios en synergie avec les conseils régionaux. Un soin tout particulier est apporté à la convergence entre ces axes : les filières d'excellence locales, les expertises naturalistes locales, les acteurs de la bio-inspiration et leurs projets, les enjeux de résilience et grands défis du territoire.

La Région Sud s'est engagée, depuis 2020, dans le déploiement du biomimétisme comme outil de la transition écologique et sociale de son territoire. Au travers de la promotion de cette approche innovante et soutenue au service des enjeux de son territoire, la Région Sud affirme sa volonté de se positionner comme institution exemplaire œuvrant au service de la préservation de ses écosystèmes.

## Former et orienter

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>3</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 terrain fertile, avec un engouement fort pour la thématique des étudiant.e.s et des enseignant.e.s mais également une recherche reconnue au niveau international 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.

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.

---

<sup>3</sup> FORMATION AU BIOMIMÉTISME - Un enjeu pour la France, Synthèse des formations, Hugo Bachellier, Kalina Raskin, CEEBIOS - Novembre 2017



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.




Plusieurs acteurs du territoire régional engagés dans le biomimétisme contribuent à atteindre ces objectifs. Plusieurs exemples sont listés ci-dessous.

Structure	Description	Actions du Plan Climat
 <b>CULTURES PERMANENTES</b>	<b>Cultures Permanentes</b> agit sur la promotion, l'accompagnement et la réalisation de la transition écologique en s'inspirant de la nature. Cultures permanentes œuvre notamment au travers de son expert Emmanuel Delannoy à la promotion de la permaéconomie.	101, 102, 123
	<b>Être et Avoir</b> propose d'intégrer les enjeux sociaux et environnementaux à l'ADN des entreprises au travers de divers services : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conseil stratégique : diagnostic d'entreprise / analyse des enjeux/ définition de la stratégie/ Plan d'actions/ indicateurs de suivi/ dialogue parties prenantes ;</li> <li>• Formations et animations pédagogiques pour permettre à vos collaborateurs de contribuer à la transition de l'entreprise sur les valeurs sociétales ;</li> </ul>	101, 102

Structure	Description	Actions du Plan Climat
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communication en interne et à l'externe pour sensibiliser vos parties prenantes sur ces enjeux et vos actions ;</li> <li>• Expérience nature, une manière originale de se reconnecter à soi-même et à son environnement.</li> </ul>	
	<p><b>IBMED</b> est une société à mission qui favorise la découverte et l'adoption du biomimétisme en Méditerranée et au-delà. Ses leviers d'actions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des expositions et supports de vulgarisation scientifique ;</li> <li>• Des outils d'éducation et de sensibilisation ;</li> <li>• Des conférences et des sentiers découverte ;</li> <li>• Des projets régénératifs ;</li> <li>• De l'accompagnement et du conseil ;</li> <li>• L'intégration de consortiums de recherche.</li> </ul>	130,139
<p><b>L U M A A R L E S</b></p>	<p><b>Luma Arles</b> est un campus créatif interdisciplinaire où à travers des expositions, des conférences, du spectacle vivant, de l'architecture et du design, des penseurs, artistes, chercheurs, scientifiques, interrogent les relations qu'entretiennent art, culture, environnement, éducation et recherche.</p> <p>À la fois lieu de production et d'expérimentation pour les artistes comme pour le grand public, LUMA Arles accueille chaque année des expositions d'artistes majeurs, des œuvres de grandes figures de la création contemporaine, des commandes spécifiques et des projets in-situ. Des archives d'artistes, de photographes ou d'expositions, sont accessibles dans des conditions dignes des plus grandes institutions internationales.</p>	130,139
	<p><b>L'association MALTAE</b> a pour but la culture du territoire partagé(e) par la mise en valeur culturelle et économique, sociale et humaine, environnementale et ambiante du territoire, notamment par celle de ses patrimoines : naturels, paysagers, architecturaux, urbains, terrestres et ruraux, agroforestiers, aquatiques et littoraux, y compris marins et sous-marins.</p> <p>Du local au global, elle appuie ses réflexions sur les leçons de la nature et du vivant et ses facultés d'adaptation et de résilience en termes écosystémiques, pour dégager des perspectives d'évolution spatiale et sociétale face aux changements globaux, dont le climatique et la révolution du numérique.</p>	94, 97
	<p><b>Comuna</b> organise chaque année le festival Agir pour le Vivant à Arles dans l'intention d'offrir un espace de réflexion et d'échange pour décloisonner les disciplines et métiers autour de la relation de l'être humain au reste du vivant</p>	130,139

Structure	Description	Actions du Plan Climat
	<p><b>Centrale Marseille</b> est une école d'ingénieurs qui forme des généralistes de haut niveau scientifique et technique, experts dans le lancement et le pilotage de projets innovants et à forte culture internationale. Elle fonde toutes ses actions sur les trois piliers : Esprit d'innovation, Responsabilité Sociétale et Environnementale, Ouverture et coopération. Dans le cadre de ses formations, elle propose des modules dédiés au biomimétisme.</p>	139

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

	<p>Pikaia facilite la métamorphose et la résilience des organisations qui aspirent à une performance globale respectueuse de l'humain et compatible avec la capacité de la biosphère grâce à des innovations et des solutions biomimétiques.</p>
	<p>Pole-N développe le modèle économique Amélios qui vise à développer une économie de pollinisation et de contribution inspirée des abeilles</p>
	<p>Territory Lab est une recherche-action-transmission qui vise à faire émerger des territoires des projets de transitions territoriales et organisationnelles régénératives en s'inspirant du vivant.</p>

# Conclusion et prochaines étapes

---

Afin de préserver le patrimoine naturel exceptionnel de son territoire, le nouveau Plan Climat “Gardons une Cop d'avance”, voté le 21 avril 2021, est la continuité de la politique environnementale de la Région Sud. Pour y parvenir, 40% du budget de l'institution régionale sera dédié à ce nouvel engagement basé autour de 6 axes : Air, Mer, Terre, Energie, Déchets, “Chez vous au quotidien”.

Grâce aux réflexions engagées depuis 2020 avec Ceebios, la Région Sud a pu identifier le potentiel que représente le biomimétisme pour répondre aux enjeux économiques, environnementaux et sociaux de son territoire. Le rapport « Gardons une Cop d'avance sous l'angle de la bio-inspiration » présente à la fois les solutions que peut apporter le biomimétisme pour répondre à chacun des axes de la feuille de route de transition écologique 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 sensibilisation à la biodiversité et une des réponses aux enjeux du territoire régional, la Région pourrait mettre en œuvre plusieurs actions décrites ci-dessous.

## Poursuivre l'animation et l'acculturation de l'écosystème

Afin de répondre aux enjeux de la feuille de route “Gardons une Cop d'avance”, 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, les collectivités territoriales, acteurs de la formation, 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 axes du Plan Climat 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 ;

### **Poursuivre le soutien financier des initiatives au service du vivant**

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 :

- Les projets en faveur l'acquisition de connaissance sur le vivant indispensable pour la mise en œuvre de l'approche du biomimétisme.
- Les projets de recherche appliquée et de développement expérimental du biomimétisme pour faciliter la mise en œuvre opérationnelle du biomimétisme en réponse à des problématiques techniques, organisationnelles ou environnementales.
- Les projets de territoires inspirés du vivant au service de leurs transitions écologiques et sociales.
- Les projets pédagogiques sur la bio-inspiration.
- Les projets en faveur de la préservation et de la régénération du vivant.

### **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 évènements régionaux dédiés à l'innovation ;
- La contribution et la participation aux actions et évènements nationaux tels que Biomimexpo.

# A propos des auteurs

---



Ceebios

Ceebios est une coopérative de rayonnement national qui a pour ambition d'accélérer la transition écologique et sociétale par le biomimétisme. Cette structure porte notamment un certain nombre d'actions liées à la mise en œuvre de la bio-inspiration sur les territoires tout en assurant une mission de coordination interrégionale, encouragée par le ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

Ceebios accompagne la Région Sud depuis 2020 dans le déploiement du biomimétisme sur son territoire.

La coopérative se positionne en structure d'intérêt général, visant à activer et catalyser l'émergence d'innovations responsables bio-inspirées dans tous les secteurs.

Ceebios répond ainsi aux recommandations émises par le Commissariat Général du Développement Durable en 2012, et celles du Conseil Economique Social et Environnemental en 2015 pour la structuration et mise en œuvre d'une feuille de route nationale du biomimétisme.

Le déploiement du biomimétisme en Région Sud a été piloté par Ceebios en partenariat avec :



Pikaia facilite la métamorphose et la résilience des entreprises et des territoires vers des organisations et des modèles qui aspirent à une performance globale, respectueuse de l'humain et de la biosphère. Pikaia propose une approche simple et opérationnelle répondant, à travers une vision biomimétique, systémique et régénératrice, aux besoins des organisations d'intégrer de nouvelles dimensions et de nouvelles manières d'agir en changeant de regard, dans un contexte d'incertitude.

Les solutions d'innovations proposées, adossées à des recherches doctorales, reposent sur des méthodes biomimétiques originales :

- Permaéconomie© ;
- Stratégies écomimétiques ;
- Ecoconception bio-inspirée de produits et procédés.

## Contacts



### Ceebios

**Coopérative Ceebios**

62 rue du Faubourg Saint-Martin

60300 Senlis

[contact@ceebios.com](mailto:contact@ceebios.com)



**PIKAIA**

9, rue Paulin Talabot

Immeuble le Toronto

31100 Toulouse



**Hôtel de Région**

27, place Jules Guesde

13481 Marseille Cedex 20

[www.maregionsud.fr](http://www.maregionsud.fr)

