

CYCLES
1, 2, 3, 4



PROJET BIOMIMÉTISME

CRÉDIT PHOTO : RAWPIXEL.COM / FREEPIK



SUPPORT PÉDAGOGIQUE



VIVANT



NUMÉRIQUE ET
TECHNOLOGIES

COLLABORATION :

CEEBIOS : Centre d'études et d'expertises en biomimétisme ayant pour vocation à accélérer la transition écologique & sociétale par le biomimétisme.

CONTRIBUTIONS :

Tania LOUIS, l'équipe de CEEBOS et l'équipe de Savanturiers.

MISE EN GARDE :

Les termes « chercheur », « mentor », « enseignant », « professionnel », « ingénieur » et « élève » réfèrent tout autant à une personne de genre féminin ou masculin.

RESSOURCE MISE À DISPOSITION SELON LES TERMES DE LA LICENCE
CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION - PAS D'UTILISATION COMMERCIALE.



UN PROJET D'ÉDUCATION PAR LA RECHERCHE

L'École est un acteur de la dynamique du partage et de circulation des connaissances. Elle forme, outille et prépare les élèves à être les citoyens critiques et créatifs à même de relever les défis de l'anthropocène. Comment dès lors faire prendre conscience à tous les élèves que la culture scolaire n'est qu'une expression du savoir établi au sein des communautés scientifiques et dont ils sont dépositaires et responsables à son tour ? Comment les former à s'emparer de ces connaissances pour façonner le monde à venir ?

Le modèle de l'éducation par la recherche accompagne ce défi et participe à l'enrichissement du champ d'action de l'École. Grâce à cette approche, l'école assure son rôle de transmission des "produits du savoir" et invite les élèves à explorer comment les savoirs sont fabriqués et validés. Les projets "Savanturiers - École de la Recherche" permettent de réaliser cet objectif de manière motivante et réaliste et s'adaptent à tous les âges de la maternelle jusqu'au lycée. Ils permettent d'initier les élèves aux méthodes, finalités et éthique des démarches de recherche.

Pour permettre à tous les enseignants de s'approprier ce modèle et de disposer d'un socle scientifique et pédagogique solide dans de nombreux champs, qu'il s'agisse de sciences exactes, sociales ou humaines, notamment aux frontières des savoirs, nous vous proposons les **Dossiers de L'Éducation par la Recherche**.

CHAQUE DOSSIER COMPREND :

- Une présentation des fondamentaux d'un champ : méthodes, concepts clés, repères historiques, cadre éthique, etc.
- Pistes d'exploitation dans la classe
- Ressources pour les enseignants et les élèves

Pour mieux connaître la démarche de l'éducation par la recherche et participer aux actions savanturiers : <https://les-savanturiers.cri-paris.org/>

Bonne lecture !

Le biomimétisme est une approche interdisciplinaire qui prend pour modèle le vivant afin de relever tous types de défis. Ce dossier est une introduction généraliste à la démarche du biomimétisme, dont la richesse peut nourrir des projets développés en classe.

TABLE DES MATIÈRES

P3	INTRODUCTION
P5	CHAMPS DISCIPLINAIRES
P6	MÉTHODES ET OUTILS DE RECHERCHE
P7	LEXIQUE ET CONCEPTS CLÉS
P9	DES PISTES POUR LA CLASSE
P12	LIENS AVEC LE PROGRAMME
P13	RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

CHAMPS DISCIPLINAIRES

Les organismes vivants et les écosystèmes ont derrière eux 3,8 milliards d'années d'expérimentations et d'optimisation ! Au carrefour de disciplines scientifiques et artistiques, le biomimétisme consiste à concevoir des processus d'ingénierie et d'innovation en prenant la nature pour modèle.

On doit déjà de nombreuses innovations et découvertes au biomimétisme, comme des planeurs inspirés des ailes des oiseaux, des adhésifs copiant la peau des geckos ou les crochets de certaines graines ou encore des bâtiments dont la régulation thermique a été conçue en observant celle des termitières !

La démarche d'innovation du biomimétisme est particulièrement intéressante dans le cadre du développement durable, qui tente de concilier les contraintes économiques, environnementales et sociales. Les valeurs de durabilité et d'impacts écologiques sont au cœur de ces réflexions.

De l'agriculture à la gestion des ressources en passant par la conception de matériaux et d'infrastructures, la nature a beaucoup à nous apprendre.

MÉTHODES ET OUTILS DE RECHERCHE

Les outils et méthodes du biomimétisme sont aussi variés que les domaines disciplinaires auxquels cette démarche s'applique. La méthodologie, en revanche, reste la même et repose sur les étapes suivantes :

- ▶ Identification d'un problème ou d'un besoin
- ▶ Recherche de systèmes biologiques résolvant, au moins en partie, le problème qui nous intéresse
- ▶ Etude et analyse de ces méthodes développées par la nature pour comprendre le détail de leur fonctionnement
- ▶ Application à un développement technique ou organisationnel permettant de répondre au besoin initial

La première de ces étapes nécessite d'avoir une vision large du problème pour éviter de passer à côté de solutions potentielles. Par exemple, au lieu de chercher spécifiquement un nouveau type de colle, il peut être intéressant d'élargir à l'ensemble des mécanismes d'assemblage du vivant. Certains tiennent sans adhésif, grâce à des structures spécifiques, et peuvent potentiellement répondre au besoin initial.

La seconde étape correspond à un travail de recherches bibliographiques qui peut s'appuyer sur tous types de documents mais aussi sur des observations directes dans la nature. Les solutions originales demandent parfois simplement de regarder un animal familier sous un jour nouveau. Il est tout à fait possible d'envisager des approches regroupant différentes solutions biologiques.

La troisième et la quatrième étapes peuvent être plus ou moins longues selon le niveau de connaissance déjà existant à propos du système biologique d'intérêt et les outils technologiques déjà disponibles. Les approches biomimétiques nécessitent d'articuler travail de recherche et démarche d'ingénierie et de prototypage.

LEXIQUE ET CONCEPTS CLÉS

La sémantique du biomimétisme est fixée par la norme ISO 1458 et permet notamment de distinguer les notions suivantes :

BIO-INSPIRATION

Processus créatif basé sur l'observation des systèmes vivants.

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 des systèmes biologiques, de l'abstraction, du transfert et de l'application des connaissances acquises.

BIOMIMÉTISME

Approche interdisciplinaire prenant pour modèle la nature afin de relever différents défis, notamment ceux du développement durable.

BIO-UTILISATION

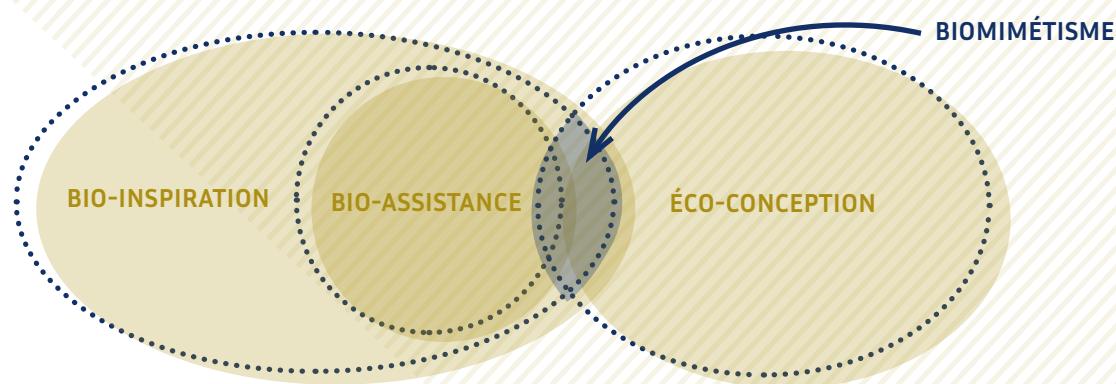
Utilisation à des fins industrielles d'une propriété biologique d'un organisme ou d'un processus.

BIONIQUE

Etude de systèmes biologiques pour développer des outils non biologiques ayant des applications technologiques.

BIO-ASSISTANCE

Utilisation de molécules d'origine biologique ou d'organismes vivants entiers pour imiter des fonctions observées dans la nature, ou les détourner afin de répondre à des défis technologiques (ex : utilisation d'enzymes pour catalyser des réactions dans l'industrie chimique).



PROJET BIOMIMÉTISME

Ces notions font appel à d'autres concepts, moins spécifiques :

SYSTÈME BIOLOGIQUE

Groupe d'éléments observables issus du monde vivant, allant de l'échelle nanométrique à l'échelle macrométrique.

VIVANT

Notion à la définition non consensuelle. Sont généralement considérés comme vivants les organismes capables de récupérer de l'énergie et de la matière dans leur environnement et de les utiliser, de s'auto-entretenir, de se multiplier et d'évoluer d'une génération à l'autre.

BIOSPHÈRE

Ensemble des organismes vivants.

ÉVOLUTION

En ce qui concerne les organismes vivants, l'évolution est la succession de deux phénomènes. L'apparition d'innovations d'une part et la sélection des innovations améliorant les chances de reproduction des organismes qui les possèdent d'autre part.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Mode de développement répondant aux besoins d'aujourd'hui sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

Plusieurs caractéristiques du vivant sont particulièrement intéressantes dans une approche de biomimétisme :

- Le vivant a évolué par essai-erreur depuis des milliards d'années. S'en inspirer peut donc faire gagner énormément de temps sur nos propres travaux de recherche et de conception.
- Le vivant est basé sur l'exploitation de ressources disponibles en abondances plutôt que de denrées rares.
- Le vivant fonctionne à pression et température ambiantes plutôt que dans des environnements modifiés ne pouvant être maintenus en l'absence d'apport d'énergie.
- Le vivant est une forme d'économie circulaire au sein de laquelle les déchets produits par un organisme sont exploités par d'autres au lieu d'être perdus.

DES PISTES POUR LA CLASSE

À MOBILISER EN CLASSE

Le biomimétisme, par sa diversité et sa nature pluridisciplinaire, peut s'intégrer de plusieurs façons à vos projets de classe.

Cette approche peut notamment nourrir un projet d'ingénierie en ajoutant une ou plusieurs séances dédiées à la recherche, dans la nature, de situations susceptibles d'inspirer vos élèves dans la résolution des défis que vous leur aurez soumis. Selon les moyens à votre disposition et vos envies, ces découvertes peuvent donner lieu à des tentatives d'application concrète en classe. Le biomimétisme peut également être placé au cœur de votre projet en proposant d'emblée à vos élèves, après avoir identifié une problématique qui les intéresse, de n'y travailler qu'à partir de solutions observées dans la nature.

La démarche du biomimétisme repose sur différentes étapes, à savoir l'identification d'un besoin, l'observation du vivant pour y trouver des pistes de solution, l'analyse des phénomènes naturels pour comprendre leurs mécanismes et la mise en place d'une application concrète pour répondre au besoin initial. Ce cheminement est similaire à celui d'un projet Savanturiers d'éducation par la recherche. Libre à vous de déterminer la part que vous souhaitez donner à ces différentes phases du travail dans vos projets de classe.

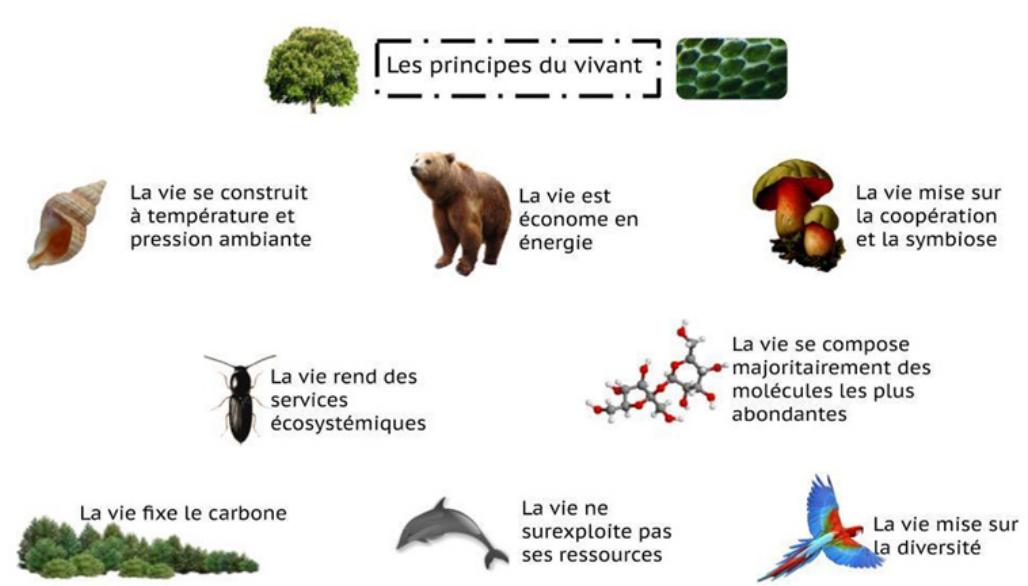
La nature est riche et le biomimétisme peut être une approche intéressante dans n'importe quel domaine disciplinaire. Voici quelques exemples de thématiques sur lesquelles il est possible de travailler dès le cycle 3 (vous en trouverez de nombreux autres à la fin de ce document) :

- ▶ Etudier l'utilisation des propriétés de la lumière : dans le vivant, les revêtements des animaux (poils, plumes, ailes, yeux) ont des propriétés spéciales par rapport à la lumière. Par exemple, les yeux des papillons ne reflètent pas la lumière la nuit pour échapper aux prédateurs et de telles propriétés peuvent être utilisées pour fabriquer des revêtements antireflets rendant des appareils indétectables.
- ▶ Découvrir des modes de communication et d'organisation : en observant des insectes comme les fourmis, les termites et les abeilles, on peut se familiariser avec des sociétés et des modes de communication aux fonctionnements très éloignés des nôtres.
- ▶ Cultiver des plantes autrement : l'observation des écosystèmes naturels amène à repenser nos pratiques d'agriculture. Des démarches comme celle de la permaculture peuvent être mises en place à l'échelle de la classe ou d'un jardin dans un établissement scolaire.

ACTIVITÉS CLÉ EN MAIN

► Jeu sur les principes du vivant, développé conjointement par HEP EDUCATION, le Ceebios et l'Institut des Futurs Souhaitables. Chaque carte présente un grand principe du vivant avec des exemples qui l'illustrent ainsi que des pistes de réflexion. Une version pour jeune public est en cours de conception.

Disponible gratuitement en versions web ou imprimable, sous licence Creative Commons BY-NC-SA : <https://www.hep-education.com/ressources/>



► Fiches créées par le Jardin des Sciences de Dijon. Chacune mentionne un organisme, ses particularités intéressantes pour des applications biomimétiques ainsi que l'état d'avancement de la recherche sur le sujet. Il existe une soixantaine de fiches, de complexités variables. Toutes sont disponibles en ligne gratuitement :
<https://drive.google.com/file/d/16Sqzf9W-Nx2iZmnhDNC70ciLE536qe0g/view>

The image displays three cards from a series of informational cards:

- Card 1: La communication chez les abeilles domestiques**
Illustration: A detailed drawing of a honeybee. Text: "La communication chez les abeilles domestiques".
- Card 2: L'arbre et la circulation de la sève**
Illustration: A drawing of a tree. Text: "L'arbre et la circulation de la sève".
- Card 3: La chimie du vivant et du végétal**
Illustration: A laboratory setup with flasks containing blue liquid and various chemical structures. Text: "La chimie du vivant et du végétal".

AU-DELÀ DU CYCLE 3

En fonction des outils et des moyens à votre disposition, il est possible d'intégrer le biomimétisme à des projets plus complexes, développés avec des élèves de cycle 4 ou lycéens.

Voici quelques exemples de thématiques qui s'y prêtent :

➤ La lutte contre la pollution : les écosystèmes naturels fonctionnent en vase clos et sont des sources d'inspiration concernant l'amélioration de la gestion des déchets. Au-delà des solutions consistant à valoriser les produits actuellement jetés, certains organismes sont directement capables de dépolluer des environnements comme l'eau ou le sol. Qu'il s'agisse de bactéries, de micro-algues, de plantes (phytoépuration, phytoremédiation) ou de champignons (mycoremédiation), ils peuvent être directement utilisés dans le cadre d'un projet de classe ou observés pour imaginer de nouvelles stratégies de dépollution.

➤ Le design d'objets ou d'habitats : concevoir ce type de structures demande de répondre à un cahier des charges précis. Or le vivant a justement évolué pour s'adapter à certaines des contraintes que nous rencontrons nous-mêmes aujourd'hui !

Comment réguler la température d'un bâtiment sans dépenser d'énergie ? Comment utiliser au mieux l'ensemble d'un matériau complexe comme le bois ? Comment éviter qu'un objet ne soit déformé par des variations d'humidité ou, au contraire, permettre qu'il s'adapte en temps réel aux changements de son environnement ?

La nature propose déjà toute une gamme de solutions à ce type de problèmes, que vous pouvez faire étudier à vos élèves dans le cadre de projets d'ingénierie. Ces exemples naturels permettent également d'aborder la problématique de la durabilité et d'inspirer des objets au design dit régénératif.

➤ La production d'énergie : nous utilisons aujourd'hui un nombre relativement limité de méthodes pour produire l'électricité dont nous avons besoin au quotidien, chacune ayant ses inconvénients et ses limites.

Il existe dans la nature de nombreux processus qui pourraient inspirer de nouvelles façons de produire notre énergie, avec potentiellement moins de conséquences sur l'environnement. Un exemple est le mouvement ondulatoire utilisé par les hydroliennes du projet EEL energy. Ces membranes peuvent être mises en mouvement par des courants marins et l'énergie mécanique ainsi récupérée est convertie en électricité, sans faire de pollution sonore ou abîmer le littoral. Ce n'est qu'un exemple parmi d'autres, susceptibles d'inspirer vos élèves dans le cadre de projets autour de la production énergétique.

LIENS AVEC LE PROGRAMME SCOLAIRE

Liens avec le socle commun de connaissances, de compétences et de culture du cycle 3 :

Domaine de compétence	Éléments signifiants	Compétences
Domaine 2 : les méthodes et outils pour apprendre.	Rechercher et trier l'information et s'initier aux langages des médias.	Rechercher des informations dans différents médias et ressources documentaires. Interroger la fiabilité des sources des informations recueillies.
Domaine 3 : la formation de la personne et du citoyen	Exercer son esprit critique, faire preuve de réflexion et de discernement.	Dépasser des clichés et des stéréotypes.
Domaine 4 : les systèmes naturels et les systèmes techniques : la formation de la personne et du citoyen.	Mener une démarche scientifique ou technologique, résoudre des problèmes simples.	Extraire et organiser les informations utiles à la résolution d'un problème. Représenter des phénomènes ou des objets. Mettre en œuvre un protocole expérimental, concevoir ou produire tout ou partie d'un objet technique.
Domaine 5 : les représentations du monde et l'activité humaine.	Raisonner, imaginer, élaborer, produire.	Élaborer un raisonnement et l'exprimer en utilisant des langages divers.

RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES POUR LA CLASSE ET POUR LES ENSEIGNANTS

EN LIGNE :

LA WEB SÉRIE “NATURE = FUTUR !”

présente de nombreux exemples d’innovations bio inspirés en décrivant à chaque fois les systèmes biologiques étudiés avec leurs particularités structurelles ou fonctionnelles et les inspirations biomimétiques qui en découlent. Il y a 60 épisodes accessibles sur YouTube :

<https://www.youtube.com/channel/UCghmtdCHpMUYkVxg3nC9dlw/videos>

SYNTHÈSE DE LA FONDATION POUR LA RECHERCHE SUR LA BIODIVERSITÉ SUR LES ENJEUX ACTUELS LIANT BIOMIMÉTISME ET BIODIVERSITÉ :

<https://www.fondationbiodiversite.fr/biomimetisme-et-biodiversite/>

RAPPORT SUR LES MATERIAUX BIO-INSPIRÉS, RICHE EN EXEMPLES :

http://ceebios.com/wp-content/uploads/2020/02/MEP_MBI_200203-web.pdf

LIVRES À DESTINATION DES ENCADRANTS :

BIOMIMÉTISME : QUAND LA NATURE INSPIRE DES INNOVATIONS DURABLES

Premier ouvrage théorisant le concept de Janine Benyus

LE VIVANT COMME MODÈLE

20 ans plus tard, le Belge Gauthier Chapelle propose une relecture encore plus connectée avec les enjeux de la biosphère

BIOMIMÉTISME ET ARCHITECTURE

Référence sur l’architecture bio inspirée de Michael Pawlyn, traduite en français avec l’aide du Ceebios aux éditions Rue de l’échiquier, pour ouvrir la série dédiée au biomimétisme

CATALOGUES DE LIVRES DE VULGARISATION

[Catalogue de livres](#) pour petits et grands qui recense tous les livres de vulgarisation sur le biomimétisme. Monté par l’Association Science et Livre.

RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES EN ANGLAIS :

- Rapport du Biomimicry Institute, créé pour aider les éducateurs de la maternelle à la terminale à établir une base générale en biomimétisme et à fournir des idées pour introduire ce nouveau mode de pensée et de résolution de problèmes à leurs élèves. Il commence par une introduction générale sur le «quoi» et le «pourquoi» du biomimétisme, ainsi que quelques idées sur la façon d’intégrer le biomimétisme dans votre programme d’enseignement : <https://asknature.org/resource/sharing-biomimicry-with-young-people/>
- Kit mis à disposition par le Center of Learning With Nature, à destination des enseignants. [Engineering Inspired by Nature](#) est un programme d’études pour enseigner l’ingénierie et la conception biomimétisme, gratuit pour les professeurs d’écoles publiques.
- Le projet In Nature vise à développer et mettre en oeuvre en classe un ensemble d’activités et d’événements liés au biomimétisme : <http://innature-project.eu/resources/>

EXPLORER, PARTAGER, S'ENGAGER POUR L'ÉDUCATION



8bis rue Charles V - 75004 Paris
communaute.savanturiers@cri-paris.org

