



# **Conception biomimétique pour les compétences en matière de développement durable dans l'EFV**

**KA220-VET-00620D4B**

**KA220-VET - Partenariats de coopération dans l'enseignement et la formation  
professionnels**

## **D3.3 Manuel à l'usage des enseignants**



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

Informations sur le document	
Référence du projet	2023-1-EL01-KA220-VET-000158477
Livrable	D3.3 Manuel à l'usage des enseignants de l'EFP
Niveau de diffusion	Public
Date	28/2/2025
Version du document	1
Statut	Final
Partage	CC-BY-NC-ND
Auteurs	Stella Regoli, Stella Regoli, Études et Chantiers Corse Hariklia Tsalapatas, Université de Thessalie
Réviseurs	Ahu Sismek, Yakacik Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi Ioana Stefan, Advanced Technology Systems



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## Contributeurs

Konstantina Vlachoutsou, Université de Thessalie

Olivier Heidmann, Université de Thessalie

Christina Taka, Université de Thessalie

Dimitris Ziogas, Université de Thessalie

Konstantinos Katsimentes, Université de Thessalie

Sotiris Evaggelou, Université de Thessalie

Apostolos Fotopoulos, Université de Thessalie

Antoniú Stefan, ATS

Ancuța Georghe, ATS

Carlos Vaz de Carvalho, Campus virtuel

Laura Trevisan, Infodef



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

# Table des matières

Contributeurs.....	3
Table des matières.....	4
1. Introduction.....	6
2. Objectifs du manuel.....	8
3. Introduction au biomimétisme.....	9
3.1 Qu'est-ce que le biomimétisme ?.....	9
3.2 Importance du biomimétisme dans l'enseignement et la formation professionnels .....	10
3.3 Le biomimétisme en pratique.....	11
3.3.1 Principes clés du biomimétisme .....	11
3.3.2 Études de cas et exemples dans divers domaines.....	13
3.3.3 Défis et solutions inspirés par la nature .....	14
4. Méthodologies et cadres d'apprentissage.....	17
4.1 PBL et biomimétisme .....	17
4.1.1 Comparaison entre l'apprentissage par projet et le biomimétisme .....	17
4.1.2 Intégration du biomimétisme dans l'apprentissage par projet.....	19
4.1.3 Faciliter l'apprentissage collaboratif.....	20
4.2 Cadre d'apprentissage pratique du biomimétisme LET's MIMIC .....	21
4.2.1 Résultats d'apprentissage et compétences .....	21
4.2.2 Application LET's MIMIC d'approches pédagogiques innovantes .....	25
4.2.3 Concevoir des activités d'apprentissage avec le biomimétisme .....	27
4.3.4 Stratégies d'évaluation .....	28



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

5. Approche LET's MIMIC pour la conception de projets de biomimétisme destinés aux étudiants .....	31
5.1 Identification des défis et des problématiques .....	31
5.2 Générer des solutions inspirées du biomimétisme .....	32
5.3 Élaboration et documentation d'études de cas.....	33
6. Ressources et outils pédagogiques.....	35
6.1 Ressources et outils numériques courants.....	35
6.2 Bases de données et réseaux externes sur le biomimétisme.....	36
6.3 Portail LET's MIMIC.....	37
6.4 Plateforme d'apprentissage numérique LET's MIMIC pour le biomimétisme .....	38
6.5 Kit d'apprentissage autodirigé LET's MIMIC .....	39
6.6 Modules de formation LET's MIMIC .....	40
7. Recommandations de mise en œuvre dans les contextes locaux .....	41
7.1 Adaptation du manuel aux contextes locaux .....	41
7.2 Formation et soutien des enseignants.....	42
7.3 Suivi et évaluation.....	42
8. Lectures complémentaires et recherches.....	44
Conclusions .....	45
Références.....	46



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

# 1. Introduction

Le biomimétisme, ou « innovation inspirée de la nature », repose sur l'idée que la nature a déjà développé des solutions à de nombreux défis humains, notamment dans les domaines de l'énergie, des transports et de la gestion des déchets (Benyus, 2014). En suivant les principes fondamentaux de la nature, tels que l'utilisation d'énergies renouvelables, la gestion efficace des ressources et le recyclage, le biomimétisme joue un rôle crucial dans la promotion du développement durable. En mettant l'accent sur la collaboration interdisciplinaire, le biomimétisme contribue à la conception durable du XXIe siècle. Il complète également l'enseignement des STEM en offrant des possibilités d'enseigner les matières STEM et les sciences de l'environnement tout en favorisant la créativité et les compétences en matière de résolution de problèmes (Biomimicry Institute, 2017). Alors que le monde est confronté à des défis environnementaux et sociétaux croissants, le biomimétisme permet aux concepteurs et aux ingénieurs de développer des solutions efficaces, durables et résilientes. L'intégration du biomimétisme dans l'éducation contribue à former des étudiants soucieux de l'environnement tout en renforçant leur appréciation de la sagesse de la nature.

Le projet LET's MIMIC introduit un cadre d'apprentissage innovant qui intègre le biomimétisme à l'apprentissage par problèmes afin de développer les compétences en matière d'innovation et de durabilité chez les étudiants de l'EFP et au-delà.

Le projet développe des services d'apprentissage numériques pour la collaboration des étudiants dans le cadre d'activités de biomimétisme. Il développe en outre des contenus d'apprentissage numériques pour les étudiants, structurés autour des étapes du biomimétisme, telles que définir, biologiser, découvrir, abstraire, imiter et évaluer. En outre, le projet renforce la capacité des enseignants à concevoir des activités d'apprentissage du biomimétisme et à les introduire dans leurs cours. À cette fin, LET's MIMIC développe des contenus de soutien aux enseignants.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

Ce document constitue un manuel destiné à aider les enseignants de l'EFP à concevoir et à mettre en œuvre des activités d'apprentissage sur le biomimétisme en classe. Il présente une méthodologie d'apprentissage qui intègre le biomimétisme à l'apprentissage par problèmes et à d'autres méthodes d'apprentissage actif, telles que l'apprentissage par l'expérience et l'apprentissage par l'enquête. Il présente les étapes à suivre par les enseignants pour concevoir, mettre en œuvre et évaluer l'impact positif des activités de biomimétisme sur les élèves. Enfin, le document présente des ressources et des outils d'apprentissage du biomimétisme, notamment des services et des réseaux externes, ainsi que le kit d'apprentissage autodirigé MIMIC du LET, des modules de formation et une plateforme d'apprentissage numérique.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 2. Objectifs du manuel

L'objectif principal de ce manuel est de fournir aux enseignants de l'EFP les outils et les ressources nécessaires pour intégrer le biomimétisme dans leurs pratiques pédagogiques. Les objectifs sont les suivants :

- **Présenter les concepts du biomimétisme** : expliquer le biomimétisme et son application dans divers contextes.
- **Proposer des stratégies pédagogiques pratiques** : doter les enseignants de méthodologies pratiques, notamment des approches d'apprentissage par problèmes (PBL), afin d'intégrer le biomimétisme dans leurs cours.
- **Développer des compétences essentielles** : mettre l'accent sur le développement de l'esprit critique, de la créativité et des compétences en matière de résolution de problèmes des apprenants grâce à des projets inspirés du biomimétisme.
- **Promouvoir la durabilité** : encourager l'adoption de pratiques durables dans l'enseignement et la formation professionnels en mettant l'accent sur les solutions inspirées de la nature.
- **Faciliter la collaboration** : soutenir l'apprentissage collaboratif et les approches interdisciplinaires, en encourageant le travail d'équipe et l'innovation.

Grâce à ce manuel, les enseignants de l'EFP acquerront les connaissances et la confiance nécessaires pour guider leurs élèves dans l'exploration du biomimétisme et son application aux défis du monde réel, les préparant ainsi à des carrières axées sur la durabilité et l'innovation.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 3. Introduction au biomimétisme

Le biomimétisme, terme dérivé des mots grecs « bios » (vie) et « mimesis » (imitation), désigne la pratique qui consiste à s'inspirer et à imiter les conceptions, les systèmes et les processus de la nature pour résoudre les défis humains. En observant comment les organismes s'adaptent à leur environnement et remplissent des fonctions essentielles, les innovateurs peuvent créer des solutions durables, efficaces et résilientes dans diverses disciplines. Le biomimétisme offre un changement de paradigme dans la conception, en mettant l'accent sur la durabilité et l'harmonie avec le monde naturel.

Dans cette partie, nous explorerons les concepts fondamentaux du biomimétisme, sa pertinence dans l'enseignement et la formation professionnels (EFP) et les objectifs de ce manuel visant à promouvoir le biomimétisme comme outil d'enseignement et d'apprentissage.

### 3.1 Qu'est-ce que le biomimétisme ?

Le biomimétisme consiste à s'inspirer de la nature pour développer des solutions aux défis humains. Il s'agit de comprendre les stratégies utilisées par les organismes vivants pour prospérer et de les appliquer dans divers domaines tels que l'ingénierie, l'architecture, la conception de produits et la gestion des ressources (Benyus, 1997).

La nature a évolué pendant des milliards d'années, aboutissant à des solutions hautement efficaces, adaptables et durables. Par exemple :

- **La conception du Velcro®** s'inspire de la façon dont les bardanes s'accrochent à la fourrure des animaux grâce à de minuscules crochets.
- **Les bâtiments à haute efficacité énergétique** imitent souvent les termitières, qui maintiennent une température interne stable.
- **Les éoliennes** ont été conçues sur le modèle des nageoires des baleines à bosse afin d'améliorer leur efficacité.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

Le biomimétisme ne consiste pas seulement à copier la nature, mais à comprendre les principes sous-jacents et à les appliquer aux défis humains d'une manière qui s'aligne sur la durabilité et les pratiques éthiques.

### 3.2 Importance du biomimétisme dans l'enseignement et la formation professionnels

L'enseignement et la formation professionnels (EFP) visent à doter les apprenants de compétences pratiques pouvant être mises en œuvre dans le monde du travail. L'intégration du biomimétisme dans l'enseignement et la formation professionnels offre plusieurs avantages clés (Oguntona et Aigbavboa, 2023) :

- **Compétences innovantes en matière de résolution de problèmes** : le biomimétisme encourage les apprenants à penser de manière critique et créative en observant et en apprenant de la nature. Cela peut conduire à des solutions innovantes qui sont à la fois efficaces et durables.
- **Accent sur la durabilité** : dans un monde confronté à des défis environnementaux, il est essentiel d'apprendre aux apprenants à concevoir des solutions conformes aux principes écologiques. Le biomimétisme favorise un état d'esprit qui valorise l'efficacité des ressources, la réduction des déchets et l'harmonie avec la nature.
- **Apprentissage interdisciplinaire** : le biomimétisme fait le pont entre des disciplines telles que la biologie, le design, l'ingénierie et les sciences de l'environnement. Les apprenants de l'EFP peuvent acquérir un large éventail de compétences qui les préparent à divers parcours professionnels.
- **Engagement et motivation** : apprendre de la nature peut susciter la curiosité et l'enthousiasme, rendant l'éducation plus attrayante et plus pertinente par rapport aux défis du monde réel.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.



Figure1 . S'inspirer de la nature pour résoudre les défis complexes actuels en matière de durabilité.

En intégrant le biomimétisme, l'enseignement et la formation professionnels peuvent former des professionnels qualifiés, prêts à l'emploi et capables de contribuer à l'innovation durable dans leurs secteurs.

### 3.3 Le biomimétisme en pratique

Dans cette section, nous explorons comment les principes du biomimétisme sont appliqués dans des contextes réels. De la compréhension des principes fondamentaux qui guident la conception biomimétique à l'examen d'études de cas dans divers secteurs, cette partie met en évidence comment l'ingéniosité de la nature peut inspirer des solutions innovantes et durables. Nous nous pencherons également sur les défis rencontrés lors de l'application du biomimétisme et sur la manière dont les stratégies inspirées de la nature peuvent les surmonter.

#### 3.3.1 Principes clés du biomimétisme

Le biomimétisme est guidé par des principes fondamentaux qui aident les concepteurs et les innovateurs à exploiter la sagesse de la nature. Ces principes garantissent que les solutions innovantes sont durables et en harmonie avec les systèmes écologiques (Benyus, 1997 ; Vincent et al., 2006). Voici quelques-uns des principes clés du biomimétisme :



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Imiter les formes, les processus et les systèmes de la nature** : le biomimétisme consiste à observer et à imiter les formes, les matériaux et les méthodes de la nature afin de créer des solutions fonctionnelles et efficaces. Par exemple, le corps aérodynamique du martin-pêcheur a inspiré la conception des trains à grande vitesse (Benyus, 1997 ; Bhushan, 2009).
- **S'adapter aux conditions locales** : tout comme les organismes évoluent pour s'épanouir dans leur environnement spécifique, le biomimétisme crée des solutions adaptées aux conditions et aux ressources locales (El-Zeiny, 2012).
- **Utiliser une chimie respectueuse de la vie** : les processus naturels reposent sur des ressources non toxiques et renouvelables. Le biomimétisme encourage l'utilisation de matériaux et de méthodes de fabrication respectueux de l'environnement (Kennedy et al., 2015).
- **Optimiser plutôt que maximiser** : les solutions de la nature sont efficaces, elles n'utilisent que ce qui est nécessaire. Ce principe encourage à minimiser l'utilisation des ressources tout en maximisant les performances (Vincent et al., 2006).
- **Évoluer pour survivre** : la nature évolue constamment grâce à l'adaptation et à la résilience. Les solutions biomimétiques doivent être flexibles et capables d'évoluer pour s'adapter à des conditions changeantes (Benyus, 1997 ; Pawlyn, 2011).
- **Intégrer le développement à la croissance** : dans la nature, les systèmes se développent en harmonie avec leur environnement, en équilibrant les besoins individuels et la santé de l'écosystème (Benyus, 1997).

En adhérant à ces principes, le biomimétisme favorise une innovation durable qui répond aux besoins humains tout en respectant les limites écologiques.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

### 3.3.2 Études de cas et exemples dans divers domaines

Le biomimétisme a été appliqué dans divers secteurs, de l'architecture et du design à la technologie et aux soins de santé. Voici quelques exemples notables de biomimétisme en pratique :

- **Architecture et construction :**
  - **L'Eastgate Centre** au Zimbabwe est un bâtiment qui imite les systèmes de ventilation naturels des termitières afin de maintenir une température interne stable et de réduire la consommation d'énergie.
  - **L'Eden Project** au Royaume-Uni présente des biomes inspirés de la structure des bulles de savon, optimisant l'espace et la résistance.
- **Ingénierie et technologie :**
  - **Le Velcro®** a été inventé après qu'un ingénieur suisse ait remarqué comment les bûches s'accrochaient à la fourrure de son chien. La conception à crochets et boucles est devenue un système de fixation révolutionnaire.
  - **Le train à grande vitesse Shinkansen** au Japon a été repensé pour réduire le bruit et améliorer l'efficacité. Son nez imite celui d'un martin-pêcheur, ce qui lui permet de se déplacer en douceur dans les airs.
- **Santé et médecine :**
  - **Les pattes adhésives du gecko** ont inspiré le développement de nouveaux adhésifs médicaux et pansements qui collent sans endommager la peau.
  - **Les motifs de la peau des requins** ont influencé la conception de surfaces antibactériennes, réduisant la propagation des infections dans les hôpitaux.
- **Gestion de l'énergie et des ressources :**
  - **Les panneaux solaires** inspirés de la capacité du tournesol à suivre le soleil maximisent la capture d'énergie tout au long de la journée.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Les éoliennes** ont été améliorées en imitant les bords dentelés des nageoires des baleines à bosse, ce qui a permis d'améliorer leur efficacité et de réduire le bruit.

Ces exemples démontrent comment le biomimétisme peut conduire à des solutions innovantes et durables qui répondent à des défis humains complexes.

### 3.3.3 Défis et solutions inspirés par la nature

Si le biomimétisme offre un immense potentiel, son application n'est pas sans défis. Comprendre ces défis et s'inspirer de la nature pour les surmonter est un aspect essentiel de la conception biomimétique (Oguntona et Aigbavboa, 2023).



*Figure2 . Exemples d'activités biomimétiques à travers le monde.*

Défis liés à l'application du biomimétisme :



Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Complexité des systèmes naturels** : les solutions offertes par la nature sont souvent complexes et nécessitent une compréhension approfondie des processus biologiques. Il peut être difficile de les transposer dans des conceptions humaines.
- **Coût et faisabilité** : les conceptions biomimétiques peuvent nécessiter des matériaux ou des processus spécialisés qui sont initialement coûteux ou difficiles à mettre en œuvre à grande échelle.
- **Collaboration interdisciplinaire** : le biomimétisme nécessite souvent une collaboration entre biologistes, ingénieurs, concepteurs et autres spécialistes, ce qui peut être difficile à coordonner.
- **Obstacles réglementaires et commerciaux** : les produits nouveaux et innovants peuvent rencontrer des obstacles pour obtenir l'autorisation réglementaire ou l'acceptation du marché.

Le biomimétisme lui-même est une source d'inspiration pour relever les défis susmentionnés. Voici quelques exemples de solutions inspirées de la nature pour appliquer le biomimétisme à l'innovation :

- **Conceptions adaptatives** : la nature nous enseigne à nous adapter à des environnements changeants. Les produits flexibles et évolutifs ont plus de chances de réussir.
- **Efficacité et utilisation des ressources** : les solutions biomimétiques peuvent réduire les coûts et l'impact environnemental en optimisant l'utilisation des ressources, comme on le voit dans la nature.
- **Modèles de collaboration** : la nature fonctionne dans des écosystèmes où différentes espèces collaborent. De même, le travail d'équipe interdisciplinaire peut être encouragé par des objectifs communs et des avantages mutuels.
- **Résilience et redondance** : les systèmes naturels intègrent souvent une redondance pour garantir leur résilience. Les conceptions biomimétiques peuvent intégrer des caractéristiques similaires pour améliorer la durabilité et la fiabilité.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

En comprenant ces défis et en appliquant les stratégies de la nature, le biomimétisme peut surmonter les obstacles et fournir des solutions innovantes, efficaces et durables.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 4. Méthodologies et cadres d'apprentissage

Cette section explore le rôle des méthodologies d'apprentissage innovantes dans l'enseignement et la formation professionnels (EFP) et leur adéquation avec le biomimétisme. Elle s'intéresse en particulier à l'apprentissage par projet (PBL), une approche centrée sur l'étudiant qui encourage la résolution active de problèmes et la découverte. L'intégration du biomimétisme dans le PBL permet aux apprenants d'aborder les défis de manière créative, en s'inspirant des stratégies de la nature.

### 4.1 PBL et biomimétisme

#### 4.1.1 Comparaison entre l'apprentissage par projet et le biomimétisme

Dans le cadre de ce projet, l'intégration de l'APM et de la conception de processus biomimétiques est structurée à l'aide d'une **matrice des acquis d'apprentissage** (projet MIMIC de LET, livrable 2.1 PARTIE A – Matrice des acquis d'apprentissage pour les compétences en matière de durabilité, 2025), qui établit des correspondances claires entre les étapes de **l'APM** et celles du biomimétisme. Cette matrice fournit un cadre facilitant l'intégration du biomimétisme dans les activités d'apprentissage basées sur le PBL et aide les éducateurs à établir efficacement ce lien. Le PBL et le biomimétisme sont tous deux des processus itératifs. Le projet LET's MIMIC introduit une méthodologie permettant d'intégrer les processus de biomimétisme dans des activités PBL plus larges (rapport technique LET's MIMIC D2.1 PARTIE B – Cadre d'apprentissage par projet pour la conception de processus de biomimétisme, 2025). La nature itérative des deux méthodes se reflète dans les étapes clés suivantes :

<b>Étapes de l'apprentissage par projet</b>	<b>Étapes de la conception du processus de biomimétisme</b>
---	---



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

<b>Définir</b> : identifier le problème et établir les critères de réussite.	<b>Définir</b> : articuler clairement l'impact que la conception devrait avoir et définir le défi.
<b>Biologiser</b> : comprendre le problème en termes biologiques.	<b>Biologiser</b> : analyser les fonctions essentielles et le contexte du défi dans la nature.
<b>Découvrir</b> : rechercher des modèles naturels qui remplissent les mêmes fonctions.	<b>Découvrir</b> : identifier les stratégies et les modèles biologiques qui permettent de résoudre des défis similaires.
<b>Résumer</b> : extraire les principes biologiques clés et les reformuler en termes non biologiques.	<b>Résumé</b> : Étudier les caractéristiques ou mécanismes essentiels qui sous-tendent les stratégies biologiques et les traduire en stratégies de conception.
<b>Imiter</b> : développer des solutions inspirées des stratégies naturelles.	<b>Imiter</b> : appliquer les principes du biomimétisme pour générer des solutions innovantes.
<b>Évaluer</b> : tester et affiner les solutions en fonction de leur faisabilité et de leur impact.	<b>Évaluer</b> : évaluer dans quelle mesure la conception biomimétique répond aux critères et aux contraintes de durabilité.

Tableau1 . Alignement des processus PBL et biomimétique (rapport technique LET's MIMIC D2.1 PARTIE B - Biomimicry Process Design for Sustainability Skills, 2025).



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

Cette matrice guide les enseignants et les apprenants, garantissant que les principes du biomimétisme sont parfaitement intégrés dans les activités **basées sur le PBL**. En tirant parti des compétences existantes en matière de PBL, les enseignants peuvent faciliter l'adoption structurée du biomimétisme en tant que cadre de conception, améliorant ainsi l'application de solutions inspirées de la nature dans l'enseignement et la formation professionnels (EFP).

Cette approche intégrée reflète la dynamique du lieu de travail dans les contextes d'EFP, préparant les étudiants à relever des défis complexes et multiformes liés à leur développement professionnel.

#### 4.1.2 Intégrer le biomimétisme dans l'apprentissage par projet

L'intégration du biomimétisme dans l'apprentissage par projet améliore la résolution de problèmes en encourageant les apprenants à s'inspirer des systèmes naturels. Le biomimétisme met l'accent sur l'apprentissage des stratégies éprouvées par la nature pour relever les défis humains de manière durable et efficace.

Voici quelques stratégies pour intégrer le biomimétisme dans l'apprentissage par projet (rapport technique LET's MIMIC D2.1 PARTIE B – Cadre d'apprentissage par projet pour la conception de processus biomimétiques, 2025) :

- **Problématiques inspirées de la nature** : concevez des scénarios qui encouragent explicitement les élèves à rechercher des solutions inspirées des processus biologiques ou des organismes. Par exemple, les défis liés à l'efficacité énergétique, à la conservation de l'eau ou à la conception structurelle peuvent être formulés en termes biomimétiques.
- **Exploration biologique** : offrez aux élèves des occasions d'explorer et d'étudier les environnements naturels, soit physiquement, soit à l'aide de ressources virtuelles, afin d'observer les modèles, les structures et les fonctions de la nature.
- **Collaboration interdisciplinaire** : encourager la collaboration interdisciplinaire en intégrant des connaissances issues de la biologie, de l'ingénierie, de la conception et de



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

la durabilité. Cela reflète l'application du biomimétisme dans le monde réel, qui nécessite souvent des compétences diverses.

- **Développement de prototypes** : guider les élèves dans le développement et le test de prototypes de leurs solutions biomimétiques, en favorisant l'apprentissage itératif et l'innovation.
- **Réflexion sur la durabilité** : souligner l'importance des solutions durables, en établissant des parallèles entre l'efficacité naturelle et les défis de la conception humaine.

Le biomimétisme dans le PBL favorise la créativité et inculque un état d'esprit axé sur la durabilité et l'innovation, en accord avec les objectifs mondiaux en matière de gestion environnementale.

#### 4.1.3 Faciliter l'apprentissage collaboratif

La collaboration est essentielle dans les projets de biomimétisme, reflétant l'approche interdisciplinaire pour résoudre des problèmes complexes.

Voici quelques stratégies pour encourager la collaboration des élèves dans les projets de biomimétisme (Hmello, 2004) :

- **Projets en équipe** : répartir les élèves dans différentes équipes pour travailler sur des défis liés au biomimétisme, en les encourageant à partager leurs connaissances et leurs points de vue.
- **Exercices de jeu de rôle** : les élèves peuvent endosser les rôles de concepteurs, d'ingénieurs ou de biologistes dans des scénarios simulés de résolution de problèmes.
- **Commentaires des pairs** : les étudiants peuvent examiner et commenter le travail de leurs camarades, ce qui favorise un environnement d'apprentissage collaboratif et solidaire.
- **Collaboration interdisciplinaire** : encouragez les partenariats entre étudiants de différents domaines, tels que la biologie, l'ingénierie et l'art, afin de développer des solutions innovantes.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Forums de discussion en ligne** : utilisez les forums pour faciliter les discussions continues, le partage d'idées et le soutien entre pairs.
- **Possibilités de mentorat** : faites appel à des experts et des professionnels du biomimétisme pour encadrer les étudiants et leur apporter des connaissances pratiques.

## 4.2 Cadre d'apprentissage pratique du biomimétisme LET's MIMIC

Cette section propose une approche structurée pour mettre en œuvre le biomimétisme dans l'enseignement et la formation professionnels (EFP). Elle se concentre sur l'identification des principaux résultats d'apprentissage et compétences, la conception d'activités d'apprentissage attrayantes et l'élaboration de stratégies d'évaluation efficaces alignées sur les principes du biomimétisme.

### 4.2.1 Résultats d'apprentissage et compétences

Pour intégrer efficacement le biomimétisme dans le programme d'études, il est essentiel de définir des résultats d'apprentissage et des compétences clairs. Ces résultats doivent englober les compétences techniques et transférables que les apprenants développeront grâce à un enseignement basé sur le biomimétisme.

Le biomimétisme dans l'apprentissage par projet contribue à développer des connaissances, des aptitudes et des compétences en matière de durabilité très appréciées par l'industrie et la société. Il aide à développer (Mejia-Villa et al., 2023) :

- **Connaissances** : Compréhension des concepts, principes et théories clés liés à la durabilité dans l'enseignement et la formation professionnels (EFP), sur la base de recherches documentaires et des résultats de questionnaires.
- **Compétences** : développer des aptitudes pratiques grâce à des expériences d'apprentissage concrètes qui appliquent efficacement les principes de durabilité dans le contexte de l'EFP.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Compétences** : acquisition de capacités de réflexion critique, de résolution de problèmes et de prise de décision pour intégrer la durabilité dans les programmes d'enseignement professionnel.
- **Compétences non techniques** : le biomimétisme favorise également le développement de compétences non techniques vertes, très appréciées sur le marché du travail. Il s'agit notamment :
  - **Créativité et innovation** : reconnaître l'importance de la créativité et de l'innovation dans la vie personnelle et professionnelle, générer des idées originales et appliquer des approches imaginatives aux défis.
  - **Résolution de problèmes** : développer un état d'esprit structuré pour la résolution de problèmes en décomposant les situations complexes, en identifiant les causes profondes et en appliquant un raisonnement logique pour trouver des solutions efficaces.
  - **Collaboration en équipe** : reconnaître la valeur du travail d'équipe pour atteindre des objectifs communs, développer des stratégies de collaboration et utiliser des techniques de communication pour travailler efficacement au sein d'une équipe.
  - **Curiosité et inspiration** : le biomimétisme encourage les élèves à explorer les problèmes du monde réel en imitant les conceptions et les processus de la nature, ce qui rend l'apprentissage plus attrayant.
  - **Esprit critique et pensée systémique** : encourager les élèves à analyser le fonctionnement des systèmes naturels et à appliquer ces principes à la résolution innovante de problèmes.
  - **Apprentissage contextuel** : intégrer la biologie, l'ingénierie, le design et les sciences environnementales pour favoriser les expériences d'apprentissage interdisciplinaires.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Conscience environnementale et réflexion éthique** : encourager l'appréciation de la durabilité, les considérations éthiques et les impacts à long terme des solutions de conception.
- **Pensée conceptuelle** : promouvoir la créativité et les processus de développement itératifs grâce à la résolution de problèmes basée sur le biomimétisme.
- **Communication** : améliorer la capacité à présenter efficacement des idées complexes grâce à l'apprentissage par projet.
- **Résilience et adaptabilité** : s'inspirer de la capacité d'adaptation de la nature pour développer la résilience et la persévérance nécessaires pour surmonter les défis.
- **Compétences techniques** : le biomimétisme favorise le développement de compétences techniques fondamentales, notamment :
  - **Recherche scientifique** : comprendre les méthodologies de recherche fondamentales et développer la capacité à étudier les phénomènes naturels ou sociaux.
  - **Dessin technique** : apprendre les principes fondamentaux et les applications du dessin technique afin de communiquer visuellement et avec précision les fonctions et les constructions.
- **Compétences en matière de durabilité** : le biomimétisme aide les élèves à adopter des habitudes et des comportements durables en :
  - **Sensibilisation** : définir la durabilité et ses aspects clés.
  - **Appliquant la durabilité dans différents contextes** : en comparant et en sélectionnant des activités durables en fonction de contextes spécifiques et dans plusieurs secteurs.
  - **Apprentissage interdisciplinaire** : développer des approches interdisciplinaires de la durabilité.
  - **Communication** : sélectionner des outils de communication pratiques et des méthodes de sensibilisation pour promouvoir la durabilité.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Engagement actif** : encourager les choix durables par l'éducation, la sensibilisation et la communication stratégique.
- **Sensibilité civique** : le biomimétisme renforce également la responsabilité civique en :
  - **Compétences démocratiques** : comprenant les principes démocratiques ainsi que les droits et responsabilités des citoyens.
  - **Engagement civique** : appliquer les principes de l'engagement civique à la vie quotidienne.
  - **Impact communautaire** : analyser les questions sociales, politiques et environnementales qui ont un impact sur les communautés.
  - **Compréhension des politiques** : évaluer les politiques civiques en tenant compte de multiples perspectives et implications sociales.
  - **Inclusivité** : cultiver l'inclusivité et la participation à la vie civique.
  - **Communication dans l'engagement civique** : développer des techniques de communication efficaces pour l'engagement civique et la défense des intérêts.
- **Compétences spécifiques au biomimétisme** : les étudiants qui suivent une formation basée sur le biomimétisme développeront des compétences spécialisées telles que :
  - **Compréhension des systèmes biologiques** : comprendre les processus et les modèles de biomimétisme.
  - **Compréhension des principes fondamentaux du biomimétisme** : expliquer les principes fondamentaux du biomimétisme et comment les processus naturels inspirent les innovations humaines.
  - **Transfert des connaissances dans le monde réel** : appliquer les principes du biomimétisme à des problèmes concrets et analyser des études de cas.
  - **Évaluation des solutions biomimétiques existantes** : identification des forces, des faiblesses et des possibilités d'amélioration.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Compréhension des aspects éthiques** : étudier les considérations éthiques et de durabilité dans les applications du biomimétisme.

L'intégration de ces compétences techniques, civiques, spécifiques au biomimétisme et liées à la durabilité dans le programme d'études permettra aux étudiants de bénéficier d'une formation complète qui les préparera aux exigences en constante évolution du monde du travail et de la société.

#### 4.2.2 Application LET's MIMIC d'approches pédagogiques innovantes

L'approche LET's MIMIC visant à intégrer le PBL et le biomimétisme applique les théories **constructivistes** et **sociales de l'apprentissage**, permettant aux étudiants d'apprendre activement à travers la résolution de problèmes concrets. Le constructivisme est une théorie pédagogique qui prône la synthèse des connaissances plutôt que leur transfert (Papert, 1993). Le constructivisme repose sur le principe selon lequel les étudiants apprennent mieux à travers des approches actives, l'expérimentation et l'exploration. LET's MIMIC va encore plus loin dans cette approche éducative en mettant en œuvre un apprentissage actif grâce à **une conception de processus biomimétique** inspirée de la nature afin de relever les défis complexes du monde moderne.

D'autres approches pédagogiques sont intégrées dans la conception pédagogique de LET's MIMIC, notamment

- **La gamification** : des éléments de jeu sont utilisés dans des contextes autres que le divertissement et dans l'apprentissage afin de favoriser un engagement à long terme (Deterding et al., 2011).
- **Micro-apprentissage** : activités d'apprentissage de petite envergure qui renforcent les connaissances des élèves (Hug, 2005 ; Buchem et al. 2010).
- **Apprentissage expérientiel** : l'engagement des étudiants à travers des expériences directes, telles que des promenades dans la nature ou des visites de sites, peut aider à



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

observer les systèmes biologiques en action. Les projets pratiques permettent aux étudiants d'appliquer leurs connaissances à des défis du monde réel en suivant le paradigme de l'apprentissage expérientiel (Kolb, 1984).

- **Design thinking** : ce processus de développement de l'innovation encourage les élèves à se mettre à la place des utilisateurs, à définir les problèmes, à réfléchir à des solutions et à créer des prototypes. Le design thinking s'aligne bien avec l'approche de résolution de problèmes du biomimétisme (Brown, 2009).
- **Apprentissage par l'enquête** : les élèves explorent des questions et mènent des enquêtes pour trouver des solutions inspirées par la nature. Cette méthode favorise la curiosité et l'apprentissage autonome (Pedaste et al., 2015).
- **Apprentissage par projet** : les élèves travaillent sur des projets à long terme qui traitent de problèmes concrets, en intégrant les principes du biomimétisme dans leurs solutions (Blumenfeld et al., 1991 ; Thomas, 2000).
- **Classe inversée** : en révisant les supports, tels que les vidéos et les lectures, avant le cours, les élèves peuvent utiliser le temps en classe pour des discussions, des activités pratiques et une exploration plus approfondie des concepts du biomimétisme (Bergman et Sams, 2012 ; Bishop et Verleger, 2013).

Ce cadre d'apprentissage intégré favorise le développement des compétences d'autorégulation chez les élèves, telles que :

- La définition d'objectifs.
- La motivation interne.
- L'autosurveillance.
- L'auto-apprentissage.
- Le renforcement personnel.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

Les enseignants peuvent appliquer le cadre d'apprentissage MIMIC de LET pour développer des parcours d'apprentissage actifs, personnalisés et collaboratifs, améliorant ainsi l'engagement des élèves et les résultats scolaires.

#### 4.2.3 Concevoir des activités d'apprentissage avec le biomimétisme

Les activités d'apprentissage pratiques sont essentielles pour susciter l'intérêt des élèves et favoriser une compréhension approfondie des concepts du biomimétisme. Ces activités doivent encourager l'exploration, la créativité et la mise en pratique.

Types d'activités d'apprentissage :

- **Analyses d'études de cas** : présentez aux apprenants des études de cas d'innovations biomimétiques réussies, en les incitant à analyser l'inspiration biologique, le processus de conception et les résultats.
- **Exploration sur le terrain** : organisez des visites dans des environnements naturels où les élèves peuvent observer et documenter les structures et les systèmes biologiques.
- **Défis de conception** : lancez des défis de conception ouverts où les élèves doivent développer une solution à un problème réel en utilisant les principes du biomimétisme.
- **Ateliers de prototypage** : organisez des ateliers où les élèves peuvent créer des prototypes physiques ou numériques de leurs conceptions biomimétiques.
- **Projets collaboratifs** : encouragez le travail d'équipe à travers des projets de groupe qui nécessitent une collaboration interdisciplinaire et une résolution collective des problèmes.
- **Réflexion et journalisation** : intégrez des activités de réflexion où les élèves documentent leur parcours d'apprentissage, leurs observations de la nature et leur développement personnel.

Voici un exemple d'activité d'apprentissage développée à partir d'approches pédagogiques basées sur le biomimétisme :



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

**Titre :** Conception d'un système de filtration de l'eau inspiré de la nature.

**Objectif :** Concevoir un système de filtration de l'eau inspiré des processus naturels (par exemple, les mangroves, les récifs coralliens).

**Étapes :**

- Étudier comment les plantes et les écosystèmes filtrent naturellement l'eau.
- Développer un concept basé sur les principes biologiques observés.
- Créer un prototype et tester son efficacité.
- Présenter les résultats et réfléchir à la durabilité de la solution.

#### 4.3.4 Stratégies d'évaluation

L'évaluation dans le cadre de l'apprentissage basé sur le biomimétisme doit être holistique et porter sur le produit final, le processus et les compétences clés développées. Une combinaison d'évaluations formatives et sommatives garantit une évaluation complète de l'apprentissage des élèves.

Les méthodes d'évaluation peuvent inclure :

- **Rubriques** : élaborez des rubriques détaillées qui évaluent la créativité, la résolution de problèmes, le travail d'équipe, les considérations de durabilité et la précision technique.
- **Portfolios** : encourager les élèves à constituer un portfolio documentant leurs recherches, leur processus de conception, leurs prototypes et leurs réflexions.
- **Présentations** : évaluer les élèves à travers des présentations orales au cours desquelles ils expliquent leurs solutions biomimétiques et justifient leurs choix de conception.
- **Évaluation par les pairs** : intégrer l'évaluation par les pairs afin de favoriser l'apprentissage collaboratif et de fournir des commentaires diversifiés.
- **Auto-évaluation** : permettre aux élèves de réfléchir à leurs performances et à leurs progrès d'apprentissage à l'aide d'outils d'auto-évaluation.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Test et évaluation des prototypes** : évaluez la fonctionnalité, la faisabilité et la durabilité des prototypes développés par les élèves.

Les éléments ci-dessus peuvent être appliqués dans des contextes d'évaluation formative ou sommative, analysés ci-dessous :

- **Évaluation formative** : fournissez des commentaires continus à travers des points de contrôle, des discussions et des révisions de brouillons. Cette approche permet une amélioration continue, permettant aux élèves d'affiner leur travail sur la base de commentaires constructifs. En mettant l'accent sur le processus d'apprentissage plutôt que sur le seul résultat, l'évaluation formative favorise une compréhension plus approfondie et le développement des compétences.
- **Évaluations sommatives** : réaliser des évaluations finales sur la base du projet achevé, de la présentation et du portfolio global.

Compte tenu de l'importance accordée à l'apprentissage itératif et au développement des compétences dans l'enseignement du biomimétisme, les évaluations formatives sont l'approche privilégiée. Cette méthode garantit que les étudiants reçoivent des commentaires en temps utile, ce qui encourage la réflexion, l'adaptation et les progrès continus tout au long du parcours d'apprentissage.

L'évaluation formative peut être soutenue par des outils numériques afin de rendre les commentaires interactifs et attrayants, tels que les suivants :

- Kahoot® : utilisé pour des quiz rapides afin de vérifier la compréhension des concepts de biomimétisme par les élèves.
- Mentimeter® : utilisé pour des sondages en direct ou des nuages de mots afin de recueillir des informations sur les progrès d'apprentissage des élèves.
- Padlet® : permet aux élèves de documenter et de réfléchir à leurs idées de manière collaborative.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- Google® **Docs** et Jamboard® : facilitent les évaluations par les pairs et le brainstorming collaboratif.
- Flip® (anciennement Flipgrid) : utilisé pour encourager les élèves à soumettre de courtes vidéos sur leur processus d'apprentissage.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 5. Approche LET's MIMIC pour la conception de projets de biomimétisme destinés aux élèves

Cette section se concentre sur les étapes pratiques du développement de projets biomimétiques, depuis l'identification des défis jusqu'à la génération de solutions innovantes inspirées par la nature. Elle souligne également l'importance du développement et de la documentation d'études de cas pour améliorer l'apprentissage et le partage des connaissances.

### 5.1 Identification des défis et des problèmes

Une définition claire du défi ou du problème est la base de tout projet biomimétique réussi. L'identification du défi approprié permet aux étudiants d'appliquer efficacement les principes du biomimétisme pour développer des solutions innovantes.

Les étapes pour identifier les défis sont les suivantes :

- **Observer et explorer** : encourager les élèves à explorer leur environnement et à observer les domaines dans lesquels les systèmes créés par l'homme pourraient être améliorés grâce à des solutions inspirées de la nature.
- **Impliquer les parties prenantes** : impliquer les membres de la communauté, les experts du secteur ou d'autres parties prenantes afin d'identifier les défis concrets qui nécessitent des solutions.
- **Mettre l'accent sur la durabilité** : donner la priorité aux défis qui ont un impact environnemental, social ou économique et qui nécessitent des solutions durables.
- **Formuler le problème** : guider les élèves dans la formulation claire et concise du problème afin de définir la question et de définir le contexte pour des solutions basées sur le biomimétisme. Par exemple : « Comment pouvons-nous concevoir des bâtiments



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

écoénergétiques qui régulent naturellement la température, en s'inspirant de systèmes biologiques tels que les termitières ? »

## 5.2 Générer des solutions inspirées du biomimétisme

Une fois le défi identifié, l'étape suivante consiste à générer des solutions inspirées de la nature. Ce processus implique la recherche, la conceptualisation et l'application des principes du biomimétisme (Deldin et Schuknecht, 2014).

Les étapes pour générer une solution comprennent :

- **Rechercher des modèles biologiques** : les élèves doivent rechercher comment la nature relève des défis similaires. Par exemple, étudier comment les feuilles optimisent la capture de la lumière pour la conception de panneaux solaires.
- **Réfléchir et trouver des idées** : animer des séances de brainstorming au cours desquelles les élèves proposent plusieurs solutions basées sur leurs recherches biologiques.
- **Sélectionner et affiner** : fournir aux élèves des commentaires itératifs pour les aider à sélectionner la solution la plus réalisable et la plus efficace et à affiner leurs idées.
- **Prototypage et test** : encouragez les élèves à construire des prototypes, à tester leurs solutions et à les ajuster en fonction des performances et des commentaires. Pendant le prototypage, les élèves peuvent s'inspirer d'exemples tirés de la nature, tels que :
  - Velcro® : inspiré des graines de bardane qui s'accrochent à la fourrure des animaux.
  - **Surfaces autonettoyantes** : inspirées des feuilles de lotus, qui repoussent l'eau et la saleté.
  - **Ventilation économe en énergie** : inspirée des termitières qui régulent la température interne.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

### 5.3 Élaboration et documentation d'études de cas

Il est essentiel de documenter les projets de biomimétisme sous forme d'études de cas pour faciliter l'apprentissage, la réflexion et le partage des connaissances avec un public plus large. Une étude de cas bien documentée met en évidence l'ensemble du processus, de l'identification du problème à la mise en œuvre de la solution et aux résultats (Pawlin, 2011).

Les éléments clés d'une étude de cas sur le biomimétisme comprennent :

- **Introduction et contexte** : présentez le contexte du projet, y compris le défi identifié et son importance.
- **Inspiration biologique** : décrire les systèmes naturels ou les organismes qui ont inspiré la solution, en détaillant leurs caractéristiques et fonctions pertinentes.
- **Processus de conception et de développement** : décrire les étapes de développement de la solution, y compris la recherche, la conceptualisation, le prototypage et les tests.
- **Résultats et impact** : présentez les résultats du projet, y compris l'efficacité de la solution et son impact potentiel.
- **Réflexions et enseignements** : réfléchissez aux succès, aux défis et aux leçons apprises tout au long du projet.
- **Documentation visuelle** : incluez des images, des croquis, des schémas et des prototypes pour illustrer la progression du projet.

Voici un exemple d'étude de cas élaborée à partir d'approches pédagogiques basées sur le biomimétisme :

**Titre** : Système de collecte d'eau inspiré de la nature.

**Objectif** : Concevoir un système de collecte d'eau pour les régions arides.

**Inspiration biologique** : étude du scarabée du désert du Namib, qui recueille l'eau du brouillard à l'aide de sa carapace texturée.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

**Solution** : dispositif de collecte du brouillard dont la surface imite la carapace du scarabée, optimisant ainsi l'efficacité de la capture de l'eau.

**Résultats** : augmentation des taux de collecte d'eau lors des essais sur le terrain par rapport aux méthodes traditionnelles.

- **Réflexions** : idées pour améliorer la scalabilité de la conception et explorer d'autres modèles biologiques en vue d'une amélioration.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 6. Ressources et outils pédagogiques

Pour enseigner efficacement le biomimétisme, il faut tirer parti de méthodes innovantes, d'outils numériques et de stratégies qui encouragent l'apprentissage collaboratif. Cette section fournit aux enseignants des approches pratiques et des ressources pour améliorer l'engagement des élèves et les résultats d'apprentissage.

### 6.1 Ressources et outils numériques courants

Les outils numériques améliorent l'enseignement du biomimétisme en donnant accès à des ressources, en facilitant la collaboration et en soutenant les projets créatifs.

Les outils et ressources essentiels comprennent :

- **Systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS)** : des plateformes telles que Google Classroom ou Moodle permettent d'organiser le contenu des cours, les devoirs et les discussions.
- **Ressources spécifiques au biomimétisme** : des sites web tels que AskNature.org proposent une base de données de stratégies et de solutions biologiques susceptibles d'inspirer les élèves.
- **Logiciels de modélisation 3D** : des outils tels que Tinkercad® ou SketchUp® permettent aux étudiants de créer des prototypes numériques de conceptions inspirées du biomimétisme.
- **Plateformes collaboratives** : des outils tels que Miro®, Trello® et Padlet® permettent le brainstorming, le suivi de projets et le partage d'idées.
- **Vidéo et multimédia** : les vidéos provenant de plateformes telles que YouTube® ou TED Talks® peuvent fournir des explications visuelles et des exemples concrets de biomimétisme.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 6.2 Bases de données et réseaux externes sur le biomimétisme

Le biomimétisme est un mouvement mondial qui dispose de nombreuses ressources pour approfondir ses recherches. Les bases de données et réseaux suivants sont des outils précieux pour accéder à des études de cas sur le biomimétisme, entrer en contact avec des experts et découvrir des innovations inspirées par la nature.

Les principales ressources externes sur le biomimétisme comprennent :

- **AskNature** : une vaste ressource en ligne créée par le Biomimicry Institute. Elle offre une vaste base de données sur les stratégies biologiques que les innovateurs ont traduites en solutions pour relever les défis de la conception. Les enseignants et les élèves peuvent rechercher des innovations inspirées de la nature dans les domaines de l'énergie, des transports, de l'eau et bien d'autres thèmes.  
*Site web* : [www.asknature.org](http://www.asknature.org)
- **Biomimicry Global Network** : un réseau qui met en relation des praticiens, des éducateurs et des étudiants afin qu'ils puissent échanger des idées et des connaissances et collaborer sur des projets. Ce réseau permet aux gens d'apprendre les uns des autres et de développer le mouvement à l'échelle mondiale.  
*Site web* : [www.biomimicry.org](http://www.biomimicry.org)
- **Bioneers Network** : réseau promouvant le pouvoir des solutions basées sur la nature, Bioneers rassemble des individus et des organisations travaillant à la croisée des changements écologiques et sociaux.  
*Site web* : [www.bioneers.org](http://www.bioneers.org)
- **Bases de données locales sur la biodiversité et les écosystèmes** : divers référentiels nationaux et régionaux sur la biodiversité fournissent des informations détaillées sur la faune et la flore locales. Ces ressources peuvent inspirer les étudiants lors de la conception de projets de biomimétisme. Citons par exemple les bases de données



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

européennes et nationales telles que l'Institut européen de bioinformatique et les initiatives régionales de conservation.

- **Laboratoire d'innovation du Biomimicry Institute** : cet espace collaboratif en ligne aide les innovateurs et les éducateurs à se connecter aux solutions offertes par la nature pour relever les défis liés à la conception humaine. Les ressources, les webinaires et le laboratoire d'innovation de l'institut offrent un accès direct à des recherches et des projets de pointe.

*Site web* : [www.biomimicry.org/innovation-lab](http://www.biomimicry.org/innovation-lab)

### 6.3 Portail LET's MIMIC

Le portail LET's MIMIC fournit des informations complètes qui aident les visiteurs à :

- **Concepts de biomimétisme** : Comprendre les étapes du biomimétisme de
- **Conception méthodologique de l'apprentissage LET's MIMIC** : rapports techniques sur la mise en œuvre des projets, y compris les méthodologies.
- **Services et contenus d'apprentissage numériques LET's MIMIC** : accès direct et ouvert à des services numériques pour soutenir le processus d'apprentissage du biomimétisme.
- **Contenu de soutien aux éducateurs LET's MIMIC** : le matériel de soutien comprend un kit d'apprentissage autodirigé, des modules de formation, un manuel sur la plateforme d'apprentissage numérique, etc.
- **Matériel d'information LET's MIMIC** : dépliants et bulletins d'information.
- **Événements et informations de diffusion LET's MIMIC** : événements, publications scientifiques et activités de diffusion, telles que des articles sur Internet, des publications sur les réseaux sociaux, des communiqués de presse, etc.

*Site web* : [letsmimic.eu](http://letsmimic.eu)



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 6.4 Plateforme d'apprentissage numérique LET's MIMIC pour l' biomimétique

**La plateforme d'apprentissage numérique LET's MIMIC pour le biomimétisme** est un espace numérique conçu pour améliorer l'apprentissage grâce à **la méthodologie de conception de processus biomimétiques LET's MIMIC** (rapport technique LET's MIMIC D2.1 PARTIE B – Cadre d'apprentissage par projet pour la conception de processus biomimétiques, 2025). La plateforme numérique offre un environnement collaboratif où les étudiants et les enseignants de l'EPF peuvent explorer **des parcours d'apprentissage basés sur les problèmes et l'autorégulation (SRL-P)**.

Les principales caractéristiques et composantes de la plateforme sont les suivantes

- **Module de micro-apprentissage** : ce module propose des unités d'apprentissage courtes et ciblées qui permettent aux apprenants de suivre une formation à leur convenance, favorisant ainsi des expériences d'apprentissage personnalisées et flexibles.
- **Module d'apprentissage autorégulé** : ce module propose un contenu adapté aux objectifs individuels, permettant aux étudiants de définir leurs propres parcours d'apprentissage à travers des défis ludiques.
- **Module de travail d'équipe** : ce module est un espace collaboratif qui encourage l'interaction, le partage d'idées et la réflexion de haut niveau à travers des activités de groupe.
- **Module de ludification** : la ludification comprend des fonctionnalités telles que des points, des badges et des classements pour motiver et impliquer les étudiants.
- **Module d'évaluation** : ce module suit les progrès et fournit des commentaires pour aider les étudiants à améliorer leurs performances.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 6.5 Kit d'apprentissage autodirigé LET's MIMIC

Le développement de défis éducatifs et d'études de cas est la pierre angulaire de cette activité, qui est documentée dans un document complet présentant une collection de cas traités par le biomimétisme et des cas ouverts à utiliser en classe (rapport technique LET's MIMIC D3.2 Kit d'apprentissage autodirigé, 2025). Ce kit comprend :

- **Des études de cas pédagogiques pour les compétences du XXI<sup>e</sup> siècle** : un ensemble complet de 60 études de cas basées sur des problèmes réels. Ces défis renforcent les compétences essentielles, notamment la résolution de problèmes, la pensée analytique, la pensée créative, la maîtrise des TIC et les approches interdisciplinaires des matières STEM.
- **Une banque de ressources sur les solutions inspirées du biomimétisme** : un répertoire sélectionné de 60 solutions inspirées du biomimétisme adaptées à l'âge et au niveau de connaissances des apprenants de l'EFP. Ces solutions aident les étudiants à établir des parallèles entre les systèmes naturels et les défis humains, en appliquant le biomimétisme pour innover. Les solutions abordent les études de cas mentionnées ci-dessus. Il existe une correspondance biunivoque entre les défis d'apprentissage et les solutions inspirées du biomimétisme.
- **Une collection de défis ouverts pouvant être relevés grâce au biomimétisme** : les défis suivent un format similaire à celui des études de cas, mais sont ouverts, sans solution fournie. Ils sont destinés à être utilisés directement en classe par les enseignants et conçus pour être abordés de manière par les élèves en équipes dans le cadre d'une innovation basée sur le biomimétisme. Les enseignants peuvent également les utiliser comme référence pour structurer des activités supplémentaires pour les élèves.

Les études de cas et les défis ont été conçus pour être intégrés à la plateforme d'apprentissage numérique MIMIC de LET et utilisés dans un environnement numérique hautement interactif et engageant. Cependant, ils peuvent également être utilisés hors ligne si nécessaire. En



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

s'engageant dans ce processus, les apprenants acquièrent des compétences en matière de durabilité et développent une compréhension plus approfondie des principes du biomimétisme et de leur application pratique.

## 6.6 Modules de formation LET's MIMIC

Les modules de formation LET's MIMIC constituent des activités complètes de bout en bout axées sur chaque étape du biomimétisme : définir, biologiser, découvrir, abstraire, imiter et évaluer. Ils intègrent le contenu du kit d'apprentissage autodirigé LET's MIMIC et du contenu supplémentaire organisé de manière à ce que les enseignants puissent l'utiliser directement en classe.

Les modules de formation constituent une ressource d'apprentissage supplémentaire pour les enseignants, qui les aide à développer les connaissances et les compétences des élèves en matière de conception biomimétique.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 7. Recommandations de mise en œuvre dans les contextes locaux

L'intégration du biomimétisme dans l'enseignement et la formation professionnels nécessite des stratégies de mise en œuvre réfléchies, des adaptations locales et un soutien solide de la part des enseignants. Cette section présente des approches pratiques pour aider les enseignants à déployer efficacement le contenu du manuel et à en évaluer l'impact.

### 7.1 Adapter le manuel aux contextes locaux

Chaque environnement éducatif a des besoins uniques, et l'adaptation du matériel pédagogique sur le biomimétisme aux contextes locaux garantit sa pertinence et son efficacité.

Les principales stratégies d'adaptation aux contextes locaux comprennent (Maccioni et al., 2024) :

- **Comprendre les défis locaux** : identifier les défis environnementaux ou sociétaux régionaux qui peuvent être relevés grâce à des projets inspirés du biomimétisme. Par exemple, les solutions à la pénurie d'eau pourraient être plus pertinentes dans les régions arides.
- **Intégrer la biodiversité locale** : mettre l'accent sur la faune et la flore locales dans le matériel pédagogique, afin d'aider les élèves à se familiariser avec leur environnement immédiat.
- **Pertinence linguistique et culturelle** : traduire ou modifier le contenu afin de refléter les langues locales, les références culturelles et les pratiques pédagogiques.
- **Implication des parties prenantes** : collaborer avec les industries locales, les organisations environnementales et les parties prenantes de la communauté afin d'aligner les projets de biomimétisme sur les besoins du monde réel.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 7.2 Formation et soutien des enseignants

Les enseignants ont besoin d'une formation et d'un soutien continu pour dispenser le contenu sur le biomimétisme et faciliter l'engagement des élèves en toute confiance (Schunk et Mullen, 2013).

Les stratégies de formation et de soutien des enseignants comprennent :

- **Ateliers et séminaires** : organiser des sessions de formation sur les concepts du biomimétisme, les méthodes d'enseignement et les approches d'apprentissage par projet.
- **Programmes de mentorat** : mettre en relation les enseignants avec des experts en biomimétisme ou des éducateurs expérimentés qui peuvent leur fournir des conseils et leur faire part des meilleures pratiques.
- **Bibliothèques de ressources** : développer un référentiel de supports pédagogiques, de plans de cours et d'études de cas facilement accessibles et consultables.
- **Réseaux d'apprentissage entre pairs** : créez des forums ou des groupes où les enseignants peuvent partager leurs expériences, leurs défis et leurs solutions.
- **Développement professionnel continu** : offrez des possibilités d'apprentissage continu par le biais de webinaires, de cours en ligne et de conférences axés sur le biomimétisme et les pratiques pédagogiques innovantes.

## 7.3 Suivi et évaluation

Il est essentiel de suivre et d'évaluer l'efficacité de l'enseignement du biomimétisme afin de s'assurer que les objectifs d'apprentissage sont atteints et d'identifier les domaines à améliorer (Jituafua, 2024).

Les techniques de suivi et d'évaluation de l'efficacité d'une intervention d'apprentissage du biomimétisme comprennent :



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

- **Évaluations des étudiants** : les évaluations formatives peuvent aider à mesurer la compréhension et l'application des principes du biomimétisme par les étudiants, garantissant ainsi un retour d'information et une amélioration continue tout au long du processus d'apprentissage. Les évaluations sommatives peuvent être utilisées de manière sélective pour évaluer les projets ou présentations finaux.
- **Résultats des projets** : évaluer la qualité et l'impact des projets des élèves, en mettant l'accent sur la créativité, l'innovation et l'applicabilité dans le monde réel.
- **Mécanismes de retour d'information** : recueillir les commentaires des étudiants, des enseignants et des parties prenantes afin de comprendre leurs expériences et d'identifier les défis à relever.
- **Études d'impact** : réalisation d'études pour mesurer l'impact à long terme de l'enseignement du biomimétisme sur les compétences des élèves, leurs choix de carrière et leurs contributions à la durabilité.
- **Amélioration continue** : utiliser les données d'évaluation pour affiner le matériel pédagogique, les méthodologies et les systèmes de soutien, afin de garantir leur pertinence et leur efficacité.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## 8. Lectures et recherches complémentaires

Pour les enseignants, les étudiants et les chercheurs qui souhaitent approfondir leurs connaissances dans le domaine du biomimétisme, les livres, articles et ressources en ligne suivants sont indispensables :

Livres recommandés :

- **Biomimicry: Innovation Inspired by Nature**, par Janine Benyus  
Cet ouvrage révolutionnaire présente les principes du biomimétisme et montre comment l'innovation inspirée par la nature peut résoudre certains des défis les plus urgents de notre époque.  
*Éditeur : HarperCollins*
- **Design for Life: The Architecture of the Natural World**, par Sim Van der Ryn  
Axé sur la conception écologique, cet ouvrage explore comment les systèmes et les organismes naturels peuvent guider la conception durable dans l'architecture et au-delà.  
*Éditeur : Greenleaf Publishing*
- **Nature of Technology: What It Is and How It Evolves**, par W. Brian Arthur  
Une exploration de l'évolution technologique et de la manière dont les processus naturels peuvent se refléter dans les progrès technologiques.  
*Éditeur : Free Press*



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## Conclusions

Ce document présente une méthodologie destinée à aider les enseignants à concevoir et à intégrer dans leur enseignement des pratiques biomimétiques inspirées de la nature, en mettant l'accent sur l'enseignement et la formation professionnels. Il s'agit d'un manuel auquel les enseignants peuvent se référer pour trouver l'inspiration sur les méthodologies d'apprentissage biomimétiques et intégrer le biomimétisme dans les pratiques d'apprentissage actives et expérientielles existantes, en particulier celles basées sur les problèmes et les projets. Le document fournit en outre des étapes qui guident les enseignants dans la conception d'activités biomimétiques pour les élèves. Il décrit les ressources numériques d'accompagnement, développées à la fois par le projet LET's MIMIC et par des organismes externes, telles que les bases de données et les réseaux biomimétiques. Ce document constitue une ressource précieuse pour enrichir les pratiques d'EFP grâce au biomimétisme et développer les compétences des élèves en matière d'innovation et de durabilité.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

## Références

1. Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Harper Perennial.
2. Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. International Society for Technology in Education (ISTE).
3. Bhushan, B. (2009). *Biomimétique : leçons tirées de la nature – aperçu général*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1893), 1445–1486.
4. Biomimicry Institute (2017). En ligne à l'adresse : <http://biomimicry.org>.
5. Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). *La classe inversée : une étude de la recherche*. Dans 120e conférence annuelle et exposition de l'ASEE (pp. 23.1200.1–23.1200.18). American Society for Engineering Education. En ligne à l'adresse : <https://peer.asee.org/22585>.
6. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). *Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning*. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369–398. En ligne à l'adresse : <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
7. Cet article fournit une définition fondamentale de l'apprentissage par projet, en mettant l'accent sur la recherche menée par les élèves, la pertinence dans le monde réel et l'engagement soutenu dans des projets significatifs.
8. Brown, T. (2009). *Change by Design : Comment la pensée conceptuelle crée de nouvelles alternatives pour les entreprises et la société*. Harper Business.
9. Buchem, I., & Hamelmann, H. (2010). *Microlearning : une stratégie pour le développement professionnel continu*. *eLearning Papers*, 21, 1-15.
10. Deldin, J.-M., & Schuknecht, M. (2014). *La base de données AskNature : des solutions pour la conception biomimétique*. Dans A. K. Goel, D. A. McAdams, & R. B. Stone (Eds.),



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

*Conception inspirée de la biologie : méthodes et outils computationnels* (pp. 17–27). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5248-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5248-4_2)

11. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *From game design elements to gamefulness: Defining « gamification »*. Actes de la 15e conférence internationale MindTrek, 9–15. ACM. En ligne à l'adresse : <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.
12. El-Zeiny, R. M. A. (2012). *Le biomimétisme comme méthodologie de résolution de problèmes en architecture d'intérieur*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 50, 502–512.
13. Hmelo-Silver, C. E. (2004). *Apprentissage par problèmes : qu'apprennent les élèves et comment ?* *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
14. Hug, T. (2005). Micro-apprentissage et narration : exploration des possibilités d'utilisation des narrations et des récits pour la conception de « micro-unités » et d'arrangements didactiques de micro-apprentissage. Dans les actes de la 4e conférence internationale sur les médias dans l'éducation.
15. Jituafua, A. (2024). *Programme de développement professionnel basé sur le biomimétisme pour améliorer la créativité des projets STEM des enseignants en sciences*. *Journal of Turkish Science Education*, 21(4), 705–722. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1457788.pdf>.
16. Kennedy, E. B., Marting, L., & Bai, Y. (2015). *La voie vers le biomimétisme : exploration du processus de recherche de stratégies biologiques pour des solutions durables*. *Sustainability*, 7(1), 566–579.
17. Kolb, D. A. (1984). *Apprentissage par l'expérience : l'expérience comme source d'apprentissage et de développement*. Prentice Hall.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

18. Rapport technique du projet LET's MIMIC, *Matrice des acquis d'apprentissage pour les compétences en matière de durabilité dans l'EFP* (2025). En ligne à l'adresse : <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
19. Rapport technique du projet LET's MIMIC, *Cadre d'apprentissage par projet pour la conception de processus biomimétiques* (2025). Disponible en ligne à l'adresse : <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
20. Maccioni, S., d'Angella, F., De Carlo, M., & Sfogliarini, B. (2024). *Engagement des parties prenantes et déclencheurs du développement durable dans les écosystèmes complexes et fragiles : preuves issues de la région alpine du Trentin*. Sustainability, 16(22), 9879. <https://doi.org/10.3390/su16229879>
21. Mejía-Villa, A., Cabra, J. F., & Osman, S. (2023). *Formation à la durabilité grâce au biomimétisme et aux processus créatifs de résolution de problèmes*. Journal of Cleaner Production, 382, 135287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135287> (Le biomimétisme comme modèle pour la formation à la durabilité).
22. Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023). *Leçons de biomimétisme pour l'enseignement et l'apprentissage dans l'enseignement supérieur*. Dans M. Makua et al. (Eds.), *Actes de la 10e conférence Focus (TFC 2023)* (pp. 125-134). Atlantis Press. [https://doi.org/10.2991/978-2-38476-134-0\\_12](https://doi.org/10.2991/978-2-38476-134-0_12)
23. Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in architecture*. RIBA Publishing.
24. Papert, S. (1993). *Mindstorms : Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
25. Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). *Phases de l'apprentissage par l'enquête : définitions et cycle d'enquête*. Educational Research Review, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
26. Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*. RIBA Publishing.



Co-funded by  
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

27. Schunk, D. H., & Mullen, C. A. (2013). *Vers un modèle conceptuel de la recherche sur le mentorat : intégration avec l'apprentissage autodirigé*. *Revue de psychologie de l'éducation*, 25(3), 361–389. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9233-3>.
28. Thomas, J. W. (2000). *Une revue de la recherche sur l'apprentissage par projet*. La Fondation Autodesk.
29. Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). *Biomimétique : pratique et théorie*. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471–482.



**Co-funded by  
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour

l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.