



**cité**

**sciences  
et industrie**

# BIO-INSPIRÉE

Ouverture le 18 septembre 2020  
Enseignants de cycle 3, cycle 4 et lycée



Département  ducation et Formation  
[educ-formation@universcience.fr](mailto:educ-formation@universcience.fr)

2020

# Sommaire

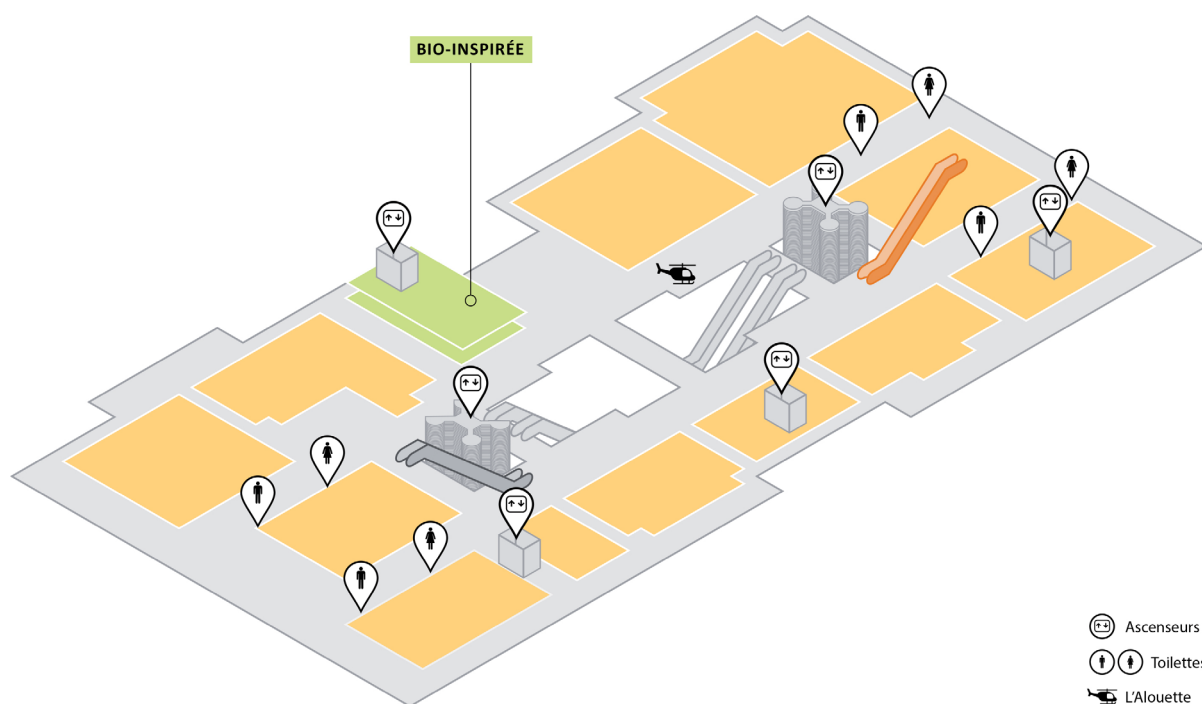
<b>I</b>	<b>L'exposition permanente <i>Bio-inspirée</i></b>	
	I.1	Situation et plans 3
	I.2	Présentation 4
	I.3	Contenu
	I.3.1	L'entrée 6
	I.3.2	La vie, fonctionnements choisis 6
	I.3.3	La voie de la bio-inspiration 18
	I.3.4	L'espace <i>dialogues</i> 26
	I.3.5	Atterrir 30
<b>II</b>	<b>Médiations scientifiques au sein du BioLab</b>	<b>32</b>
<b>III</b>	<b>Activités et formations proposées par le département Éducation et Formation</b>	<b>34</b>
<b>IV</b>	<b>Ressources</b>	
	IV.1	Éditions 35
	IV.2	Conférences 36
	IV.3	Week-end Bio'Inspiration 37
	IV.4	Sitographie
	IV.4.1	Sur le blob 37
	IV.4.2	Ailleurs 38
	IV.5	Bibliographie 39
	IV.6	Activités pour la classe
	IV.6.1	Module destiné à la fin du cycle 4 49
	IV.6.2	Thèmes à explorer dans le cadre d'exposés ou d'EPI 50
	IV.6.3	Liens avec les thèmes scolaires des cycle 3 et 4 et pistes d'activités par matière 52
<b>V</b>	<b>Informations pratiques</b>	<b>61</b>

La section IV.6.3 a été conçue par Omar Rami, professeur relais à Universcience et responsable du MEEF 1<sup>re</sup> année parcours CAPLP STI à l'INSPÉ de l'UPEC, site de Saint-Denis.

# I L'exposition permanente *Bio-inspirée*

## I.1 Situation et plans

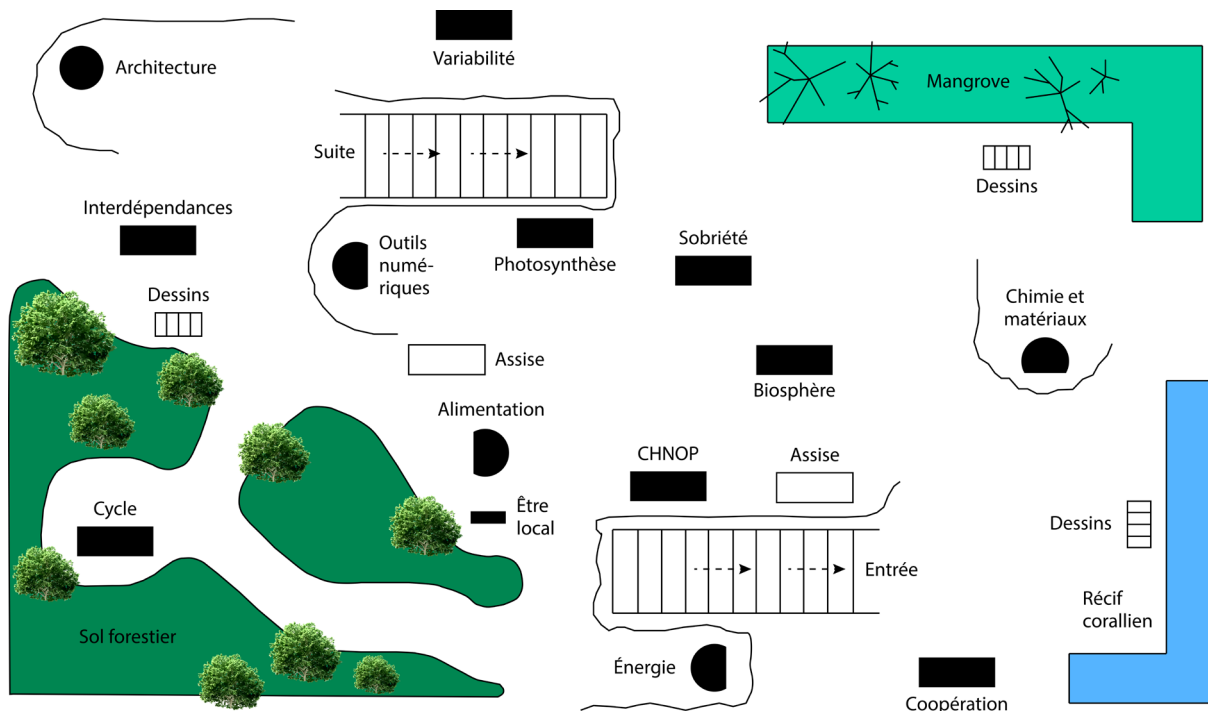
Prenant place aux niveaux 1 et 2, dans la serre de la Cité des sciences et de l'industrie, l'exposition permanente *Bio-inspirée* occupe une surface totale de 800 m<sup>2</sup>. Elle est présentée en trois langues : français, anglais et espagnol.



Situation générale de l'exposition *Bio-inspirée* dans le niveau 1 de la Cité des sciences et de l'industrie.

Cette exposition s'inscrit dans la ligne éditoriale « Attention, science fraîche ! ». Cette ligne de programmation regroupe des expositions qui présentent des avancées scientifiques et leurs impacts, qu'elles concernent le monde physique ou le vivant. Elle s'intéresse à tout sujet scientifique pourvu qu'il apporte des connaissances nouvelles intéressantes.

Le plan en page suivante est celui de la serre, aménagée pour l'exposition *Bio-inspirée*.



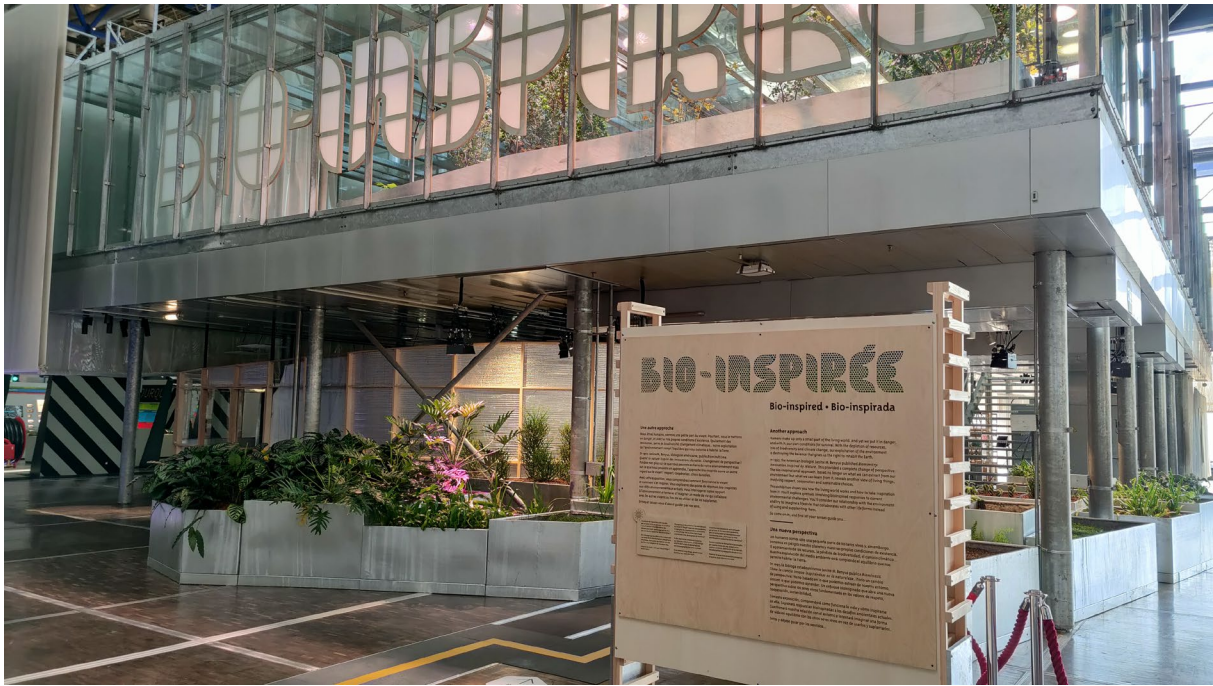
Exposition *Bio-inspirée*, plan de la serre.

## I.2 Présentation

### Une exposition entre science, philosophie et innovation

D'après le dictionnaire Larousse, le biomimétisme est une « démarche d'innovation durable qui consiste à transférer et à adapter à l'espèce humaine les solutions déjà élaborées par la nature ». Cette définition résume le propos de la nouvelle exposition permanente *Bio-inspirée*. Celle-ci propose un cheminement philosophique interrogeant notre rapport intime à la nature en faisant notamment appel aux sens des élèves et à leurs émotions. Elle apporte non seulement des connaissances fondamentales mais permet également une découverte d'innovations technologiques susceptibles d'offrir une alternative à l'usage problématique des énergies fossiles, des métaux, de la thermo-industrie et de la compétitivité destructrice. En remettant l'humain « à sa place », vivant et humble vis-à-vis de la longue histoire du vivant, elle incite l'élève à penser différemment.

Aujourd'hui, le biomimétisme, pour trouver des solutions durables et vraiment compatibles avec la vie, s'intéresse aux modes de production des matériaux et aux modes d'organisations écosystémiques. Cette approche encourage la coopération entre humains, mais aussi entre les humains et les autres espèces. Elle pose aussi la question de la résilience de nos sociétés face au tournant sociétal majeur que constitue la sortie de la dépendance aux combustibles fossiles. Cela pourra difficilement se passer d'une remise en question de nos modes de vie et de consommation, tout comme de nos perceptions et nos relations aux autres espèces et à la biosphère.



Les objectifs de l'exposition sont :

1. Montrer que la recherche en bio-inspiration ouvre une voie potentiellement riche pour se nourrir, produire et vivre mieux en accord avec la Terre ;
2. Revisiter les fondamentaux du fonctionnement du vivant ;
3. Interroger notre rapport au vivant et à la notion de « nature » dans différentes sociétés.

Elle est constituée de cinq parties :

- « L'entrée » ;
- « La vie, fonctionnements choisis » ;
- « La voie de la bio-inspiration » ;
- « L'espace *dialogues* » ;
- « Atterrir ».

« La vie, fonctionnements choisis » et « la voie de la bio-inspiration » prennent place au niveau 2. L'espace *dialogues*, « atterrir » et le BioLab (dont nous reparlerons plus avant) se trouvent au niveau 1.

## I.3 Contenu

### I.3.1 L'entrée

Objectif : emmener et inclure l'élève dans une dimension sensible du monde vivant. Lui faire ressentir, par la voie des sens, l'urgence face aux enjeux environnementaux actuels.

Propos : nous sommes vivants parmi les vivants, sur la planète Terre. Mais la planète a ses limites et si l'homme perturbe les équilibres en place, il menace la viabilité des êtres vivants. Vivants, donc ! Et le rester, alors que tous les indicateurs – climat, pollution, biodiversité, réserves des ressources pétrolifères et minérales, sols arables disponibles, inégalités, démographie – sont au rouge !

Description : l'entrée dans l'exposition plonge l'élève dans le vivant, au cœur d'un chemin fait de végétaux et de sons en interaction avec lui. Dans un premier temps, un espace de circulation fluide l'emmène vers la serre et l'escalier, dans une ambiance faisant appel à la rêverie et au bien-être, lié à la présence d'éléments naturels. Dans un second temps, cet état est perturbé par une « douche froide », au niveau de la montée d'escalier. Cet espace est sonorisé par un battement de cœur qui s'intensifie et d'autres sons analogiques de type métallique, jusqu'à provoquer un inconfort.

L'arrivée dans la serre propose un passage plus calme de « décompression ».

### I.3.2 La vie, fonctionnements choisis

L'observation du vivant a permis d'identifier des fonctionnements communs à tous les animaux, végétaux ou micro-organismes. Ils constituent le socle d'une vie en équilibre ancrée dans un environnement, la planète Terre. Les connaître et les comprendre nous révèle à quel point nous – humains et non humains – sommes à la fois interdépendants et dépendants des conditions de vie présentes sur notre planète, c'est-à-dire d'une planète viable. Cette interdépendance s'exprime intrinsèquement dans chacun des fonctionnements du vivant mais aussi de façon transversale, les connectant les uns aux autres.

#### Espace et principes

- La serre

Dans la serre, ouvrage architectural réalisé par Dominique Perrault en 1997, l'élève endosse le rôle du curieux qui cherche et trouve des réponses. Les ressorts de visite sont l'observation et l'exploration. La serre présente trois écosystèmes différents : un récif corallien et son bioréacteur à macro-algues, une mangrove ainsi qu'un sol forestier et son jardin en permaculture. Chaque écosystème dispose d'une « planche naturaliste » illustrée par un dessinateur naturaliste et présentant huit à dix des espèces qui s'y trouvent.

✓ Le récif corallien

Dans un aquarium de près de 3 500 litres d'eau de mer, environ 40 espèces de poissons et de coraux différents cohabitent. Les coraux sont issus d'élevage pour limiter le prélèvement dans le milieu naturel. Un réacteur à macro-algues est mis en place en plus de la filtration mécanique et biologique. Tout comme la mangrove, le système fonctionne sur le principe de la phyto-épuration et de l'aquaponie. Les poissons par leur déjection nourrissent les algues, les algues nettoient l'eau.



✓ La mangrove *(Pour des raisons techniques, la vasière ne sera prête qu'en fin d'année)*

Le deuxième écosystème est composé de palétuviers\*, poissons et crabes. Il fonctionne comme un circuit en aquaponie\*. Deux cuves (un aquarium de 4 mètres de longueur et 1 mètre 50 de profondeur et une vasière\* de 8 mètres de longueur et 2 mètres de large) sont liées par un système de marée. L'eau des poissons, chargée de leurs excréments, déborde dans la vasière où se trouvent les palétuviers avant de revenir dans l'aquarium initial. Les déjections des poissons nourrissent les palétuviers et ceux-ci filtrent l'eau pour les poissons, un véritable cercle vertueux.

\* Palétuviers : arbres ou arbustes tropicaux appartenant à diverses espèces d'angiospermes, capables de prospérer le long des rivages marins dans la zone de balancement des marées. Ils se caractérisent par des racines aériennes formant des arceaux ou des racines pneumatophores sortant de la vase, et par des graines qui germent sur l'arbre en donnant une radicule en forme de flèche qui se fiche fortement dans la vase.

\* Aquaponie : système qui unit la culture de plantes et l'élevage de poissons ; les plantes sont parfois cultivées sur des billes d'argile, pouvant être irriguées en circuit fermé par de l'eau provenant d'aquarium où sont élevés les poissons. Des bactéries aérobies issues du substrat transforment l'ammoniaque contenue dans les urines et déjections des poissons en

nutriments (nitrates notamment), directement assimilables par la végétation. L'eau purifiée retourne ensuite dans l'aquarium.

\* Vasière : habitat littoral, estuarien ou sous-marin ou d'eau douce constitué de matériaux sédimentés fins non sableux. Pour installer la vasière de l'exposition, il a été nécessaire d'apporter cinq tonnes de sable spécifique.

✓ Le sol forestier et son jardin en permaculture

L'écosystème forestier représente ici environ 45 m<sup>2</sup>, dont 15 m<sup>3</sup> d'humus échantillonnés en forêt d'Île-de-France, sur une dizaine de parcelles différentes. Sur ce sol composé de feuillage et de bois en décomposition, une soixantaine de plantes et mousses se développent et évoluent au fil du temps. Enrichi naturellement, l'écosystème est sans apport d'engrais ou pesticide, des insectes tels que les coccinelles seront lâchés dans la serre afin de lutter contre les maladies et parasites.



- Le vivant acteur de l'exposition

Le vivant est l'élément star de la serre : les outils de médiations de contenus des « fonctionnements choisis » s'effacent autant que possible en utilisant des interfaces minimales. Chaque « fonctionnement », choisi dans le but général d'établir le cahier des charges du biomimétisme, est traité via un dispositif muséographique interactif, minimisant si possible l'usage du numérique, de l'électronique et de la motorisation et/ou proposant une observation expérimentale et directe du vivant via des instruments de mesures ou de visionnage.



Neuf fonctionnements du vivant sont exposés :

- « La coopération (*Une autre loi de la jungle*) » ;
- « CHNOP (*Quelques atomes pour une infinité de molécules*) » ;
- « La biosphère (*La vie a besoin de la vie*) » ;
- « La variabilité (*Un atout pour la résilience*) » ;
- « La photosynthèse (*Branché sur le Soleil*) » ;
- « La sobriété (*Multifonctionnalité et juste nécessaire*) » ;
- « Les cycles (*La mort nourrit la vie*) » ;
- « L'ajustement au local » ;
- « L'interdépendance ».

### 1. La coopération (*Une autre loi de la jungle*)

#### Objectifs

- 1 – Montrer que la coopération est un phénomène fréquent et nécessaire dans le monde du vivant.
- 2 – Montrer l'étendue de ce phénomène (des bactéries aux humains).

Type de dispositif : vivant / manip

Propos : la coopération peut prendre de multiples formes d'interactions, de la symbiose au commensalisme, un terme désignant l'association d'organismes d'espèces différentes, profitable pour l'un d'eux et sans danger pour l'autre. Elle permet de mieux se reproduire, mieux se protéger, mieux se nourrir, mieux innover, etc. Une des réponses à la compétition biologique qui s'exerce sur les êtres vivants réside dans leur capacité à échanger des informations, de l'énergie ou de la matière, à coopérer, à créer des symbioses et des liens donnant/donnant avec les autres. Ainsi, la coopération sous toutes ses formes nous environne, à commencer par les relations symbiotiques que le corps humain entretient avec les innombrables bactéries constituant son microbiote.

#### Scénario

- 1 – L'élève observe le récif corallien, coopération exemplaire présentée dans la serre.
- 2 – Un jeu d'association lui est proposé. Il doit trouver la fonction que permet la relation entre deux organismes vivants. Ex. : pollinisation, transport des graines, défense, fourniture de sucres, fixation de l'azote, reproduction, nourriture, etc. Il s'initie ainsi également aux différentes formes de relations inter-espèces pouvant exister.

#### Description

1 – Le corail est un animal de l'embranchement des cnidaires qui s'associe par symbiose à des végétaux unicellulaires, les zooxanthelles, et à des bactéries fixatrices d'azote. Mis à disposition des élèves, on peut voir et toucher des morceaux de corail morts (blancs car ils ne possèdent plus de zooxanthelles) et observer une photographie prise au microscope permettant de voir des zooxanthelles fixées sur lame.

2 – Des disques imprimés présentent des couples d'organismes en interrelation (ex. : homme et la levure *Candida albicans* ; pois et bactérie fixatrice d'azote, fleur et papillon, requin et labre nettoyeur, éléphant et arbre...). Est également précisé le type de relation : mutualisme, symbiose, coexistence, commensalisme. L'élève doit mettre en correspondance une interrelation avec sa fonction.

## 2. CHNOP (Quelques atomes pour une infinité de molécules)

### Objectifs

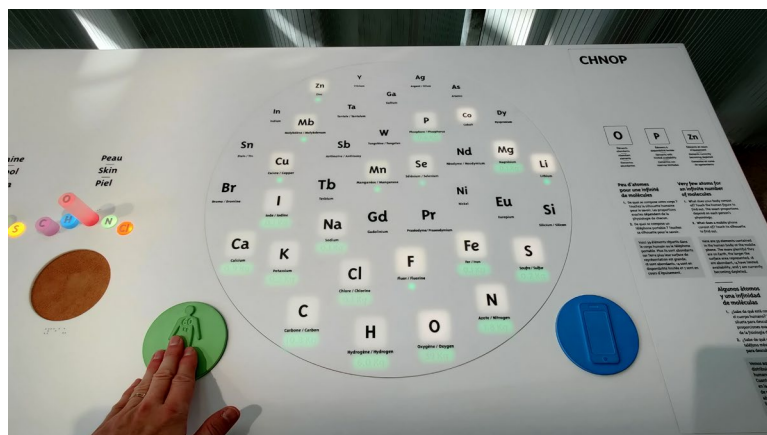
- 1 – Montrer que tout le vivant est constitué des mêmes atomes et que cette « recette » de base est finalement simple et implique un petit nombre d'atomes différents : C, H, N, O, P.
- 2 – Montrer que ces atomes sont abondants, non toxiques, biodégradables.

Type de dispositif : manip

Propos : plus de 96 % de la matière vivante est issue de l'assemblage d'atomes de carbone (C), hydrogène (H), azote (N), oxygène (O), et phosphore (P) plus une pincée d'atomes supplémentaires. Vingt éléments suffisent pour couvrir tous les besoins de la vie sur Terre. Ces éléments « de base » sont abondants, pas ou peu toxiques et recyclables. Les 98 autres éléments du tableau de Mendeleïev, rares et/ou toxiques et difficilement assimilables, non utilisés dans le vivant, ont presque tous été utilisés par les humains. Un même « filtrage » se retrouve au niveau des molécules, dont certaines familles sont « proscrites » par l'évolution (comme les organochlorés, des composés organiques de synthèse comportant au moins un atome de chlore). À noter : le pétrole, lui aussi CHNOP, est le résultat de millions d'années de transformation de matières organiques.

### Scénario

- 1 – l'élève touche des matières organiques inertes (bois, peau, nacre, laine) et révèle alors les proportions des atomes CHNOP correspondant à la composition de la matière.
- 2 – L'élève découvre les éléments CHNOP qui constituent son corps et la masse des éléments du vivant en quantité infimes autres que CHNOP. Il peut ensuite toucher la silhouette d'un téléphone portable pour obtenir sa composition.



## Description

1 – Sur un socle sont disposées différentes matières organiques, réelles et touchables. Un système de rétroéclairage révèle un graphisme en relief avec des textures différentes montrant les proportions de chacun des atomes principaux présents dans la matière organique exposée. Les matières sont le bois, la laine, de la peau et de la nacre.

2 – En touchant un moulage représentant une silhouette humaine, le visiteur révèle un système d’affichage des proportions en oxygène, carbone, hydrogène, etc. à l’emplacement de ces éléments disposés sur le plateau.

3 – Une silhouette de téléphone portable permet de révéler les constituants de celui-ci, soit hydrogène, lithium (Li), béryllium (Be), bore (B), carbone, azote, oxygène, fluor (F), magnésium (Mg), aluminium (Al), silicium (Si), phosphore, soufre (S), chlore (Cl), potassium (K), titane (Ti), chrome (Cr), manganèse (Mn), fer (Fe), cobalt (Co), nickel (Ni), cuivre (Cu), zinc (Zn), gallium (Ga), arsenic (As), brome (Br), strontium (Sr), yttrium (Y), zirconium (Zr), molybdène (Mo), ruthénium (Ru), palladium (Pd), argent (Ag), indium (In), étain (Sn), antimoine (Sb), baryum (Ba), tantale (Ta), tungstène (W), platine (Pt), or (Au), plomb (Pb), et bismuth (Bi). Les éléments sont présentés différemment selon leur abondance sur Terre.

### 3. Biosphère (*La vie a besoin de la vie*)

Objectif : montrer que la vie a besoin de conditions biogéochimiques particulières pour pouvoir se maintenir sur Terre, conditions qu’elle participe elle-même à entretenir (dit autrement, montrer en quoi les limites planétaires identifiées sont nécessaires au maintien de la vie et vice-versa).

Type de dispositif : manip

Propos : à l’échelle de la planète, la vie a besoin de certaines conditions biogéochimiques pour se maintenir et l’ensemble du vivant, la biosphère, influence les conditions biogéochimiques terrestres : la vie crée les conditions de la vie. Proposé en 2009 par une équipe internationale de chercheurs, adopté en 2012 par les Nations Unies, le concept des « seuils (ou limites) planétaires » identifie neuf seuils, parties d’un système interdépendant global, à surveiller de près. Aujourd’hui, le niveau de quatre de ces seuils se trouve déjà au-delà d’une limite viable : concentration en dioxyde de carbone, érosion de la biodiversité, perturbation des cycles de l’azote et du phosphore et artificialisation des terres. Les niveaux de l’acidification des océans, de l’utilisation des terres, du changement climatique, des nutriments (phosphore et azote) et de l’eau ont des impacts importants sur la biodiversité. Et rétroactivement, la diminution de la biodiversité peut avoir d’importantes répercussions sur ces niveaux. Dans tous les cas, il existe des phénomènes de rétroaction positive : plus ça va mal et... plus ça va mal. Par exemple, la réduction de la biomasse phytoplanctonique polaire, par suite du réchauffement climatique, diminue la capacité de l’océan à fixer le dioxyde de carbone et augmente les effets du changement climatique !

Scénario : en posant et maintenant sa main sur un moulage, l’élève augmente virtuellement un effet ayant des conséquences sur les seuils planétaires et visualise l’effet sur la biodiversité via un système lumineux sur la table. Il comprend ainsi l’importance des

interactions et des effets rétroactifs entre intégrité de la biosphère (quantité et intégrité de biodiversité) et les autres limites planétaires.



#### 4. La variabilité (*Un atout pour la résilience*)

##### Objectifs

- 1 – Montrer la diversité du monde vivant.
- 2 – Montrer les avantages de la diversité.

Type de dispositif : manip

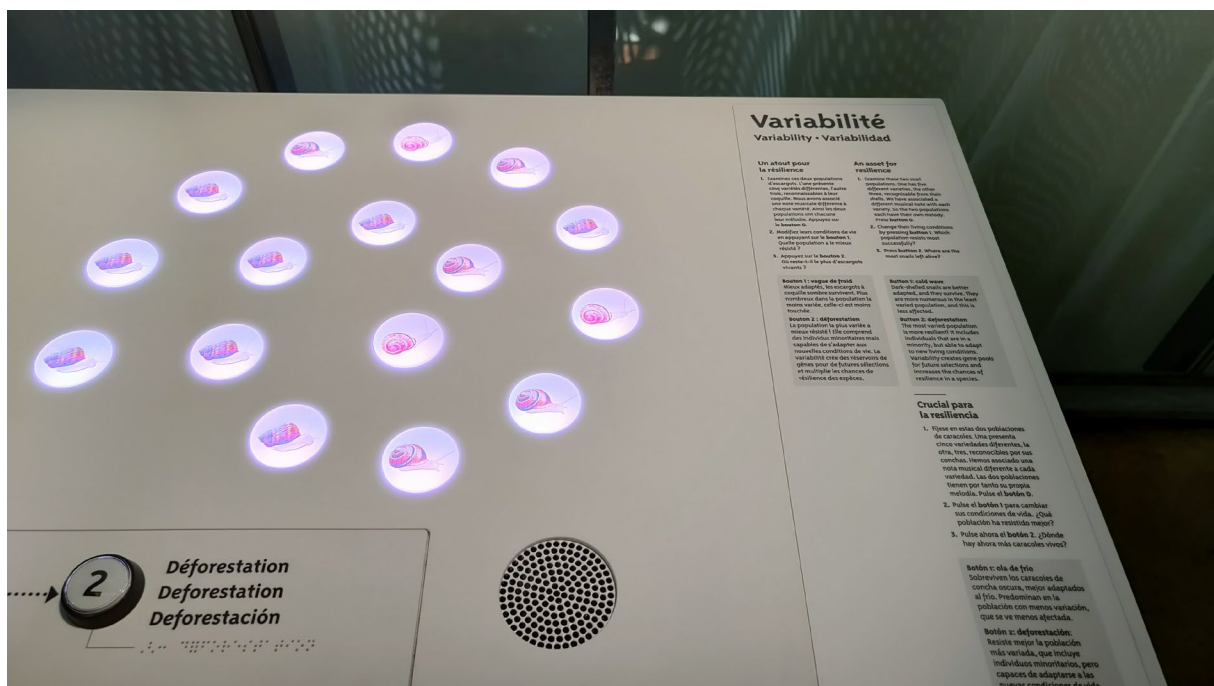
Propos : dans le monde vivant, la biodiversité procure de multiples formes d'adaptations. C'est un atout pour la résilience, qui est capitale car la planète Terre est dans un état de non-équilibre dynamique, c'est-à-dire changeant de façon souvent non prévisible. La variabilité génétique des espèces ou des populations leur permet de s'adapter à des changements tels ceux engendrés par le changement climatique par exemple. Par conséquent, la diversité génétique est une sorte de « garantie » pour la survie d'une population confrontée à des modifications de son environnement. La diversité du vivant et sa variabilité constante et à plusieurs niveaux (cellules, individus, espèces...) sont permises notamment par un système d'information universel : l'ADN, molécule support de l'information génétique. Il existe trois niveaux de biodiversité : la biodiversité génétique, diversité des gènes au sein d'une espèce ; la biodiversité spécifique, diversité des espèces ; la biodiversité écosystémique, diversité globale des biotopes.

**Scénario :** l'élève appréhende l'avantage de la diversité à l'échelle d'une population en comparant la résilience de deux populations d'escargots, l'une variée, l'autre peu variée. Il actionne successivement deux « stress ». Des escargots des deux populations s'éteignent. Mais la population la plus variée, plus résiliente, conserve plus d'individus à l'issue des deux stress. Le visiteur comprend que la diversité est un avantage.

**Description :** un dispositif comporte deux ensembles de seize éléments. L'un représente métaphoriquement une population au polymorphisme très variable (cinq variétés), l'autre une population moins variée (trois variétés). Chaque type d'individu est associé à une couleur de coquille et une note de musique différentes. L'arrivée d'un stress (vague de froid ou déforestation) est déclenchée par l'appui sur un bouton.

Bouton 1 - Vague de froid : mieux adaptés, les escargots à coquille sombre survivent. Plus nombreux dans la population la moins variée, celle-ci est moins touchée.

Bouton 2 - Déforestation : la population la plus variée a mieux résisté. Elle comprend des individus minoritaires mais capables de s'adapter aux nouvelles conditions de vie. La variabilité crée des réservoirs de gènes pour de futures sélections et multiplie les chances de résilience des espèces.



## 5. La photosynthèse (*Branché sur le Soleil*)

### Objectifs

- 1 – Montrer les principaux mécanismes et les résultats de la photosynthèse.
- 2 – Montrer une croissance de plantes en direct.
- 3 – Faire comprendre l'importance de ce processus à travers la notion de chaîne alimentaire.

Type de dispositif : hybride multimédia / manip / vivant en direct

Propos : pour les êtres vivants à la surface de la Terre, la source énergétique principale est le Soleil, transformée par la photosynthèse végétale. À la surface de la feuille, les chloroplastes transforment cette énergie en un déplacement d'électrons. Puis, ils utilisent ce flux d'électrons pour assembler les atomes issus du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de l'air et de l'eau. Il en résulte la fabrication d'une molécule organique : un sucre. La sève, chargée en sucre, permettra de fabriquer la matière végétale. Les végétaux, formant le premier chaînon de la chaîne alimentaire, redistribuent ainsi à tous les autres êtres vivants (herbivores, carnivores, décomposeurs) l'énergie du Soleil.

Scénario : les élèves observent directement les résultats de la photosynthèse effectuée par une plante.

Description : deux mini-serres en verre abritent chacune une plante de genre *Oxalis*. Celle de gauche est placée à la lumière de 8 h à 20 h et dans la pénombre de 20 h à 8 h, simulant ainsi un cycle de 12 h de jour et 12 h de nuit. Celle de droite n'est éclairée que pendant 6 h. Dans chaque cloche, des capteurs mesurent la teneur en dioxyde de carbone et en dioxygène ainsi que la production de matière végétale. Les données sont transmises en direct sur écrans et enregistrées. L'élève peut, sur l'écran, revenir en arrière et voir les différences jour/nuit, l'évolution de l'augmentation de biomasse, etc.



## 6. La sobriété (*Multifonctionnalité et juste nécessaire*)

**Objectif** : montrer qu'un des fonctionnements importants et communs à tout le vivant est d'optimiser, d'éviter le gaspillage, d'adapter la forme à la fonction.

**Type de dispositif** : manip

**Propos** : lorsque, par une belle journée ensoleillée, « l'usine » photosynthétique d'un arbre fonctionne à plein, il peut y avoir un trop plein de sucres métabolisés. Que se passe-t-il alors ? Ces sucres sont redistribués, via les mycorhizes, à d'autres végétaux aux alentours. N'utiliser que l'énergie et les matériaux dont on a besoin, éviter le gaspillage, adapter la forme à la fonction, privilégier des structures multifonctionnelles, permettent une utilisation optimale de l'énergie et des ressources. Les êtres vivants retenus par sélection naturelle répondent à ce principe du « juste nécessaire ». De même, les populations elles-mêmes s'équilibrent en fonction des ressources et leur taux de reproduction diminue.

**Scénario** : les élèves explorent divers aspects de la sobriété.

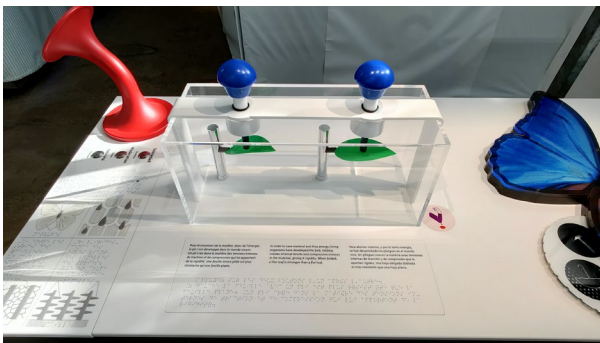
1 – Ils manipulent des pièces simples montrant que le vivant « économise » la matière dès qu'il le peut tout en préservant la qualité.

2 – Ils expérimentent une manipulation présentant l'aspect multifonctionnel et multiéchelle de l'aile de papillon.

### Description

1 – pièces en caoutchouc à manipuler pour tester l'intérêt du pli.

2 – maquette de papillon (le Morpho bleu) à manipuler. Il convient de tourner deux disques pour associer un grossissement de l'aile à une fonction.



## 7. Les cycles (*La mort nourrit la vie*)

### Objectifs

- 1 – Montrer les cycles de la matière indispensables entre organismes vivants et morts
- 2 – Montrer l'importance de l'humus dans le maintien de la vie.

Type de dispositif : hybride multimédia / vivant en direct

Propos : les atomes CHNOP, communs à tous les êtres vivants, peuvent se recycler et s'assembler sous une autre forme. La mort des êtres vivants s'inscrit dans un cycle : la matière organique morte (à l'échelle d'un organisme, d'une cellule, ou d'une molécule) se dégrade lors de processus biochimiques de décomposition (reliés à travers des échelles de temps variées, de l'heure au million d'années), pour être ensuite recyclée et servir de matière première à un autre être vivant. La notion de déchet n'existe pas dans le vivant. Le projet de procédé « d'humusation » permet de réintégrer les corps humains à ce grand cycle.

Scénario : le visiteur observe directement les processus de décomposition de matière organique en humus.

Description : une partie de l'écosystème forestier est comme extraite, telle une « carotte » et disposée dans un bac vitré afin d'observer le sol en coupe. À cet endroit sont disposés des éléments en décomposition avancée (principalement végétaux). Un dispositif de time-lapse permet d'observer l'évolution de la décomposition organique. Il se compose d'un appareil photo visible par les visiteurs se déclenchant à heure fixe, relié à un écran. Sur l'écran, tactile, le visiteur peut revenir en arrière et voir l'évolution.





## ✚ 8. L'ajustement au local

Objectifs : montrer que le vivant s'adapte aux contextes locaux en termes de ressources.

Propos : les êtres vivants occupent des habitats variés partout sur la planète et parfois des habitats que l'on pourrait qualifier d'extrêmes, comme les glaciers, les déserts et le fond des océans. Ils se nourrissent de diverses nourritures, utilisent diverses énergies, créent des liens de coopération ou de symbiose et des flux de matière et d'énergie (herbivorie, prédation, parasitisme, décomposition) dans un équilibre dynamique avec ceux qui sont là. Opportunistes, ils se sont adaptés aux conditions locales de pression, de lumière, chaleur, matières disponibles. Aucun être vivant, excepté l'humain, ne requiert une matière première ou une source d'énergie non disponibles localement. Dans le cas des végétaux, enracinés dans le sol, l'adaptation au local est vitale.

Scénario : les élèves sont interpellés sur l'évidente nécessité pour les végétaux de s'adapter au local.

## ✚ 9. L'interdépendance

### Objectif

- 1 – Montrer la diversité des situations d'interdépendances des êtres vivants entre eux et avec leur environnement.
- 2 – Montrer l'importance de ces interrelations pour la survie de la vie.

Type de dispositif : audio

Propos : l'interdépendance est un mot clé pour une compréhension systémique de la planète Terre et des enjeux d'aujourd'hui. L'interdépendance se retrouve à toutes les échelles et à tous les niveaux : au niveau des cellules d'un corps, entre unicellulaires et multicellulaires, entre espèces différentes ou individus de mêmes espèces, au niveau d'un écosystème et au niveau de la planète dans son ensemble.

Scénario : les élèves s'installent à un endroit privilégié de la serre où ils bénéficient d'une belle vue sur la végétation et écoutent les histoires d'interdépendances qui leur sont contées : la graine et l'éléphant ; le loup, le wapiti et le castor ; l'orque, la loutre de mer et le carbone ; la poupée russe et son hologénome ; les algues, les racines et le champignon.

Exemple : l'acacia et le koudou



### I.3.3 La voie de la bio-inspiration

« Le biomimétisme n'est pas seulement une démarche inspirée du vivant pour produire des biens et des services innovants mais doit être aussi réalisé de manière durable et respectueuse de notre planète. Ce qui signifie : à l'échelle appropriée, sans gaspillage, en utilisant le moins d'énergie possible, sans produits toxiques, en préservant la diversité et le « génie » de la vie. » (D'après *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* par Janine M. Benyus, 1997).

La bio-inspiration est un chemin ingénieux et innovant pour inventer, construire, produire notre nourriture, nos objets et nos sociétés en tenant compte des enjeux environnementaux majeurs auxquels le XXI<sup>e</sup> siècle est confronté. Les fonctionnements de la vie peuvent être pensés comme un cahier des charges destiné à guider ces recherches de solutions d'avenir respectueuses de la vie et de la planète. La bio-inspiration peut mimer, s'inspirer et/ou même collaborer avec le vivant. Dans ce cadre, le défi de la bio-inspiration est de nous aider à trouver des solutions pour assurer la sécurité alimentaire ; renouveler la chimie ; augmenter notre résilience ; réduire au maximum voire à zéro notre empreinte énergétique et celle de nos constructions humaines ; soigner et régénérer notre environnement et nous protéger du changement climatique.

#### Espace et principes

**Les éléments de la voie de la bio-inspiration sont dispersés dans la serre et sont identifiables par leur mise en scène et leur forme ronde.** Des allers et retours entre les contenus constituant les fonctionnements de la vie et les domaines d'application de la bio-inspiration sont favorisés tels des possibles chemins à suivre.

Pour chaque activité est proposé un questionnement, à résoudre seul ou collectivement, à l'aide des indices et des ressources mis à disposition. L'élève découvre des exemples d'applications et/ou de solutions :

- 1 - Chimie et matériaux : il explore les alternatives à la chimie classique grâce à un dispositif hybride ;
- 2 - Alimentation : il apprend qu'il est possible de pratiquer une agriculture respectueuse de l'environnement et productive en transformant, via une maquette interactive, une parcelle agricole ;
- 3 - Énergie : l'élève découvre les pistes que peut apporter la bio-inspiration pour produire de l'énergie propre, durable, locale et non toxique à travers un quiz collaboratif ;
- 4 - Outils numériques : une installation permet de comprendre que l'utilisation de l'ADN est une piste pour assurer le stockage durable et écologique des données et un multimédia permet à l'élève de simuler des actions quotidiennes d'utilisation des outils numériques et de découvrir les pistes offertes par la bio-inspiration pour diminuer les émissions de dioxyde de carbone liées à ces activités.
- 5 - Architecture : une maquette d'un projet biomimétique montre qu'il est possible de bâtir autrement, dans le respect des fonctionnements du vivant ;

## Le cahier des charges du biomimétisme

Objectif : présenter, à partir des fonctionnements de la vie choisis, le cahier des charges du biomimétisme.

Type de dispositif : graphisme. Il s'agit de l'édito de la serre placé à l'entrée.

Propos : les fonctionnements de la vie présentés ont été choisis dans l'objectif de constituer un cahier des charges nous guidant pour imaginer des solutions d'avenir respectueuses du vivant et de la planète. C'est en répondant simultanément positivement à chaque point de ce cahier des charges que la voie de la bio-inspiration nous permettra d'être vraiment durables et résilients sur et avec la Terre. En outre, ce cahier des charges peut aussi inspirer chacun de nous dans notre quotidien et guider, notamment, nos modes de consommation.

- La source énergétique est-elle non fossile, renouvelable et non toxique ?
- Les liens entretenus entre humains et avec les non humains respectent-ils leur intégrité et leur viabilité ?
- La matière produite est-elle CHNOP, abondante, réutilisable ?
- Comment la fin de vie est-elle envisagée ? Y a-t-il des déchets ? Si oui, sont-ils néfastes ou recyclables ?
- Le taux de variabilité est-il suffisant pour assurer la résilience de la solution ?
- Les matières premières et les sources énergétiques proviennent-elles de la sphère locale ?
- La solution est-elle optimisée et suffisamment sobre ?
- Les conséquences possibles sur les grands équilibres ont-elles été prises en compte ?

### 1. Chimie et matériaux

Objectif : montrer que des alternatives à la chimie classique (catalyse polluante, synthèse moléculaire coûteuse en énergie, etc.) sont possibles en utilisant la voie de la bio-inspiration.



Basket Adidas dont le fil est bio-inspiré du fil d'araignée.

Type de dispositif : manip / audiovisuel

Propos : la chimie classique industrielle repose sur une chimie à haute température et/ou haute pression, pouvant requérir l'utilisation de catalyseurs ou de solvants chimiques afin

d'augmenter leur efficacité mais qui deviennent toxiques et non recyclables et sont parfois issus de ressources rares. Ces procédés consomment beaucoup d'énergie, dégagent du dioxyde de carbone dans l'atmosphère et polluent.

Or, la chimie qui s'opère au sein des êtres vivants a lieu en milieu aqueux, à température et pression ambiante, à l'aide d'enzymes spécifiques, efficaces, durables et ne générant pas de toxicité pour les organismes. S'inspirer de ces processus permet de repenser toute la chimie jusque dans ses réactions les plus courantes. Et de fabriquer, à l'instar d'organismes vivants, des matériaux – verre, céramiques, soies, colles – à pression et température ambiante, dans l'eau, à partir d'atomes abondants en ne s'appuyant que sur les éléments et les molécules du vivant. La chimie douce s'inspire de ces processus. En outre, la bio-inspiration et la bio-utilisation fonctionnent ensemble : il est plus simple de faire produire une protéine à un être vivant que d'essayer de la reproduire.

Scénario : les élèves sont invités d'abord à explorer en touchant chaque moulage (organisme et produit bio-inspiré). Ensuite, ils doivent les associer par deux pour déclencher un film d'animation pour en savoir plus sur les processus de fabrication.

## 2. Alimentation

### Objectif

- 1 – Montrer qu'il est possible de pratiquer une agriculture sans avoir un impact négatif sur les êtres vivants et la viabilité de la terre.
- 2 – Faire comprendre l'importance de la coopération entre le cultivateur, les autres êtres vivants et l'environnement, nourrie par les connaissances scientifiques et les savoirs traditionnels.

Type de dispositif : hybride : maquette et multimédia

Propos : pratiquer l'agriculture en coopérant avec la terre.

Aujourd'hui, l'agriculture se fait le plus souvent sur de grandes surfaces, en monoculture, à l'aide d'engins motorisés et d'intrants chimiques le plus souvent toxiques (palliant l'appauvrissement des sols). Si l'agriculture prenait exemple sur les écosystèmes naturels originels, elle pourrait nourrir et veiller sur les sols au lieu de les exploiter, diversifier ses plantations, prendre en compte les coopérations naturelles entre les êtres vivants ; alors peut-être serait-il possible de « recoudre une des blessures les plus profondes de la planète : l'entaille faite par l'agriculture de labour » (J. Benyus, *Biomimétisme*). De nombreuses alternatives biomimétiques, regroupées sous le terme d'agroécologie, vont aujourd'hui dans ce sens.

Scénario : dans un jeu, les élèves sont invités à transformer une parcelle agricole cultivée en monoculture en une parcelle cultivée suivant les principes de l'agroécologie. Ils placent des palets sur la maquette et observent sur un écran le nouveau design de l'exploitation ainsi que le niveau de trois jauges représentant la biodiversité, la résilience économique de l'exploitation et l'optimisation des sols. Ils réaliseront qu'en supprimant les intrants et n'utilisant aucune énergie fossile, il est possible d'avoir une exploitation résiliente, d'optimiser les productions et d'augmenter notablement la biodiversité.

### 3. Énergie

#### Objectif

- 1 – Montrer que la voie biomimétique pourrait offrir des alternatives au pétrole et aider à résoudre les problématiques énergétiques.
- 2 – Aborder la diversité des sources énergétiques du monde vivant.

Type de dispositif : multimédia

Propos : stop aux énergies fossiles ou toxiques pour notre énergie !

Nous brûlons du pétrole, du charbon, du gaz naturel, pour obtenir une grande puissance énergétique utilisée (notamment sous forme d'électricité) dans les transports, l'industrie, la pétrochimie, le chauffage et les biens de consommation. En plus d'émettre du dioxyde de carbone dans l'atmosphère et d'accroître le risque climatique, ces combustions polluent l'air. L'électricité d'origine nucléaire engendre quant à elle des risques d'accidents graves. Il est temps de réfléchir à produire de l'énergie propre, durable et locale. D'ores et déjà, des recherches sur la transformation de l'énergie du Soleil en hydrogène selon les processus de photosynthèse existent. En attendant leur aboutissement, de nombreuses autres bio-inspirations sont possibles pour diversifier nos sources d'énergie, apprendre à la stocker pour ne s'en servir que lorsqu'il y a besoin – nous ne savons pas bien stocker l'électricité – ou l'économiser. La première inspiration à prendre en compte étant celle du juste nécessaire : utiliser l'énergie avec parcimonie.

Scénario : d'un à trois élèves répondent à un quiz et découvrent comment la bio-inspiration offre des pistes pour résoudre les problématiques énergétiques. Le jeu est collaboratif et se déroule en plusieurs étapes. Au démarrage du jeu, les élèves se voient proposer un organisme vivant ou une problématique parmi trois concernant l'énergie : « trouver une nouvelle source d'énergie » / « économiser de l'énergie » / « stocker de l'énergie ». Ils sont ainsi amenés à, par exemple, retrouver le concept d'hydrolienne, une machine inspirée par la nage de l'anguille qui convertit le courant d'eau en électricité. Ses mouvements doux respectent la flore et la faune du milieu et permettent de l'installer en rivière ou en rivage marin, à proximité des utilisateurs.

### 4. Outils numériques

Objectif : alerter sur la fragilité des solutions de stockage et de transfert des données liées à l'énergie électrique et aux métaux rares.

Type de dispositif : installation + multimédia

Propos : comment rendre le hardware compatible avec le vivant et soutenable d'un point de vue énergétique ?

Le hardware est l'ensemble de l'équipement matériel, mécanique, magnétique, électrique et électronique constituant les ordinateurs ou les machines de stockage de l'information. Ces matériels comportent de nombreux métaux de plus en plus rares et difficiles à recycler et sont dépendants d'une grande consommation d'énergie. Dans un contexte de ressources en

épuisement, d'une énergie fossile créant du dioxyde de carbone, nos outils de communication et de stockage sont menacés. La résilience de nos sociétés dépend pourtant de sa capacité à fonctionner en réseau et à communiquer. Il est donc important de réfléchir à des outils résilients, assurant un stockage et une circulation durable et écologique des données, permettant aux hommes d'être en lien.

Évoquée pour la première fois dans les années 1970, l'idée d'utiliser l'ADN, molécule universelle du vivant, pour stocker nos données, se concrétise aujourd'hui en laboratoire. L'ADN se conserve bien et longtemps, à température fraîche. Cette technique de stockage sera résiliente si des pénuries de ressources (métaux rares) et d'énergie surviennent. Quelques grammes d'ADN peuvent contenir tous les films et vidéos réalisés par les hommes depuis l'invention du cinéma !

Cependant les techniques de lecture de l'ADN sont encore trop complexes et coûteuses. Du côté du traitement des données, les neurones humains, les bactéries capables de s'associer sous forme de filaments faisant circuler l'électricité ou les sociétés animales sont des sources d'inspirations pour améliorer le transfert des données et l'efficacité des algorithmes.

### Scénario

1 – En regardant une installation comparant la capacité de stockage de données dans 0,1 milligramme d'ADN et une pile de 22 disques durs, les élèves comprennent le potentiel du stockage de données via la molécule d'ADN.

2 – Ils sont ensuite invités, via un écran, à faire au choix trois actions usuelles : stocker des fichiers (virtuellement) sur un cloud avec des tailles différentes et pour plusieurs temps de stockage, traiter des données via des outils utilisant l'intelligence artificielle (traduction automatique, traitement d'image, etc.), regarder une vidéo en streaming. Ils obtiennent alors une notification leur donnant des informations sur la quantité de dioxyde de carbone émis et la quantité d'énergie nécessaire pour l'action qu'ils viennent d'effectuer. On compare enfin avec les pistes de solutions bio-inspirées : stockage équivalent sur ADN, réseaux neuronaux pour l'intelligence artificielle, sobriété dans les usages.

Description : une installation montre un tube plastique de miniprep 0,1 mg d'ADN, parallèlement au volume nécessaire pour stoker la même quantité d'information dans des disques durs récupérés.



## 5. Architecture

### Objectif

- 1 – Montrer qu'il est possible d'envisager des constructions humaines sans empreinte écologique, voire capables d'enrichir et régénérer le vivant.
- 2 – Développer l'imaginaire et montrer que la voie du biomimétisme autorise et nécessite une rupture par rapport à nos repères actuels.

### Type de dispositif : maquette

Propos : construire sans modifier, ou même régénérer, l'écosystème originel.

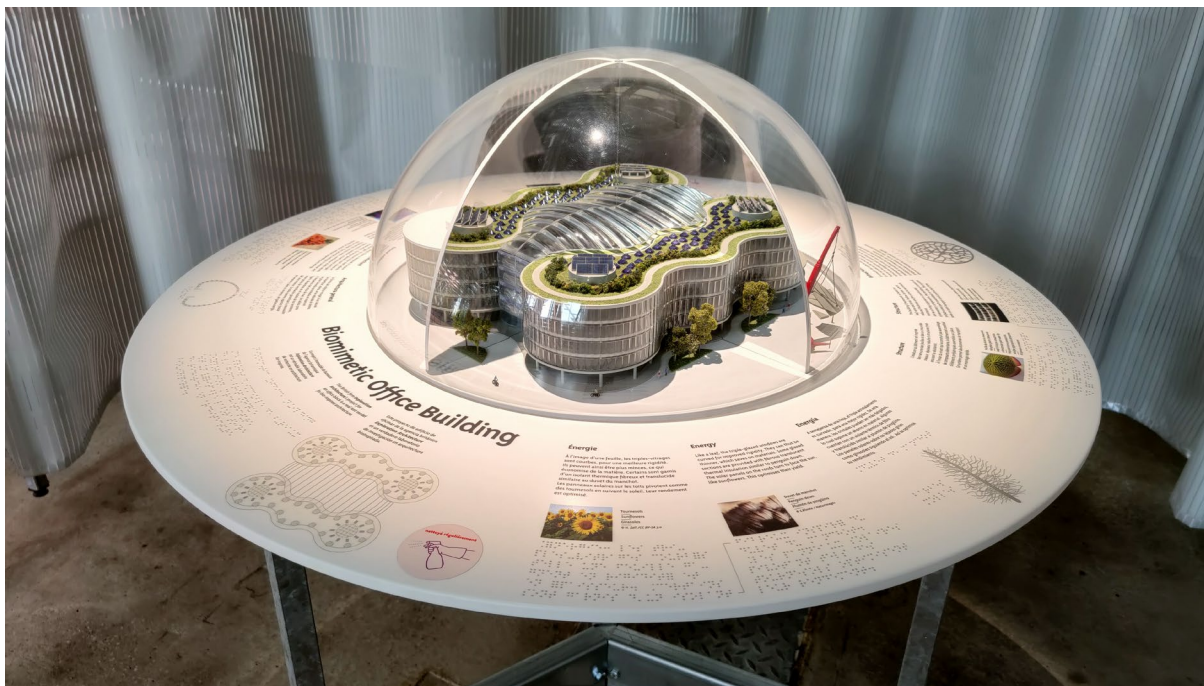
Les bâtiments d'aujourd'hui, qu'ils soient urbains, ruraux, pour l'habitat ou l'industrie, présentent souvent un piètre bilan énergétique et ce sur l'ensemble de leur cycle de vie. La construction immobilière, qui utilise des ressources finies et pour certaines rares et/ou toxiques, détruit l'environnement dans lequel elle s'implante.

Il est possible de transformer les bâtiments pour les rendre énergétiquement plus résilients et performants. Les nouveaux bâtiments, quant à eux, ne doivent pas retomber dans la dépendance aux métaux et combustibles fossiles et être au contraire des lieux de régénération.

Le biomimétisme est une voie très riche pour répondre aux nombreuses fonctions que l'on demande à un bâtiment : protéger, être chaud ou frais, être lumineux, être durable, non toxique, insonorisé. En s'inspirant notamment de constructions biogéniques, il sera même possible d'imaginer un habitat qui serait pensé comme un système vivant, s'intégrant pleinement dans les écosystèmes existants, accueillant différentes espèces biologiques et induisant des bénéfices mutuels entre l'humain et ces dernières. Et qui s'adapte aux contraintes comme un organisme biologique, permettant ainsi une optimisation de sa structure, de sa performance énergétique, des flux entrants et sortants.

Scénario : les élèves sont invités à explorer une maquette surprenante d'un projet biomimétique exemplaire, le BOB (pour Biomimetic office building). Cet immeuble de bureaux à l'architecture biomimétique est un projet de l'architecte britannique Michael Pawlyn. Les entrées de lumière naturelle s'inspirent du crâne transparent du revenant (un petit poisson abyssal de la famille des Opisthoproctidae). Le revêtement extérieur, vitré, rappelle une coquille irisée de mollusque. Comme une colonne vertébrale, des colonnes soutiennent la structure en enrobant câbles et canalisations. Grâce à ce design biomimétique l'immeuble est économe en énergie et autonome en chauffage, refroidissement et ventilation.

Description : une maquette avec quatre parties en coupe (architecture générale, structure, énergie et lumière) laisse voir l'intérieur de la construction. L'élève observe la maquette et lit les informations.



La visite de la serre est terminée. Il convient maintenant de poursuivre la visite de l'exposition, qui s'effectue par la descente de l'escalier...





## ✚ La voie est ouverte

### Objectif

- 1 – Montrer que la voie de la bio-inspiration est déjà à l'origine de réalisations ou de recherches actives dans différents domaines.
- 2 – Incarner ses recherches et réalisations et présenter différents acteurs.

### Type de dispositif : audiovisuel

Propos : le biomimétisme tel que défini par Janine Benyus il y a vingt ans a pris un essor flagrant ces dernières années. Ainsi, les publications y ayant trait ont cru de façon exponentielle depuis le début des années 2000. Par ailleurs, de nombreux exemples de par le monde montrent que la voie est aujourd'hui ouverte quel que soit le domaine.

Scénario : les élèves verront à travers un audiovisuel que l'approche de la bio-inspiration est bel et bien une réalité aujourd'hui. Ils rencontreront trois acteurs actuels de la bio-inspiration : Claude Grison, chimiste, Jean-Baptiste Drevet inventeur, Michael Pawlin architecte. Le documentaire s'attache à révéler par les interviews l'humain en présentant pour chacun leur état d'esprit, leurs convictions, etc.



## ✚ Organisations humaines

Objectif : montrer que la bio-inspiration de niveau écosystémique peut nourrir des solutions pour mieux organiser les échanges et le travail des êtres humains, afin que ceux-ci soient plus résilients.

Type de dispositif : fresque

Propos : faut-il se « bio-inspirer » des écosystèmes vivants pour repenser les organisations sociales et les modes de production ?

Les organisations des modes de production, du travail et des relations sociales des personnes sont aujourd'hui peu adaptées aux changements majeurs et inexorables à venir. Repenser la gouvernance, tenter de nouveaux modes d'organisation au travail, dans les écoles, voire au niveau des états, pourraient accroître notre bien-être et nos facultés de résilience.

Les écosystèmes vivants sont aujourd'hui utilisés comme une métaphore pour décrire de nouveaux modes d'organisation expérimentés ou de nouvelles théories économiques. La sociocratie en est un bon exemple : son fondement est issu des théories systémiques développées dans les années 1970. C'est un mode de gouvernance qui permet à une organisation, quelle que soit sa taille — d'une famille à un pays — de fonctionner efficacement sans structure de pouvoir centralisée selon un mode auto-organisé et de prise de décision distribuée, dont le modèle métaphorique peut être celui des écosystèmes des forêts.

Scénario : une fresque donne des concepts d'organisation et des exemples d'entreprises ou d'organisation sociales à plusieurs échelles ayant changé leurs modes de gouvernance et/ou de production.

### I.3.4 Espace dialogues

Dans cet espace, les visiteurs sont acteurs et contributeurs. L'exposition fait ici appel à leur créativité, à leur participation, à leur expression et à leur envie d'échanger des idées. Les élèves y trouvent aussi des ressources qui vont nourrir leurs réflexions et échanges. L'espace *dialogues* propose deux types d'activités :

- les contributions des visiteurs ;
- des ressources (les contributions des visiteurs peuvent aussi devenir des ressources).

L'espace fait référence à des structures du type *coworking*, ateliers de construction, ateliers d'artistes, à la fois accueillants et conviviaux pour échanger, agréable et confortable pour écouter, jouer, se reposer ou lire.



## Le fil de l'innovation

**Objectif** : informer au fur et à mesure sur l'actualité du biomimétisme en restituant une veille des projets issus de démarches biomimétiques.

**Type de dispositif** : multimédia tactile avec une connexion internet

**Propos** : les visiteurs sont informés des avancées en cours des projets de biomimétisme, via une base de données mise à jour régulièrement par le Ceebios (Centre d'études et d'expertises en biomimétisme).

## Objets sous vitrine

**Objectif** : présenter deux objets techniques directement conçus par la bio-inspiration.


**Type de dispositif** : maquette

**Propos** : en s'inspirant des déplacements de l'anguille (*eel* en anglais), Eel Energy a créé une hydrolienne utilisant le courant hydraulique comme source d'énergie renouvelable et prédictible. Soumise au courant de la marée ou d'un fleuve, une membrane ondulante actionne un convertisseur qui transforme l'énergie du flux en énergie mécanique puis électrique. Un faible courant suffit. L'hydrolienne peut être implantée en beaucoup d'endroits, près des côtes par exemple. Sa puissance de production est liée à sa taille : pour une taille de 5 m sur 6 m, elle délivre 30 kW. Elle est actuellement en phase préindustrielle et plusieurs prototypes ont été testés en conditions réelles, en mer et en rivière.



La bouilloire NAUTILE, dont un prototype est présenté, est le résultat d'un travail de recherche en éco-innovation et a été conçu suivant une démarche bio-inspirée. Sa structure complexe est réalisée en céramique finement imprimée en 3D, procédé de pointe trop onéreux pour permettre, à ce jour, une production en série. L'objet devra donc évoluer avant d'être mis sur le marché. Cette bouilloire électrique s'inspire à la fois du système de remplissage d'eau du nautille, de la structure alvéolaire du bec du toucan, des poils creux de l'ours polaire qui emprisonne l'air pour éviter les pertes de chaleur et du fonctionnement de la thermorégulation des termitières. Sa consommation d'énergie, représentant 80 % de son impact environnemental, est ainsi réduite.



 Dans la peau du naturaliste

**Objectif** : mettre les élèves en situation d'attention et leur proposer une activité contributive. Montrer l'importance de l'observation du vivant et du dessin naturaliste dans la démarche biomimétique.



Type de dispositif : hybride manip multimédia.

Propos : le dessin, la représentation sont des moyens d'organiser la connaissance. Ils permettent de se concentrer, d'identifier des points importants et de faire des relations entre différents éléments.

Scénario : Les élèves sont invités à se glisser dans la peau d'un naturaliste. Pour cela, ils peuvent colorier des dessins dont les contours sont déjà réalisés ou dessiner en s'inspirant, s'ils le désirent, de photos disposées sur la table. Ils pourront aussi contribuer à l'exposition en scannant en sortie de l'exposition leur dessin.

### Description

À la disposition des élèves, il y a une table de dessin, des stylos feutres de couleur et, en se déplaçant vers la sortie, un scanner. Le dessin scanné est alors projeté temporairement sur une installation scénographique donnant à voir une mosaïque qui s'incrémente au fur et à mesure et forme le mot « VIVANT ».



 Borne « Poursuivez votre visite »

Objectif : donner la possibilité aux élèves de contribuer à l'exposition et de dialoguer avec les chercheurs.

Type de dispositif : multimédia-transmédia.

Propos : cette borne multimédia, unique, donnera accès à deux contenus : « Les scientifiques vous répondent » et « Vos futurs souhaitables ».

#### 1 – Les scientifiques vous répondent

Objectif : donner la possibilité aux élèves de poser des questions à des chercheurs spécialistes du vivant, de la bio-inspiration, des limites planétaires, d'écologie, d'anthropologie, de philosophie... et de recevoir une réponse personnelle par courrier électronique. Petit à petit les questions et réponses créent une base de données qui est accessible au visiteur de l'exposition.

#### 2 – Futurs souhaitables


Scénario : les élèves sont invités à imaginer un futur souhaitable de chez eux. Via la borne, les visiteurs auront accès à ces quelques exemples de contributions puisées de façon aléatoire parmi les contributions modérées.

### I.3.5 Atterrir

#### Espace et principes

Après la promenade grandeur nature, les élèves sont invités à prendre du recul sur ce qu'ils ont vu et entendu, dans un espace semblable à une grotte, permettant l'immersion par la vidéo.

Les élèves sont ici à la fois témoins et acteurs. Leur posture est réflexive, sur l'exposition et sur eux-mêmes. Cet espace d'exposition apporte le calme et le temps nécessaire à cette réflexivité. Disposé sous la serre, il communique avec l'espace *dialogues* et amène les élèves vers la conclusion et la sortie de l'exposition. Dans cette partie, on termine le « parcours » philosophique engagé de façon sensible au début de l'exposition. Les élèves iront à la rencontre d'autres humains à l'échelle de la planète, interrogeront le discours de l'exposition et notre propre perception. Il y a ici une double idée : premièrement, faire un pas de côté suffisant pour permettre une analyse réflexive et deuxièmement, « s'enraciner », redevenir terrien.

 Le biomimétisme, oui mais à quelles fins ?

#### Objectif

- 1 – Proposer une analyse de la voie du biomimétisme à travers une démarche réflexive et en complicité avec l'élève.
- 2 – Faire réfléchir sur les relations humains/non humains et humains/environnement.
- 3 – Faire un pas de côté.

Type de dispositif : audiovisuel

Propos : si notre propre vision culturelle de la nature se retrouve aujourd'hui dans le monde entier, elle n'est pas universelle. Et si nous réinterrogeons notre rapport à la nature en le confrontant à d'autres modes de pensées ?

L'Homme, quelle que soit l'époque et la civilisation a toujours imité la nature mais pour des raisons et des objectifs parfois très différents. Il s'inspire de la nature en fonction de l'idéalisation qu'il s'en fait, en fonction de son identité culturelle. En conséquence le (bio)mimétisme peut prendre des formes différentes selon les cultures. Différences qui révèlent diverses relations au vivant à travers le monde. Le sujet de l'imitation du vivant est ici éclairé à l'aune du rapport que les différentes sociétés humaines entretiennent avec la nature. L'étude de ces relations nous amène à poser la question des droits de la nature et de l'évolution des pratiques de protection de l'environnement. Il faut noter que l'intérêt du (bio)mimétisme dépend de son objectif initial et qu'il ne suffit pas de s'inspirer de la nature pour se préoccuper d'écologie. En adoptant une attitude réflexive, les élèves s'interrogent sur la voie actuelle du biomimétisme et les valeurs que l'exposition porte.

Scénario : les élèves regardent le film *Atterrir* projeté dans un espace dédié.

Description : dans une salle pour dix à douze personnes, un grand audiovisuel réflexif interroge les concepts mis en scène par l'exposition elle-même. Le film offre un décor évolutif (forêt amazonienne, désert australien, savane...) et présente différents points de vue qui permettent aux élèves de prendre connaissance de divers rapports à la nature ainsi que d'autres modes de pensée. Il incite les élèves à se poser des questions, à réfléchir.



✚ Fin de l'exposition

Il s'agira « d'esquisser la figure d'une autre modernité, non plus dualiste mais moniste, consciente de l'irréductibilité de ses fondements spirituels, ayant renoncé au mythe d'une croissance infinie, soucieuse des contradictions entre marché et libertés, ayant relativisé la notion de risque, réinterprétant la notion de droit humain en tournant le dos tant à un anthropocentrisme qu'à un individualisme forcenés, redécouvrant la nature spéculative du savoir, et discernant dans les techniques plus un accompagnement de la nature qu'une domination-destruction. » Dominique Bourg, *Une nouvelle terre*, mars 2018.

Objectif : éditorial de fin de parcours de l'exposition

Type de dispositif : panneau graphique

Propos : nous vivons aujourd'hui hors sol ! La course à la production, à la puissance et à la richesse s'est imposée à l'humanité à travers l'économie globalisée. Or, non seulement l'humain est partie prenante du vivant mais, modifiant lui-même son environnement par ses activités, il devrait aujourd'hui et de façon urgente se réinsérer à nouveau dans les dynamiques naturelles. En revenant sur Terre – en étant conscient de notre intégration dans

le vivant, en nous laissant guider par ses enseignements – nous ouvrons une voie possible pour une nouvelle modernité qui autoriserait la survivance de l’humain (et d’un maximum d’autres qu’humains) sur la planète Terre.

✚ *Bio-inspirée*, une exposition écoconçue ?

Écoconcevoir, c’est réduire les impacts environnementaux à chaque phase du cycle de vie d’un produit, tout en conservant sa qualité d’usage. La phase de fabrication est celle dont l’impact est le plus important ; elle a concentré les efforts des équipes d’Universcience. Les besoins de l’exploitation ont été anticipés ainsi que la valorisation des matériaux à la fin de l’exposition.

Un dernier panneau vous présente ainsi ce qui a guidé la démarche des concepteurs de l’exposition et le choix qu’ils ont privilégiés, que ce soit dans le vivant, les matériaux et les procédés.

## II Médiations scientifiques au sein du BioLab

Situé dans l’exposition, le [BioLab](#) est un lieu de découverte des univers microscopiques, un laboratoire ouvert d’exploration du vivant, notamment des écosystèmes microbiens. Il encourage les recherches autour du rôle et des contributions possibles des micro-organismes dans la transition écologique.

Lieu de médiation scientifique, il suscite la participation active du public par le biais du questionnement, de l’observation, de la démarche scientifique et du partage des données.

En tant que lieu ressources, le BioLab met l’accent sur l’expérimentation collective, encourage les projets collaboratifs et la contribution à des projets de sciences participatives en faveur de l’environnement. Son ouverture est prévue vers le 19 décembre.





Trois médiations sont définies. Toutefois, leur programmation est susceptible d'évoluer en fonction des envies, des observations et des investigations menées par les visiteurs. Les médiations suivantes sont donc des premières pistes d'exploration. Les projets vont se tisser au fil du temps, des rencontres et des collaborations.

 **Microplongée en eaux douces : à la découverte du plancton** (thème *écosystème*)

**À partir du 3 novembre 2020**

**Type** : atelier

**Niveau** : de la 6<sup>e</sup> à la terminale

**Capacité d'accueil** : groupe de 10 personnes au maximum (jauge spécifique COVID 19)

**Durée** : 1h30

**Objectifs**

- Apprendre à reconnaître et déterminer les organismes présents dans un milieu d'eau douce (mare, douve, étang...)
- Identifier, comparer, faire des mesures sur la microfaune et la mésofaune de milieux aquatiques (spécificités physiologiques, anatomiques...)
- S'initier aux méthodes de la démarche scientifique, être actif dans la démarche
- Découvrir et utiliser du matériel de laboratoire
- Comprendre l'échelle du vivant (taille absolue et relative des organismes)

**Déroulement**

Qui a déjà regardé une goutte d'eau d'un canal ou d'une mare ? Que peut-on y voir à l'œil nu ? Et avec un microscope ? Vos élèves découvrent les organismes qui peuplent ce milieu et apprennent à les reconnaître, déterminer leur taille et observer leurs structures. Euglènes, rotifères, paramécies n'auront plus de secrets pour vous, sans parler du célèbre tardigrade (ourson d'eau) !

 **Nuances végétales** (thème *couleurs extraites du vivant*)

Atelier à destination du grand public, prévu les samedis et dimanches et tous les jours sauf le lundi et vendredi pendant les vacances scolaires.

Objectifs : fabrication des bio-encres et des bio-teintures à partir d'organismes vivants (végétaux, champignons, micro-organismes, etc.)

 **Sol vivant, un monde insoupçonné** (thème *écosystème*)

Atelier à destination du grand public, prévu les samedis et dimanches et tous les jours sauf le lundi et vendredi pendant les vacances scolaires.

Possibilité d'en faire un atelier scolaire dans le cadre d'accompagnement de projet.

Objectifs : identifier la biodiversité microscopique pour mieux connaître et caractériser les sols et contribuer aux projets de sciences participatives INRAe (L'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), tels que ANR Bises\* et Jardibiodiv\*.

\* ANR Bises a pour objectif de mieux connaître la biodiversité des sols urbains et leur influence sur les fonctions et services écosystémiques rendus.

\* Jardibiodiv est né en 2017, avec pour objectif d’inventorier et de dénombrer de manière ludique et grâce à la participation du plus grand nombre, les invertébrés vivant en surface du sol. Jardibiodiv vise à sensibiliser le grand public sur l’importance des êtres vivants du sol, par le biais d’un outil numérique et ludique (observer, inventorier, dénombrer).

Enfin, l’atelier « Le vivant comme boîte à idées : de la sélection naturelle au biomimétisme » sera proposé les 21 janvier et 8 avril 2021, animé par les étudiants de l’association EPICS – ESPCI Paris PSL. Il s’adressera aux élèves de la 4<sup>e</sup> à la terminale.

« Le vivant est amené à innover et bon nombre de problèmes auxquels l’Homme est confronté ont déjà été résolus par la nature. Découvrez cette formidable source d’inspiration pour les inventeurs, à toutes les échelles. »

## III Activités et formations proposées par le département Éducation et Formation

### La formation proposée au PAF

Dans le cadre du plan académique de formation des enseignants parisiens du second degré, Universcience propose en partenariat avec le Muséum national d’histoire naturelle un stage intitulé : « Explorer la biodiversité urbaine pour enseigner ».

Ce stage propose aux enseignants une visite et présentation du BioLab et de ses modes de médiations spécifiques autour de quelques thèmes et manipulations :

- l’observation et l’identification d’organismes de la microfaune que l’on peut avoir dans une goutte d’eau, dans le sol...
- l’étude de l’anatomie et de la mobilité de certains métazoaires (rotifères, tardigrades), la représentation (échelle de taille) de ces différents organismes vivants.

### Les ateliers *bio-inspirée*

Universcience propose aux enseignants des ateliers de visite du BioLab et de co-construction entre pairs de leurs futures visites de classe et des projets qu’ils peuvent développer au BioLab avec leurs élèves.

### L’accompagnement aux projets

Le BioLab accompagnera plusieurs projets de classes avec le collège Budé (Paris XIX<sup>e</sup>) engagé dans une démarche de « pédagogie intégré » avec cinq classes de 6<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> et travaillant en interdisciplinarité (sciences de la vie et de la Terre, physique-chimie, technologie et mathématiques) et avec des élèves de 1<sup>re</sup> et de BTS du lycée Galilée (Gennevilliers) autour de la fabrication de bio-encre notamment.

Pour en savoir plus

**Contact** [educ-formation@universcience.fr](mailto:educ-formation@universcience.fr)

**Programme** <http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/>

# IV Ressources

## IV.1 Éditions

### Humanité bio-inspirée. Une autre approche

Sous la direction de Gauthier Chapelle et Kalina Raskin.

Une coédition Le Cherche Midi / Cité des sciences et de l'industrie.

Face aux multiples urgences environnementales, une communauté de chercheurs et d'entrepreneurs s'applique à prendre une nouvelle référence de développement : le vivant. Ce livre, au discours engagé, invite à habiter le monde autrement en empruntant la voie du biomimétisme.

144 pages ; 24,90 € ; 24 x 26 cm.

En vente à la boutique, aux billetteries et en librairie.

### Bio-inspirés ! Le monde vivant nous donne des idées

Illustrateurs : Sua Balac et Muriel Zürcher. Conseiller scientifique : Gauthier Chapelle.

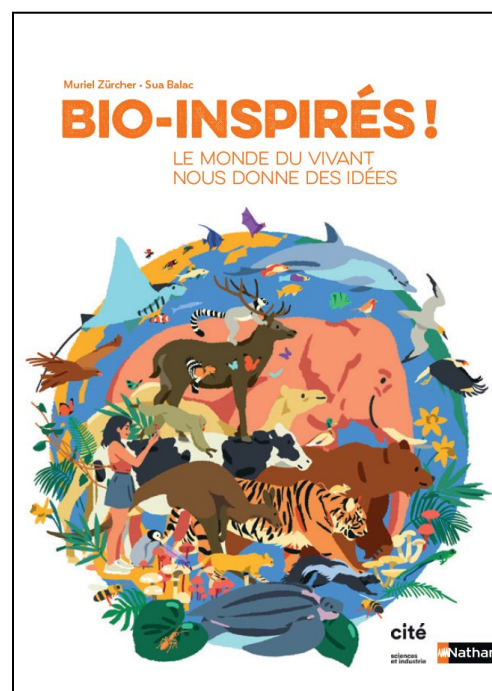
Une coédition Nathan / Cité des sciences et de l'industrie.

« Se réchauffer comme les manchots », « bâtir en bambous », « voler comme un rapace », ce livre documentaire explique aux enfants, avec des mots simples, le principe de biomimétisme.

64 pages ; 16,95 € ; 23 x 32 cm.

En vente à la boutique, aux billetteries et en librairie.

À partir de 9 ans



## IV.2 Conférences

La Cité des sciences et de l'industrie organise régulièrement des cycles de conférences dont vous pouvez obtenir le programme [ici](#). En novembre et décembre 2020, dans le cadre du thème « La nature sous artifices », quatre conférences sont en lien direct avec notre exposition. En voici une présentation générale :

### **La nature : entre artificialisation et source d'inspiration**

Notre rapport à la nature est une question brûlante de ce début de XXI<sup>e</sup> siècle. Le réchauffement climatique et l'effondrement de la biodiversité nous obligent aujourd'hui à imaginer des solutions pour préserver ou restaurer l'habitabilité de la Terre. Quelles sont les pistes pour assurer une résilience de la planète ? Une connaissance assez fine des systèmes naturels permet-elle de les manipuler sans risques ? Au-delà des techniques, le droit peut-il être un instrument efficace pour protéger la nature ?

### ***Manipuler le climat, dernier rempart contre le réchauffement planétaire ?***

**Mardi 17 novembre 2020 à 19 h**

Par **Roland Séférian**, climatologue à Météo-France, Centre national de recherches météorologiques, Toulouse.

### ***L'ingénierie écologique pour réparer ou améliorer les écosystèmes***

**Mardi 24 novembre 2020 à 19 h**

Par **Luc Abbadie**, directeur du laboratoire Biogéochimie et écologie des milieux continentaux, École nationale supérieure (ENS).

### ***Des matériaux à l'architecture : s'inspirer du vivant***

**Mardi 1<sup>er</sup> décembre 2020 à 19 h**

Par **Kalina Raskin**, ingénieure physico-chimiste et docteur en biologie, directrice générale du Centre d'études et d'expertises en biomimétisme (Ceebios).

### ***Table ronde – Le droit peut-il sauver la nature ?***

**Mardi 8 décembre 2020 à 19 h**

Avec **Julien Bétaille**, maître de conférences en droit public à l'université Toulouse 1 Capitole, co-directeur du Master 2 Droit de l'environnement ; **Marine Calmet**, juriste, présidente de l'association *Wild Legal* ; **Pierre Charbonnier**, philosophe, chercheur au CNRS, membre du Laboratoire interdisciplinaire d'études sur les réflexivités – Fonds Yan Thomas (EHESS) ; **Marine Denis**, doctorante en droit international à l'université Sorbonne Paris Cité et porte-parole de l'association *Notre affaire à tous*.

## IV.3 Week-end Bio'Inspiration

Les samedi 17 et dimanche 18 avril 2021, la Cité des sciences et de l'industrie organise un week-end spécial autour de la démarche de bio-inspiration. Coorganisé avec le [Ceebios](#) (Centre d'études et d'expertises en biomimétisme de Senlis), cet évènement a pour but de présenter au public l'état de l'art et les très nombreuses innovations inspirées par la nature. L'ingénierie bio-inspirée est une notion récente dont l'apparition est liée au souhait de promouvoir un développement durable répondant aux problèmes environnementaux. Tous les domaines des sciences de l'ingénieur sont ainsi impactés : santé, écologie, robotique, chimie, physique des matériaux, transport, architecture, etc. Scientifiques et industriels investissent les lieux afin de présenter, de manière ludique, cette approche qui prend la nature comme modèle.

## IV.4 Sitographie

### IV.4.1 Sur le blob

Universcience, l'établissement public qui réunit la Cité des sciences et de l'industrie et le Palais de la découverte, a lancé en mars 2019 [le blob, l'extra-média](#). Le blob prend la suite d'Universcience.tv, la WebTV créée en 2010, et Science Actualités.fr, le site d'actualité scientifique né en 1997 en lien avec l'espace d'exposition *Science Actualités* de la Cité qui continue d'exister en partenariat avec l'Association des journalistes scientifiques de la presse d'information.

Gratuit, sans abonnement et sans publicité, le blob est un média de service public.

Le blob propose une nouvelle vidéo à la une chaque jour, avec un fil d'actualité scientifique quotidien et des enquêtes mensuelles sur les grands enjeux contemporains, mêlant donc sujets de fond et actualité « chaude ».

- Une série en 36 épisodes, « Nature = futur ! », vous invite à découvrir combien « la nature est remarquable. Depuis 3,8 milliards d'année, elle trouve des solutions durables. À travers sa biodiversité, elle est une source d'innovation sans limite que nous commençons seulement à explorer. Le biomimétisme – ou bio-inspiration – est la démarche scientifique qui consiste à étudier la nature sous toutes ses formes : animaux, plantes, micro-organismes, écosystèmes, et à s'en inspirer afin de concevoir des matériaux, des stratégies, des procédés novateurs au service de l'humanité, moins polluants, moins consommateurs d'énergie, recyclables, plus sûrs et à moindre coût. »

<https://leblob.fr/series/nature-futur>

- Terre et blanc d'œuf

Pour rendre votre maison en terre crue imperméable, prenez de l'argile et mélangez-le à du blanc d'œuf ! Explications.

Un épisode de la série "Matières à construire"

<https://leblob.fr/fondamental/terre-et-blanc-doeuf>

- Le recyclage, une invention du vivant

Au Mexique, à Tepeyahualco, les roches blanches qui entourent le lac sont produites par plusieurs centaines d'espèces de bactéries. Ces micro-organismes apparus il y a 3,5 milliards d'années sont à l'origine de la vie sur Terre. Les microbiologistes Purificación López-García et David Moreira (CNRS / Université Paris-Sud / Universidad Nacional de Mexico) étudient leur capacité de recyclage de la matière...

Un épisode de la série "Atome Sweet Home"

<https://leblob.fr/fondamental/le-recyclage-une-invention-du-vivant>

- Diatomées, le pouvoir des trous

Les diatomées ne cessent de nous surprendre. Ces petites algues sont des championnes de la photosynthèse puisqu'elles sont responsables du quart de la production d'oxygène mondiale. Mais elles ont aussi la particularité de fabriquer du verre et d'entrer dans la composition d'une multitude de matériaux hybrides. La bio-inspiration ouvre des perspectives insoupçonnées aux chimistes.

Un épisode de la série "Des idées plein la tech".

<https://leblob.fr/fondamental/diatomees-le-pouvoir-des-trous>



#### IV.4.2 Ailleurs

Sur [Canal-U](#), la vidéothèque numérique en ligne de l'enseignement supérieur, vous trouverez de nombreuses conférences ayant pour thème le biomimétisme :

- [Les matériaux biomimétiques](#) par Hervé Arribart, directeur scientifique de Saint-Gobain Recherche (2006).
- [Les matériaux biomimétiques : de la nacre aux muscles artificiels](#) par Pierre-Gilles de Gennes, physicien (2000).
- [La biorobotique : de la mouche au robot et vice versa](#) par Stéphane Viollet, équipe Biorobotique de l'Institut des Sciences de Mouvement, Marseille (2013).

<http://www.biomimesis.fr/>

Le site d'Olivier Allard, spécialiste en biomimétisme, malheureusement plus mis à jour depuis 2017.

Un dossier « Le biomimétisme ou l'art de s'inspirer du vivant », réalisé dans le cadre de l'exposition « Ville biomimétique, Ville de demain » qui s'est tenue en 2013 à Vélizy-Villacoublay (78), est accessible [ici](#).

## IV.5 Bibliographie

Manola Antonioli (Sous la direction de), **Biomimétisme. Science, design et architecture**, éd. Loco, 2017.

Présentation de l'éditeur : « Les designers, les architectes et les artistes se sont toujours tournés vers la nature pour imiter la beauté de ses formes et y chercher l'inspiration d'un point de vue esthétique ou pour en imiter les procédés et les comportements. Le biomimétisme cherche aujourd'hui à s'inspirer de la nature pour inventer des solutions écologiques aux problèmes qui se posent dans les domaines les plus divers (l'agriculture, l'informatique, la science des matériaux, l'industrie) et pour développer de nouvelles interactions entre l'homme et ses environnements.

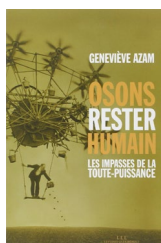
Cet ouvrage vise à réunir des chercheurs, designers, architectes pour interroger l'ensemble complexe de questions soulevées par la notion de « biomimétisme ». »

Geneviève Azam, **Osons rester humain. Les impasses de la toute-puissance**, éd. Les liens qui libèrent, 2015.

Présentation de l'éditeur : « Dérèglement climatique, réduction accélérée de la biodiversité, rapports scientifiques annonçant les prémices d'une catastrophe globale, la nature parle. Son rythme et son temps, qui semblaient maîtrisés et capturés dans une dimension techno-économique par des humains tout-puissants, font brutalement irruption. Les limites sont franchies et les horloges sont toutes dérégées. Il est grand temps de prendre enfin en compte la fragilité de la nature... »

Janine Benyus, **Biomimétisme. Quand la nature inspire des innovations durables**, éd. Rue de l'échiquier, 2017.

Présentation de l'éditeur : « Le biomimétisme est une approche scientifique révolutionnaire qui consiste à imiter les plus belles inventions de la nature – l'efficacité énergétique de la photosynthèse, la solidité du corail, la résistance des fils de soie de l'araignée, les propriétés adhésives des filaments de la moule – pour les adapter au service de l'homme. Janine M. Benyus nous fait découvrir des applications efficaces et respectueuses de l'environnement, développées par des chercheurs pionniers dans les domaines de l'agriculture, des matériaux, de l'informatique, de l'industrie, etc. Elle nous révèle ainsi la merveilleuse richesse de la nature, et nous incite à mieux l'observer pour l'imiter. Construit comme un voyage initiatique, riche de très nombreux témoignages, son livre est devenu une référence incontournable. »



Valérie Cabanes, **Un nouveau droit pour la Terre. Pour en finir avec l'écocide**, éd. du Seuil, 2016.

Présentation de l'éditeur : « Peuples et sociétés sont dépossédés de leurs moyens d'existence à travers le monde par la destruction de leur environnement. Face à cet écocide, comment repenser les droits de l'homme ?

L'écocide (fait de détruire la « maison Terre ») n'est pas un crime de plus, s'ajoutant à toutes les autres atteintes aux droits humains. Il est désormais le crime premier, celui qui ruine les conditions mêmes d'habitabilité de la Terre. D'ores et déjà, les dérèglements en cours attisent injustices et tensions géopolitiques tandis que ceux qui saccagent la planète restent impunis.

Aussi est-il urgent de revendiquer de nouvelles formes de responsabilité et de solidarité. Urgent de redéfinir un nouveau sens et de nouveaux cadres à l'action humaine au sein des limites planétaires. Le droit international doit se métamorphoser et s'universaliser autour d'une nouvelle valeur pivot, l'écosystème Terre, en reconnaissant un cinquième crime international, le « crime d'écocide ». »

Valérie Cabanes, **Homo natura. En harmonie avec le vivant**, éd. Buchet-Chastel, 2017.

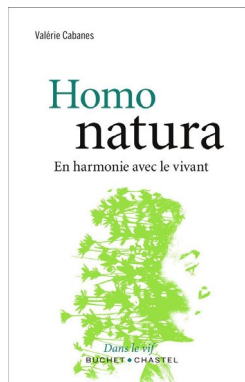
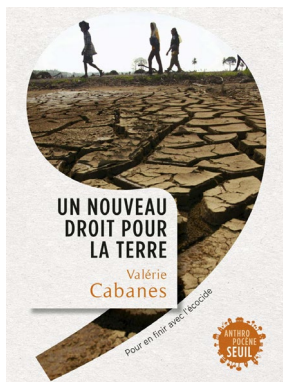
Présentation de l'éditeur : « Grâce à des conditions climatiques favorables et à des milieux de vie fertiles et foisonnants de biodiversité, nous avons prospéré pendant des millénaires. Toutefois, depuis deux siècles, nous avons malmené l'écosystème qui nous abrite et nous nourrit car nous évoluons comme hors-sol, isolés du reste du vivant, oubliant que nous sommes des êtres de nature. Nous devons réapprendre, à l'image des peuples premiers, notre rôle de gardiens. Nous devons retrouver le chemin d'une cohabitation harmonieuse avec les arbres, les plantes et les animaux mais aussi entre nous. Cette démarche exige de baisser nos armes économiques, de questionner notre rapport à la propriété, de limiter la souveraineté des États, de repenser la démocratie. Elle impose enfin de reconnaître que la nature a le droit d'exister et de se régénérer. C'est ainsi que nous pourrions garantir aux générations futures le droit à vivre dans un environnement sain et pérenne. »

Jean-Philippe Camborde, **Biomimétisme. Il y a du génie dans la nature !**, éd. Quæ, 2018.

Présentation de l'éditeur : « Grâce à la science, nous prenons chaque jour un peu plus la mesure des incroyables performances du monde vivant. « Prenez vos leçons dans la nature ! », disait Léonard de Vinci. Des ailes « solaires » du papillon Morpho au ver marin donneur de sang universel, des algues puits de carbone aux enseignements médicaux des chimpanzés, en passant par le fil de l'araignée cinq fois plus solide que l'acier... l'homme s'émerveille et invente. Cannes pour aveugles basées sur l'écholocalisation, éoliennes à haut rendement aussi flexibles que des ailes, bâtiments « vivants » sensibles comme la pomme de pin aux variations du climat, et peut-être un jour des villes éclairées grâce aux lumières des abysses, la source d'inspiration est inépuisable et les champs d'application du biomimétisme multiples. De nombreuses solutions aux problèmes que rencontrent nos sociétés semblent se trouver au cœur de la nature qui nous entoure, écoutons-la !

Ce beau livre présente 30 exemples de démarches bio-inspirées et montre comment, à partir du génie de la nature enfin dévoilé, des chercheurs, des innovateurs et des entrepreneurs imaginent pour nous le monde de demain. »





Isabelle Delannoy, **L'économie symbiotique. Régénérer la planète, l'économie et la société**, éd. Actes sud, 2017.

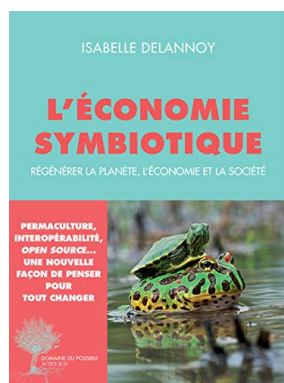
Présentation de l'éditeur : « Cet ouvrage présente une analyse innovante des nouveaux modes de production et d'organisation économique ayant émergé ces cinquante dernières années et montre qu'ils forment une seule et même économie, apparue de façon cohérente et non concertée dans le monde. Réinscrivant les activités humaines dans les grands cycles de la planète, couplant leur productivité à la régénération des écosystèmes et des liens sociaux, ils forment ensemble une économie que l'on peut qualifier de symbiotique. »

Geneviève Féron-Creuzet, **Le crépuscule fossile**, éd. Stock, 2015.

Présentation de l'éditeur : « De quoi fossile est-il le nom ? D'une source d'énergie, d'une civilisation, d'un modèle économique, d'un système de valeurs ?

Parmi les énergies fossiles, le pétrole a été le maître de tous les arbitrages géopolitiques, économiques et financiers, au point de créer une nouvelle civilisation : la civilisation fossile, dominée par une nouvelle race de seigneurs. Cette civilisation est entrée dans un crépuscule, un long crépuscule flamboyant dans lequel ces élites, relayées par des lobbys influents, confites dans leur toute puissance, tentent encore de ranimer la flamme d'une croissance éternelle. Quel paradoxe : eux qui ont tant contribué à l'accélération de l'histoire humaine, prenant des risques inconsidérés, sont aujourd'hui à la tête des forces conservatrices uniquement focalisées sur la préservation de leur rente.

Comment dès lors lutter contre ces forces adverses et faire émerger une conception nouvelle du bien commun ? Un nouveau modèle de civilisation postfossile ? »



Agnès Guillot, Jean-Arcady Meyer, **Poulpe Fiction. Quand l'animal inspire l'innovation**, éd. Dunod, 2014.

Présentation de l'éditeur : « Avec sa cyber-main toute neuve, Gaïa ferme sa combinaison en fil d'araignée et ajuste d'un coup sec son casque-pivert. De son immeuble-termitière, elle inspecte les environs avec amusement : des insectoïdes pollinisent les fleurs, des lézardoïdes nettoient les façades, des serpentoïdes inspectent les conduits. Un humanoïde la salue en souriant. Une belle journée commence.

Futuriste, le quotidien de Gaïa ? Tous les éléments de cette tranche de vie existent depuis une décennie, sous forme de projets, de prototypes ou de produits déjà industrialisés. Cet ouvrage présente les plus récentes découvertes technologiques, robotiques et bioniques inspirées des animaux. Hydrolienne-thon, robot-poulpe-sous-marin, humanoïde-auxiliaire de vie, prothèse contrôlée par ondes cérébrales... autant d'innovations qui ne sont déjà plus des fictions ! »

Veronika Kapsali, **Le grand livre du biomimétisme. S'inspirer de la nature pour inventer demain**, éd. Dunod, 2017.

Présentation de l'éditeur : « Véritable opportunité pour le futur, le biomimétisme consiste à s'inspirer du vivant pour tirer parti des capacités exceptionnelles de la nature. Proposant un large panorama des dernières innovations techniques dans les domaines de l'ingénierie, de l'architecture, du textile ou encore de l'agroalimentaire, ce beau livre largement illustré met en regard la nature – la bardane, l'ours polaire, la photosynthèse, les bancs de barracudas, les molécules de protéines... – et les innovations techniques qui en sont inspirées – le velcro, les textiles solaires, la biobatterie, l'intelligence artificielle distribuée, les meubles qui s'auto-assemblent...

Au cœur des stratégies d'innovation du 21<sup>e</sup> siècle, le biomimétisme profite ici d'un ouvrage complet. Une vraie source d'inspiration ! »



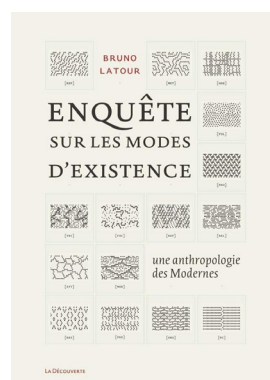
Bruno Latour, **Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des Modernes**, éd. La Découverte, 2012.

Présentation de l'éditeur : « Au moment où notre univers est menacé de destruction, ce livre-monde voudrait dépasser les oppositions philosophiques binaires et le découpage de la réalité en « domaines » devenus inopérants et proposer un *plurivers* plutôt qu'un *univers* à partir de quinze « modes d'existence » aptes à rendre compte de la réalité.

Le spectre de la modernisation hante la planète. On compare les sociétés en s'interrogeant sur les avancées ou sur les reculs de ce front apparemment irréversible de modernisation. Or, chose étrange, on manque toujours d'une description anthropologique de ceux qui se désignent comme étant à l'origine de ce mouvement. Dans un précédent livre, Bruno Latour avait fait l'hypothèse que « nous n'avons jamais été modernes » : le développement des sciences et des techniques nous aurait entraînés dans une histoire d'attachements chaque jour plus intimes entre humains et non-humains. Une histoire tout à fait contraire de celle des Modernes s'émancipant toujours davantage de la nature.

Pour repérer les valeurs multiples et contradictoires auxquelles tiennent ceux qui se disent Modernes, il faut accepter qu'il y ait plusieurs régimes de vérité, plusieurs types de raison, plusieurs modes d'existence dont l'enquêteur doit dresser avec soin les conditions de félicité et d'infélicité. On peut alors revisiter le cœur de notre vie collective : les sciences, les techniques, mais aussi le droit, la religion, la politique et, bien sûr, l'économie, la plus étrange et la plus ethnocentrique des productions. Et se poser autrement ces questions : Que nous est-il donc arrivé ? De quoi pouvons-nous hériter ? Qu'avons-nous en propre ? L'enjeu n'est pas mince au moment où les crises écologiques obligent toutes les sociétés à repenser ce qu'elles ont en commun.

Pour avancer dans ces questions, l'auteur a mis au point un dispositif original qui s'appuie sur une enquête collective auquel le livre sert d'introduction, de rapport provisoire. Grâce à un environnement numérique monté tout exprès, les lecteurs pourront participer au recueil des expériences multiples repérées par l'enquête, avant de devenir coproducteurs des versions finales. C'est par cet exercice d'*humanités numériques* que l'auteur prétend renouveler, avec ses lecteurs, l'anthropologie philosophique des Modernes. »



Bruno Latour, **Face à Gaïa. Huit conférences sur le Nouveau Régime climatique**, éd. La Découverte, 2015.

Présentation de l'éditeur : « James Lovelock n'a pas eu de chance avec l'hypothèse Gaïa. En nommant par ce vieux mythe grec le système fragile et complexe par lequel les phénomènes vivants modifient la Terre, on a cru qu'il parlait d'un organisme unique, d'un thermostat géant, voire d'une Providence divine. Rien n'était plus éloigné de sa tentative. Gaïa n'est pas le Globe, n'est pas la Terre-Mère, n'est pas une déesse païenne, mais elle n'est pas non plus la Nature, telle qu'on l'imagine depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, cette Nature qui sert de pendant à la subjectivité humaine. La Nature constituait l'arrière-plan de nos actions.

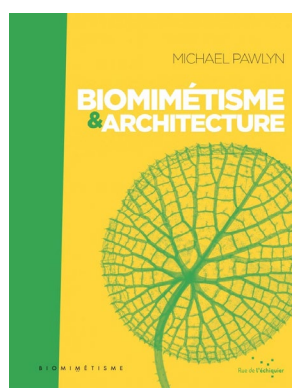
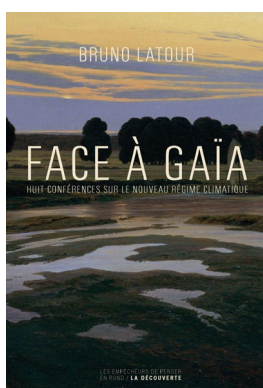
Or, à cause des effets imprévus de l'histoire humaine, ce que nous regroupions sous le nom de Nature quitte l'arrière-plan et monte sur scène. L'air, les océans, les glaciers, le climat, les sols, tout ce que nous avons rendu instable, interagit avec nous. Nous sommes entrés dans la géohistoire. C'est l'époque de l'Anthropocène. Avec le risque d'une guerre de tous contre tous.

L'ancienne Nature disparaît et laisse la place à un être dont il est difficile de prévoir les manifestations. Cet être, loin d'être stable et rassurant, semble constitué d'un ensemble de boucles de rétroactions en perpétuel bouleversement. Gaïa est le nom qui lui convient le mieux.

En explorant les mille figures de Gaïa, on peut déplier tout ce que la notion de Nature avait confondu : une éthique, une politique, une étrange conception des sciences et, surtout, une économie et même une théologie. »

Michael Pawlyn, **Biomimétisme et architecture**, éd. Rue de l'échiquier, 2019.

Présentation de l'éditeur : « Plus de 3,5 milliards d'années d'histoire du vivant ont donné d'innombrables exemples de formes, de systèmes et de processus qui peuvent être appliqués au design écologique moderne. Dans *Biomimétisme et architecture*, véritable recueil d'innovations durables, Michael Pawlyn propose aux architectes, aux urbanistes et aux designers de s'inspirer de la nature pour accroître radicalement l'efficacité des ressources utilisées. Doté d'une très riche iconographie, cet ouvrage passe en revue les grandes problématiques architecturales et la façon dont le biomimétisme peut aider à les aborder : la solidité des structures, les matériaux de construction, les déchets, la gestion de l'eau, le confort thermique, l'utilisation de la lumière et la consommation énergétique. »

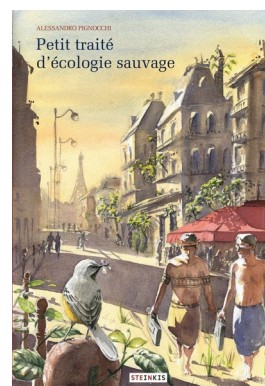
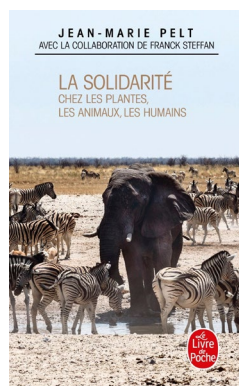


Jean-Marie Pelt, **La solidarité chez les plantes, les animaux, les humains**, éd. Le livre de Poche, 2006.

Présentation de l'éditeur : « Une interprétation, fort discutable, de l'œuvre de Darwin a imposé la compétition et la lutte comme les moteurs de la vie, aussi bien dans la nature que dans la société. Or la nature met en œuvre d'innombrables systèmes de symbioses et de solidarités qui ont joué un rôle déterminant dans toute l'évolution biologique et sans lesquels il serait impossible de comprendre le fonctionnement des écosystèmes. Les lichens comme les coraux sont des êtres doubles où chacune des parties rend des services à l'autre ; quant aux champignons, ils nourrissent les arbres qu'ils paraissent parasiter. Dans le règne animal, les prestations de services mutuels entre espèces sont tout à fait courantes. Poissons et oiseaux pratiquent des comportements d'entraide qui témoignent d'un authentique altruisme et qui, comme l'amitié chez de nombreux mammifères, ne sont pas le propre de l'homme. Quant aux sociétés humaines, elles ont développé de précieuses organisations : les mutualités, les coopératives, la sécurité sociale et les assurances... qui sont la base de l'économie solidaire. La création de nouveaux mécanismes de solidarité sera pourtant absolument nécessaire si l'on veut assurer demain à tous un emploi et un statut dignes d'un être humain ; mais aussi pour sauver la planète des menaces grandissantes que notre mode de développement fait peser sur elle. »

Alessandro Pignocchi, **Petit traité d'écologie sauvage**, éd. Steinkis, 2017. Roman graphique.

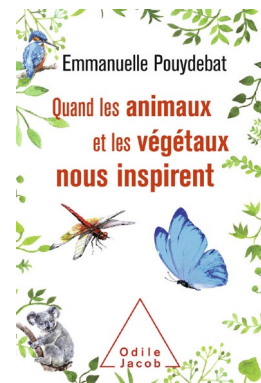
Présentation de l'éditeur : « Et si le premier ministre se prenait de passion pour les rainettes ? Et si écraser un hérisson par mégarde risquait de déclencher la fureur de son esprit protecteur ? Et si le monde et ses dirigeants adoptaient l'animisme des Indiens d'Amazonie ? La culture occidentale traditionnelle, quant à elle, ne subsisterait plus que dans quelques régions françaises, où un anthropologue jivaro viendrait l'étudier et militer pour sa sauvegarde. De ce parti pris, Alessandro Pignocchi fait émerger un monde où les valeurs s'inversent, les lignes se déplacent et où les rainettes reçoivent enfin la considération qu'elles méritent. »



Alessandro Pignocchi, **La cosmologie du futur**, éd. Steinkis, 2018. Roman graphique.  
Présentation de l'éditeur : « Des mésanges punks qui se mêlent de politique, Des hommes politiques plus animistes que des Indiens d'Amazonie, Un anthropologue jivaro qui tente de sauver ce qui reste de la culture occidentale, Voici quelques habitants de ce monde nouveau où le concept de « nature » a disparu, où les plantes et les animaux sont considérés comme des partenaires sociaux ordinaires et où le pouvoir n'exerce plus aucun attrait. Après la lecture de ce livre, vous ne regarderez plus jamais les mésanges et les hommes politiques de la même façon. »

Emmanuelle Pouydebat, **Quand les animaux et les végétaux nous inspirent**, éd. Odile Jacob, 2019.

Présentation de l'éditeur : « Un papillon bleu pour améliorer nos panneaux solaires ? Un martin-pêcheur pour optimiser le TGV japonais ? Des pommes de pin qui inspirent des architectes ? Du venin de mamba noir pour lutter contre la douleur ? Éclairera-t-on les secrets du sida et du cancer grâce aux koalas et aux requins ? Vivra-t-on bientôt plus longtemps grâce au rat-taube nu ou aux méduses qui rajeunissent ? Le vivant s'adapte en permanence. Il possède des solutions infinies et extraordinaires. À nous de les découvrir avant qu'il ne soit trop tard. De les découvrir pour sauver la nature et pour nous sauver nous, les humains. Notre sauvegarde et la sienne, ensemble, sinon rien. La nature parle, écoutons-la ! Des libellules aux nouvelles éoliennes, des pattes d'écrevisses aux prothèses de main bioniques : la bio-inspiration, au cœur de la recherche scientifique, économique et... écologique ! »



François Roddier, **Thermodynamique de l'évolution. Un essai de thermo-bio-sociologie**, éd. Parole, 2012.

Présentation de l'éditeur : « Ils ne sont pas nombreux les livres qui nous donnent la vie. Celui-ci en est un. Il nous donne la vie parce qu'il va nous permettre d'éclairer l'avenir de l'humanité, si celle-ci veut survivre. Pour son auteur, le savant François Roddier, « Ce livre adresse un message aux générations actuelles et futures. L'Histoire montre que chaque fois qu'une société est en crise, elle cherche des coupables et désigne des boucs émissaires. Ce livre désigne le vrai coupable : les lois de la mécanique statistique contre lesquelles nous sommes individuellement impuissants. Howard Bloom parle d'un principe de Lucifer sans savoir qu'il s'agit des principes fondamentaux de la thermodynamique. Nos souffrances sont dues à l'entropie liée à notre méconnaissance des lois de l'univers. Lorsque ces lois seront universellement reconnues et comprises, cette entropie aura été évacuée. L'humanité sera enfin capable de prendre en charge son destin et d'atténuer ses souffrances. » Ce livre n'est pas facile à lire. Pourtant, il est génial : il nous donne l'intelligence de comprendre une myriade de choses dont le sens nous échappait. Nous comprenons même de façon intuitive ce que nous ne comprenons pas. C'est jubilatoire.

Certes, on peut continuer à vivre sans avoir lu ce livre qui pourtant ne donne pas de réponses toutes faites. Il faut alors accepter de souffrir en se demandant où va l'humanité. Certes, ce livre fait partie du débat entre savants qu'ils soient physiciens, biologistes ou sociologues. Mais l'avenir de l'humanité appartient à tous et nous avons le devoir de nous mêler de nos affaires. Comme tous les livres qui nous donnent la vie, celui-ci exige une petite révolution qui dérange les habitudes, les certitudes, les aveuglements, les chapelles. Mais quel bonheur de sortir à la lumière en regardant les choses sous un autre angle. »

Pablo Servigne, Gauthier Chapelle, **L'entraide, l'autre loi de la jungle**, éd. Les liens qui libèrent, 2017.

Présentation de l'éditeur : « Dans cette arène impitoyable qu'est la vie, nous sommes tous soumis à la « loi du plus fort », la loi de la jungle. Cette mythologie a fait émerger une société devenue toxique pour notre génération et pour notre planète.

Aujourd'hui, les lignes bougent. Un nombre croissant de nouveaux mouvements, auteurs ou modes d'organisation battent en brèche cette vision biaisée du monde et font revivre des mots jugés désuets comme « altruisme », « coopération », « solidarité » ou « bonté ». Notre époque redécouvre avec émerveillement que dans cette fameuse jungle il flotte aussi un entêtant parfum d'entraide...

Un examen attentif de l'éventail du vivant révèle que, de tout temps, les humains, les animaux, les plantes, les champignons et les micro-organismes – et même les économistes ! – ont pratiqué l'entraide. Qui plus est, ceux qui survivent le mieux aux conditions difficiles ne sont pas forcément les plus forts, mais ceux qui s'entraident le plus.

Pourquoi avons-nous du mal à y croire ? Qu'en est-il de notre tendance spontanée à l'entraide ? Comment cela se passe-t-il chez les autres espèces ? Par quels mécanismes les personnes d'un groupe peuvent-elles se mettre à collaborer ? Est-il possible de coopérer à l'échelle internationale pour ralentir le réchauffement climatique ?

À travers un état des lieux transdisciplinaire, de l'éthologie à l'anthropologie en passant par l'économie, la psychologie et les neurosciences, Pablo Servigne et Gauthier Chapelle nous proposent d'explorer un immense continent oublié, à la découverte des mécanismes de cette « autre loi de la jungle ». »

Alain Thiery, **Biomimétisme, on n'a rien inventé ! Des animaux qui inspirent la science**, éd. Le Cavalier Bleu, 2017.

Présentation de l'éditeur : « Le Velcro, l'ouverture des canettes de soda, le Shinkansen (TGV japonais), l'architecture de la Tour Eiffel, le stade olympique de Pékin, et de nombreux autres exemples encore témoignent de la source d'inspiration qu'est la nature pour les ingénieurs, les médecins, les architectes, et autres chercheurs. En effet, c'est en scrutant le vivant, les plantes et les animaux, que l'homme a trouvé, trouve et trouvera des solutions à nombre de ses problèmes. Plus qu'une simple « copie », le biomimétisme traduit une attention, une attitude observatrice et non dominatrice de la nature, pour reproduire de façon optimale certains dispositifs qu'elle a mis en place et les adapter à l'humain. Cet ouvrage fourmille d'exemples détaillés dans un style accessible et ludique, pour que nous ne regardions plus la nature comme avant. »



L'hebdomadaire *La Vie* a sorti un hors-série de 68 pages sur le biomimétisme, abordant trois grands thèmes : copier pour mieux produire, imiter pour moins polluer et s'inspirer pour mieux vivre.

Éditorial : « Face à l'urgence écologique et au défi démographique, s'inspirer du génie de la nature ouvre des solutions d'avenir pour la recherche et l'industrie, génératrices d'emplois et bénéfiques pour la planète. Du biomimétisme à l'économie bleue, ce hors-série fourmillant d'exemples explore des tendances scientifiques innovantes et des modes de production émergents inspirés des écosystèmes. Il rencontre les acteurs d'une révolution douce qui revendique le vivant comme mot d'ordre et comme modèle pour mieux vivre et inventer demain. »





## IV.6 Activités pour la classe

### IV.6.1 Module destiné à la fin du cycle 4

L'épiaire laineux (*Stachys byzantina*), appelé aussi épiaire de Byzance, est une plante herbacée cultivée comme plante ornementale. Elle sert de prétexte à un très beau module bâti par Katia Allegraud et Mathieu Farina. Proposé par la fondation *La main à la pâte* et disponible à la page <https://www.fondation-lamap.org/node/50096>, il est construit sur deux séquences (« Le vivant au sec » puis « Innovation technologique »). Il mêle sciences du vivant, sciences physiques et technologie et illustre la complémentarité entre des connaissances issues de différents champs disciplinaires.

Le projet se compose de 5 à 6 séances de 55 minutes.



Un épiaire laineux surpris au jardin botanique de Besançon. Crédit : CC BY-SA 3.0 / Aranud 25.

#### Déroulé global du module

① Le professeur de **sciences de la vie et de la Terre** présente le défi technologique : une entreprise innovante cherche un moyen pour améliorer l'accès à l'eau dans les zones arides des pays en voie de développement. S'inspirant du scarabée du désert, un insecte capable de collecter la rosée du matin et de la boire après condensation, les ingénieurs de l'entreprise décident de concevoir un dispositif similaire (nommé condenseur) car les zones qu'ils étudient sont propices à la formation de rosée.

Très vite, ils se heurtent à une contrainte dans l'élaboration de leur prototype : une partie des gouttes d'eau formées s'étale sur le condenseur et ne s'écoule pas correctement. Ces gouttes d'eau s'évaporent ensuite et sont perdues pour le dispositif de récupération.

② Les élèves vont jouer le rôle de ces ingénieurs qui doivent trouver une solution pratique à ce problème. Pour rechercher une solution, ils vont suivre la même approche que celle utilisée pour proposer l'idée initiale : ils vont chercher à s'inspirer du vivant pour concevoir une idée originale (biomimétisme).

③ En **sciences de la vie et de la Terre**, les élèves étudient donc d'abord des organismes vivants présentant des structures particulièrement hydrophobes, sur lesquelles l'eau glisse sans s'étaler. Parmi ces structures, on évoquera les plumes du canard ou certaines feuilles comme celles de l'épiaire laineux. L'objectif est donc de mettre en évidence, par des observations, les caractéristiques qui confèrent à ces tissus un caractère super-hydrophobe. À l'aide de la loupe binoculaire, les élèves pourront mettre en évidence le rôle des poils dans la feuille d'épiaire laineux, qui est à l'origine d'un « effet Fakir », c'est-à-dire que la goutte d'eau glisse sur les poils sans pénétrer à l'intérieur du duvet et ainsi, diminue sa surface de contact avec l'épiderme foliaire. Un tel effet est obtenu quand la surface présente une microstructure (ici, le duvet de poils assez dense) et une surface hydrophobe. Tout au long de cette séquence, les élèves sont confrontés à la nécessité d'élaborer des protocoles de mesures objectifs pour évaluer le caractère hydrophobe des différents tissus qui leur sont proposés (et ne pas se contenter d'une évaluation intuitive de ce caractère)

[Séquence 1 : le vivant au sec](#)

④ Accompagnés par le professeur de **technologie**, les élèves exploitent les éléments acquis lors de la première séance, aussi bien en termes de savoirs (notion d'hydrophobicité, éléments à l'origine du caractère hydrophobe...) que de savoir-faire (mise en place de protocoles de mesures objectifs). Les élèves disposent de matériel qu'ils doivent utiliser pour concevoir et améliorer des prototypes de surface pour le condenseur. Ils doivent évaluer leur production à l'aide de protocoles qui permettent de comparer de façon objective les prototypes obtenus par les différents groupes. Ce faisant, ils simuleront le travail des ingénieurs d'une équipe de recherche et développement d'une entreprise cherchant à concevoir et élaborer des nouveaux dispositifs.

[Séquence 2 : innovation technologique](#)

## IV.6.2 Thèmes à explorer dans le cadre d'exposés ou d'EPI

### Le biomimétisme dans l'agroécologie

- [Les fraternités ouvrières](#) – une expérience de permaculture en Belgique.
- Félix Noblia : vers une agriculture sans pesticides ni labour.
- [Centre Songhai au Bénin](#) : une expérience vertueuse, selon une logique « circulaire » et locale.
- La pisciculture extensive dans le sud de l'Espagne.

## Le biomimétisme dans l'énergie

- La photosynthèse artificielle : le projet [eSCALED](#).
- La [cellule photo-électrochimique](#) (Vincent Artero, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives).
- Projet [EEL](#) d'hydrolienne à membrane fonctionnant en milieu fluide, inspirée du mouvement d'ondulation des poissons marins.

## Le biomimétisme dans la chimie et la production de matériaux

- fil d'araignée – basket Adidas (par l'entreprise [AMSilk](#)).
- diatomées – dépôt de surface en verre (procédé « sol-gel » de [Jacques Livage](#), ancien titulaire de la chaire de chimie de la matière condensée au Collège de France).
- moule – colle Purebond® pour le contreplaqué ([Columbia Forest Products](#)), qui permet d'éviter l'emploi de méthanal, classé « substance cancérogène avérée pour l'homme » par le Centre international de recherche sur le cancer.
- plantes dépolluantes – éco-catalyseur. On peut consulter en ligne la thèse de Pierrick Dufrenoy (2019), préparée au sein de l'Université Le Havre Normandie, « Valorisation en synthèse organique d'éco-catalyseurs hétérogènes régénérables à partir de matériaux verts cultivés sur des sols contaminés ». On peut également consulter l'article Wikipédia [Écocatalyse](#) pour une première approche.

## Le biomimétisme dans l'habitat

- [Eastgate Centre](#) (Zimbabwe), l'immeuble « termitière » de l'architecte Mike Pearce.
- Les parasols rétractables de l'architecte allemand Mahmoud Bodo Rasch.
- Les structures biomimétiques de l'architecte allemand [Achim Menges](#). Son site internet est accessible [ici](#).
- Les cathédrales et habitations de bambou en Colombie de l'architecte Simon Vélez.
- Les maisons yéménites.
- Les « [ReGen villages](#) », des villages auto-suffisants qui produiront l'énergie et la nourriture dont leurs habitants auront besoin.
- Les [écoquartiers](#), par exemple, ceux de Marseille et Strasbourg, développés par le laboratoire Phosphore d'Eiffage.
- Le phare, une maison d'habitation de Notre-Dame-des-Landes.
- Un rapport de synthèse « Habitat bio-inspiré » (Ceebios / Région Nouvelle-Aquitaine) est accessible [ici](#).

## Le bio-numérique

- Les synapses artificielles s'inspirant des synapses du cerveau humain.
- La nano-optique inspirée du vivant pour remplacer l'électronique de nos machines.
- La société [Prophesee](#) commercialise des capteurs et des algorithmes qui révolutionnent la vision industrielle en imitant le fonctionnement de l'œil humain et du cerveau, permettant de réduire considérablement les exigences en matière de puissance, de latence et de traitement des données imposées par les systèmes traditionnels à base de trames.

## Le biomimétisme dans les organisations humaines

Voici quelques exemples d'entreprises ou d'organisations sociales à plusieurs échelles ayant changé leurs modes de gouvernance et/ou de production.

- Société [Interface](#), programme « Factory as a forest », en cours de changement du modèle de production.
- Société Semco Partners au Brésil, dont le PDG, Ricardo Semler, a imposé une forme radicale de démocratie collective qui récompense la sagesse des travailleurs, promeut l'équilibre vie professionnelle / vie personnelle et mène à une vision profonde de ce que sont vraiment le travail et la vie.
- [Morning Star](#) (production et transformation de tomates, en Californie), une entreprise de plus de 2 000 employés qui fonctionne en « self management ».
- [Buurtzooq](#) (Pays-Bas), une entreprise d'infirmières à domicile fonctionnant selon le modèle de sociocratie.
- FAVI (Fonderie et ateliers du Vimeu), un fabricant de boîte à vitesse où les commandes sont traitées directement par les salariés ouvriers ingénieurs. L'entreprise a fait l'objet d'un reportage par Capital, accessible [ici](#).
- La charte du Contrat social, constitution provisoire de la région autonome syrienne autoproclamée sous le nom de Rojava (ou *Kurdistan occidental* ou *Kurdistan syrien*). Il s'agit d'une expérimentation à l'échelle d'un état d'une gouvernance « écologique ».
- [Patagonia](#), une entreprise californienne de vêtements techniques éco-conçus de sports de montagne et de surf. Patagonia réfléchit à ses modes de production et aux caractéristiques de ses produits pour les rendre compatibles avec la vie ; elle incite et forme ses employés à un engagement actif en matière de lutte écologique.

### IV.6.3 Liens avec les thèmes scolaires des cycles 3 et 4 et pistes d'activités par matière

Ce paragraphe a été conçu et écrit par Omar Rami, professeur relais Universcience pour le 1<sup>er</sup> degré et 2<sup>nd</sup> degré, responsable du Master de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (MEEF) 1<sup>re</sup> année parcours CAPLP STI à l'INSPÉ de l'UPEC, site de Saint-Denis.



L'exposition *Bio-inspirée* est destinée à des élèves de cycle 3 et cycle 4. Les différentes séquences qui peuvent être abordées dans chacune des classes d'un cycle peuvent avoir une entrée dans leur programme grâce aux thèmes de séquences suivants, croisés avec les fonctions de l'exposition.

	Coopération	CHNOP	Biosphère	Variabilité	Photosynthèse	Sobriété	Cycles	Ajustement au local	Outils numériques	Architecture (BOB)
<b>Cycle 3</b>										
Mondialisation								Histoire et géographie		
Pollution			Sciences et technologie							
Développement durable							Enseignement moral et civique			
Droits humains	Enseignement moral et civique									
Biodiversité				Sciences et technologie		Arts plastiques				
<b>Cycle 4</b>										
Aménager un espace								Arts plastiques		
Produire et convertir une énergie					Technologie					
Économiser l'énergie									Technologie	
Préserver l'environnement		Physique - Chimie								
Assurer le confort dans une habitation										Sciences de la vie et de la Terre

## Cycle 3 : CM1 – CM2 – 6<sup>e</sup>

### Liens avec les thèmes par matière de l'école élémentaire et du collège et pistes d'activités

#### Arts plastiques

*Entrées possibles grâce au thème :*

- La biodiversité

*Piste d'activité*

**La 6<sup>e</sup> fonction du vivant, à savoir « La sobriété »,** a pour objectif de montrer qu'un des fonctionnements communs à tous les êtres vivants est d'optimiser, d'éviter le gaspillage, et d'adapter la forme à la fonction. Dans ce cadre, on pourra par exemple proposer aux élèves de reproduire les différents motifs obtenus lors du grossissement de l'aile d'un papillon morphe bleu. Ainsi, grâce à cette création, ils pourront encore mieux appréhender le lien et les relations entre chaque grossissement et la fonction de cette aile. Cette approche pédagogique entre dans le cadre du **questionnement autour des fabrications et la relation entre l'objet et l'espace du programme d'arts plastiques**, ici dans une dimension biologique, où les qualités plastiques d'un papillon permettent sa sélection naturelle répondant au principe du « juste nécessaire ».

#### Enseignement moral et civique

*Entrées possibles grâce aux thèmes :*

- Les droits humains et environnementaux
- L'éducation au développement durable

*Pistes d'activité :*

Une activité intéressante sur le thème des droits humains et environnementaux dans cette matière pourrait être en lien avec la **fonction 1 de l'exposition, à savoir « La coopération »**, dont un des objectifs est de montrer que la coopération est un phénomène fréquent et nécessaire dans le monde du vivant. En effet, on pourra par exemple proposer aux élèves de s'inspirer des différentes formes de relations inter-espèces qui existent, et d'identifier lesquels peuvent être comparables à celles qui doivent exister entre les humains pour que ces derniers vivent en harmonie en respectant mutuellement leurs droits et leur liberté. Ceci est en lien avec des **objets d'enseignement de la matière sur le respect des autres dans leur diversité, avec l'item « droits humains et environnementaux »**.

Concernant l'autre entrée (« l'éducation au développement durable »), **la fonction 7 pourrait convenir (« les cycles »)**. Un de ses objectifs est de présenter les cycles indispensables de la matière entre les organismes vivants et les organismes morts, en montrant une forme de « durabilité de la vie au-delà de la mort ». Dans ce cadre, un élève pourrait observer tout d'abord les processus de décomposition de matière

organique en humus avec le procédé « d'humusation », permettant de réintégrer des déchets organiques à un cycle servant à nourrir le vivant. Ensuite, il pourra citer des exemples d'actions que l'Homme d'aujourd'hui pourrait faire (ou ne pas faire) afin de favoriser voire d'améliorer la vie de l'Homme de demain sur notre planète, dans une logique de développement durable. Ceci est en lien avec des **objets d'enseignement sur la notion de bien commun dans la classe, l'école, l'établissement, la société et l'environnement, au sein même de l'éducation morale et civique d'un citoyen.**

## Sciences et technologie

*Entrées possibles grâce aux thèmes :*

- La pollution et traitement des déchets
- La biodiversité

*Pistes d'activité :*

L'entrée thématique de séquence « La pollution et le traitement des déchets » pourrait être liée à la **fonction 3 sur le thème de « La biosphère »**. Ce dernier a pour objectif de montrer que la vie a besoin de conditions biogéochimiques particulières pour pouvoir se maintenir sur Terre, conditions qu'elle participe d'ailleurs elle-même à entretenir. Pour cela, les élèves devront identifier les limites planétaires à ne pas franchir pour maintenir la vie sur notre planète. Une de ces limites, la concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de son atmosphère, est particulièrement touchée par la pollution. Ainsi, une activité à proposer à des élèves dans le cadre des sciences et technologies est de leur demander par exemple quels leviers dans le traitement des déchets de la pollution peuvent être utilisés pour diminuer cette limite de CO<sub>2</sub>. Ceci entre dans le cadre de la **description des états et la constitution de la matière à l'échelle macroscopique du programme**, liées au domaine du tri et du recyclage des matériaux, support d'activités à privilégier. La question de la toxicité de certaines substances pour les milieux naturels peut être aussi abordée, notamment par rapport à leur dégagement d'un certain niveau de CO<sub>2</sub> (qui pourra d'ailleurs être quantifié en 6<sup>e</sup>). Ainsi, une des tâches demandées aux élèves dans les activités pourrait être de séparer des constituants naturels pollués par décantation, filtration, ou évaporation selon les choix pédagogiques du professeur.

Concernant la seconde entrée sur « La biodiversité », **elle peut être en lien avec la fonction 4 (« La variabilité »)**, dont l'objectif est de montrer la diversité du monde vivant, avec ses avantages menant à sa pérennité.

Les élèves peuvent par exemple, après avoir appréhendé l'avantage de la diversité d'une population en comparant sa résilience à d'autres sous l'effet d'un stress (vague de froid ou déforestation déclenchée par l'appui sur un bouton de l'atelier expérimental), citer des exemples de population qui résistent à leur extinction grâce à différents types de variabilités (génétiques, morphologiques, métaboliques, etc.). Le professeur peut recueillir tout d'abord leurs idées à travers un brainstorming, et les organiser ensuite sous forme de carte mentale dont les premières ramifications seraient ces variabilités, et ce, en guise de synthèse pour les élèves.

Ceci entre dans le **cadre du vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent du programme de sciences et technologie**, où les élèves peuvent exploiter l'observation d'êtres vivants dans leur environnement (ici, des escargots) et font le lien entre l'aspect d'un animal ou d'un végétal et son milieu, afin de constater son adaptation à son environnement, une conséquence de sa résilience. Un lien pourra être aussi fait avec les différentes mutations génétiques d'un virus nécessaires à sa survie, comme celui de la grippe ou du COVID-19, plus d'actualité.

## Histoire et géographie

*Entrées possibles grâce au thème :*

- La mondialisation (migrations et métropolisation)

*Pistes d'activité :*

Le thème de séquence sur « la mondialisation » peut avoir une première entrée pédagogique en histoire à travers les « migrations » de populations humaines depuis des temps immémoriaux. Il est intéressant de montrer aux élèves que ce comportement de déplacement peut être en opposition avec celui de certains êtres vivants qui sont plutôt sédentaires, et ce grâce à la **fonction 8 « L'ajustement au local » de l'exposition**. Il a pour objectif de montrer, au contraire, que certaines espèces vivantes s'adaptent aux contextes locaux de leur environnement en termes de ressources. Grâce à un scénario où les élèves sont interpellés sur l'évidente nécessité pour les végétaux de s'adapter au local, ils peuvent néanmoins s'interroger sur les raisons qui poussent certains êtres vivants à la sédentarité malgré leur possibilité de se déplacer, et au contraire d'autres aux déplacements alors qu'ils ont toutes les conditions propices à leur ajustement et adaptation à leur environnement. Ceci peut entrer dans le thème n°1 de la classe de 6<sup>e</sup> concernant **la longue histoire de l'humanité et des migrations**, où des premières grandes migrations de l'humanité peuvent être par exemple constatées par les élèves à partir de l'observation de cartes.

Ceci amène une première réflexion sur l'histoire du peuplement de notre planète par l'Homme et ce à l'échelle mondiale, et de fil en aiguille, à la mondialisation conséquence indirecte de ces migrations. Enfin, une comparaison pourra être faite par les élèves, grâce notamment à l'atelier en lien avec la fonction 8, avec des populations d'êtres vivants qui ont plutôt choisi la localité avec ses avantages et ses inconvénients sur leur subsistance, et ce par rapport à d'autres qui ont opté plutôt pour la migration.

Toujours en lien avec le thème de séquence sur « La mondialisation », **une seconde entrée peut se faire en géographie suivant « la métropolisation »**, qui est une caractéristique majeure de l'évolution géographique du monde contemporain, donnant les premières bases de connaissances aux élèves (remobilisées lors du cycle 4 en classe de 4<sup>e</sup>). Même si aucun lien direct ne peut se faire avec l'exposition, il est néanmoins intéressant de faire constater aux élèves qu'aucun être vivant, excepté l'humain, ne requiert une matière première ou une source d'énergie non disponibles localement. Ainsi, une activité pourrait être de demander aux élèves quels sont les facteurs qui ont poussé l'Homme à se « métropoliser » pour avoir accès notamment par exemple à l'énergie électrique au début du XX<sup>e</sup> siècle. Quelles sont ainsi les différences



fondamentales entre nous et les autres espèces qui nous ont poussés à inventer une nouvelle source d'énergie, non seulement non disponible localement, mais aussi naturellement, sous forme électrique ? Ce qui nous amène à penser à la raison pour laquelle les autres espèces d'êtres vivants peuvent se passer de cette énergie.

## Cycle 4 : 5<sup>e</sup> – 4<sup>e</sup> – 3<sup>e</sup>

### Liens avec les thèmes par matière de l'école élémentaire et du collège et pistes d'activités

#### Arts plastiques

*Entrées possibles grâce au thème :*

- Aménager un espace

*Piste d'activité :*

De retour sur la **8<sup>e</sup> fonction du vivant, à savoir « L'ajustement au local »**, qui a pour objectif de montrer que le vivant s'adapte aux contextes locaux en termes de ressources, on pourra par exemple proposer aux élèves, dans le cadre des arts plastiques, de reproduire en deux ou trois dimensions l'habitat d'un être vivant de leur choix présent dans l'exposition correspondant à cette fonction. Après cette création, ils pourront se demander en quoi cette forme d'habitat permet à cet être de s'adapter aux circonstances de pression, luminosité, température, matières disponibles, etc. de son environnement. Cette approche pédagogique entre dans le cadre du **questionnement autour de « L'œuvre, l'espace, l'auteur, le spectateur » du programme d'arts plastiques** du cycle 4, plus particulièrement dans la situation d'activités de conception et de réalisation d'un espace, d'une architecture en fonction de sa destination, de son utilisation, et de sa relation au lieu ou au site et les différentes modalités de son intégration (osmose, domination, dilution, marquage...). Ici dans une dimension d'habitat biologique, où les qualités générales d'aménagement naturel de son espace peuvent aider à l'adaptation et donc la survie de l'espèce animal ou végétal qui l'habite.

#### Physique – chimie

*Entrées possibles grâce au thème :*

- Préserver les ressources, plus particulièrement avec le sous-thème préserver l'environnement

*Pistes d'activité :*

Une sous-entrée possible en physique-chimie pourra se faire à travers le sous-thème de séquence « préserver l'environnement » du cycle 4. En effet le **fonctionnement 2 de l'exposition, « CHNOP »**, peut offrir l'occasion d'explorer ce thème pédagogique. Son second objectif qui est de montrer que ces atomes (C : carbone, H : hydrogène, N : azote, O : oxygène et P : phosphore) sont non seulement abondants, non toxiques, mais

surtout biodégradables, peut donner l'occasion aux élèves de constater que la nature n'a choisi quasiment que ces éléments pour constituer la matière organique. Ainsi, une activité pourrait être de comparer, à travers une expérience chimique, le degré de toxicité et de recyclabilité de ces atomes à certains autres éléments du tableau de Mendeleïev, rares et/ou surtout plus toxiques et difficilement assimilables. Cela leur expliquerait leur « filtrage » par le vivant à travers la non-utilisation de ces derniers dans la matière organique, ce qui rentre en contradiction avec le comportement actuel des êtres humains où l'utilisation de ces autres éléments s'est presque généralisée dans tous les objets du quotidien. Les élèves peuvent d'ailleurs à ce sujet découvrir, dans l'élément d'exposition, que les éléments CHNOP constituent en grande partie leur corps, avec une quantité infime d'autres non CHNOP, tandis qu'en touchant la silhouette d'un téléphone portable, ils en découvrent la constitution quasi exclusivement non CHNOP (composée de lithium, béryllium, fluor, magnésium, aluminium, silicium, soufre chlore, potassium, titane, chrome, manganèse, fer, cobalt, nickel, cuivre, zinc, gallium, arsenic, brome...).

Ceci peut mener directement les élèves à se poser la question de savoir quel est l'impact que ce comportement pourrait avoir sur notre environnement à plus ou moins terme, et proposer du coup, à travers par exemple une pluie d'idées, des alternatives visant plutôt à le préserver. Ceci est en lien avec le **domaine de connaissances Décrire et expliquer des transformations chimiques du programme de physique-chimie**. Ces transformations chimiques permettent aussi d'aborder des sujets liés à notre sécurité devenue de plus en plus fragile à cause de notre impact sur son climat (émission de gaz à effets de serre, acidification des océans...) et de pousser donc les élèves à proposer des pistes pour le limiter (ressources d'énergie décarbonée, traitement des déchets, recyclage, captation du dioxyde de carbone...). C'est l'occasion enfin de les sensibiliser à la notion d'empreinte (ou bilan) carbone.

## Technologie

*Entrées possibles grâce aux thèmes :*

- Produire et convertir une énergie
- Préserver les ressources, plus particulièrement avec le sous-thème économiser l'énergie

*Pistes d'activité :*

Nul doute que la fonction qui s'adapte le mieux en termes d'activités pour les élèves dans cette matière est **la fonction 5 « La photosynthèse »**, qui peut être liée pédagogiquement au premier thème de séquence à savoir Produire et convertir une énergie. En effet, le premier objectif de cet élément d'exposition est de montrer aux élèves les principaux mécanismes et les résultats du phénomène naturel de photosynthèse. Ainsi, dans une démarche d'investigation, les élèves peuvent émettre des hypothèses, aidés par leur professeur, sur la façon dont les végétaux convertissent la source d'énergie solaire en biomasse. Une comparaison intéressante peut se faire ensuite, après annonce et validation de leurs différentes hypothèses, entre les

chloroplastes présents sur la surface de leurs feuilles, et les cellules photovoltaïques d'un panneau solaire.

C'est l'occasion aussi de revenir sur l'effet photoélectrique, sans doute déjà abordé en physique, ainsi que sur les recherches concernant la transformation de l'énergie du Soleil en hydrogène, précisément selon les processus de photosynthèse. La voie est ouverte vers le biomimétisme pour convertir l'énergie solaire en un carburant pouvant être utilisé, pourquoi pas, dans les véhicules de demain ! En attendant l'aboutissement de ces recherches, le professeur pourra aussi explorer avec ses élèves, dans une autre démarche pédagogique d'initiation à la recherche, les nombreuses autres chemins bio-inspirés possibles pour diversifier nos ressources d'énergie, démarrant par exemple par une activité de brainstorming avec sa synthèse en carte mentale. Ceci est en lien avec des exemples de situations, d'activités et de ressources pour les élèves de cycle 4 dans le **domaine Imaginer des solutions en réponse à un besoin, ici convertir l'énergie solaire en une source exploitable**. Ceci les poussera à considérer des contraintes multiples, éventuellement d'ordre normatif, réglementaire, et surtout intégrant les préoccupations de développement durable. En consultant la section *1.3.3 La voie de la bio-inspiration* de ce document, le professeur de technologie peut aussi formaliser un cahier des charges pour ses élèves, cette fois-ci dans une démarche de projet, pour qu'ils fassent, par exemple, évoluer un objet technique ou qu'ils en imaginent un nouveau répondant à un besoin de biomimétisme en termes d'exploitation de l'énergie solaire, incluant sa conversion nécessaire pour son utilisation. Les besoins en énergie de ce nouveau système « biotechnique » et son bilan carbone devront être pris en compte, et l'organisation des élèves peut se faire en équipe projet, avec répartition des rôles, organisation de revues de projet, présentation des résultats à l'ensemble de la classe pour la validation de compétences orales, etc.

Enfin le thème « Préserver les ressources, plus particulièrement avec le sous-thème économiser l'énergie », peut être lié à la **sous-section 4 (« Outils numériques ») de la section 1.3.3 La voie de la bio-inspiration de ce document**. En effet, son objectif est d'alerter sur la fragilité des solutions de stockage des données informatiques planétaires, et surtout sur leur aspect « énergivore » en lien avec la surconsommation de plus en plus grandissante des datacenters en termes d'énergie électrique, due à leur refroidissement proportionnel à la quantité de données stockées et/ou transmises. Ainsi, en regardant une installation comparant la capacité de stockage de données dans 0,1 milligramme d'ADN et une pile de 22 disques durs, les élèves comprennent le potentiel du stockage de données via la molécule d'ADN. Une activité dans une démarche de résolution de problème pourrait les amener, dans le sens du stockage d'informations en binaire, à quantifier en octets (8 bits) les deux précédentes quantités. Cela suppose bien sûr des prérequis, notamment en sciences de la vie et de la Terre concernant les quatre nucléotides composants toutes les branches d'un ADN, équivalant à un bit numérique, quantité élémentaire d'information ne pouvant prendre que deux valeurs 0 ou 1, mais qui dans le cas de l'ADN peut en prendre quatre. Il est donc conseillé d'attendre la fin de la 3<sup>e</sup> pour faire cette activité dans le cadre de **l'analyse du fonctionnement d'un objet technique, de son comportement, de ses performances et de son impact énergétique et environnemental**, replacé dans le contexte du stockage de l'information (et non de l'énergie). Ainsi, une étude avec les élèves devra montrer que celui-ci, fait sous forme d'ADN, aura moins d'impact sur notre planète que si ce

stockage l'était sous forme numérique – il consomme moins d'énergie. Ce travail peut mener aussi les élèves à quantifier le bilan ou l'empreinte carbone (calculer la masse de CO<sub>2</sub> rejetée dans l'atmosphère par kilooctets stockés, par exemple) de chacune des deux solutions de stockage précédentes (ADN vs. disques durs) afin de conclure sur la solution qui a le moins d'impact néfaste sur notre environnement.

## Sciences de la vie et de la Terre

*Entrées possibles grâce au thème :*

- Assurer le confort dans une habitation

*Piste d'activité :*

Il apparaît évident que la matière possédant le plus de liens pédagogiques avec l'exposition sont les sciences de la vie et de la Terre, dont plusieurs propositions d'activités ont d'ailleurs déjà été données dans la sous-partie IV.6 de ce document enseignant. Mais une dernière pourrait être liée encore à **la section 1.3.3 La voie de la bio-inspiration mais au niveau de sa sous-section 5 (Architecture)**. Son premier objectif est de montrer qu'il est possible d'envisager des constructions humaines sans empreinte écologique, voire capables d'enrichir et régénérer le vivant. Ainsi, dans l'exposition, les élèves sont invités à explorer une maquette d'un projet biomimétique appelé le BOB (Biomimetic Office Building). Ce qui rend cet immeuble de bureaux d'architecture bio-inspirée, ce sont ses entrées de lumière naturelle s'inspirant du crâne transparent d'un petit poisson de fonds d'océans. Grâce à son design unique, l'immeuble est économe en énergie car autonome en chauffage et refroidissement, avec une ventilation naturelle assurant entre autres le confort thermique de ses usagers.

Cette activité peut être menée à travers une démarche d'investigation suivant une séquence dont le questionnement est le suivant : comment le design de BOB peut le rendre naturellement « climatisé » et donc confortable thermiquement pour les individus qui y travaillent ? Les élèves, organisés par équipes, peuvent commencer à émettre des hypothèses que le professeur peut d'ores et déjà recueillir sur un tableau. Ensuite, ils doivent les confirmer ou les infirmer à travers des observations sur la maquette « BOB ». Enfin, chaque groupe peut présenter aux autres l'ensemble de ses résultats expérimentaux en montrant lesquelles de leurs hypothèses ont été validées ou non à travers leur démarche d'investigation sur cette maquette.

Ceci est un exemple de situation, du programme des sciences de la vie et de la Terre, **permettant aux élèves d'argumenter des choix de solutions de préservation ou de restauration de l'environnement compatibles avec des modes de vie qui cherchent à mieux respecter les équilibres naturels**. Ces choix sont ici de nature biomimétique dans le cadre d'un aménagement urbains associé à une optimisation énergétique. Enfin, on pourrait même se poser la question suivante : si le type de bâtiment « BOB » venait à se généraliser, est-ce qu'il serait toujours qualifié d'urbain ?

## V Informations pratiques

### Adresse

Cité des sciences et de l'industrie  
30 avenue Corentin-Cariou  
75019 Paris  
[www.cite-sciences.fr](http://www.cite-sciences.fr)

### Accès

Métro : Porte de la Villette (Ligne 7)  
Bus : 71, 139, 150, 152, 249  
Tramway : Porte de la Villette (Ligne 3b)

### Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 10 h à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h.  
Fermeture le lundi ainsi que les jours fériés suivants : 1<sup>er</sup> janvier, 1<sup>er</sup> mai et 25 décembre.

**Élémentaire** : 1 gratuité pour 12 entrées payantes

**Secondaire** : 1 gratuité pour 15 entrées payantes

**Tarifs groupe**, prix par participant (en vigueur au 1<sup>er</sup> septembre 2020)

4,50 € (2,50 € pour les établissements en réseau d'éducation prioritaire)

Tout billet acheté donne droit à une entrée au sous-marin *Argonaute* (dans la limite des places disponibles) + un accès aux ateliers et au Planétarium sur réservation.

### Réservation groupes

Sur internet (devis en ligne)

<http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-sortie-scolaire/infos-pratiques-et-reservation/devis-en-ligne/>



[resagroupescite@universcience.fr](mailto:resagroupescite@universcience.fr)



01 40 05 12 12



01 40 05 81 90



Cité des sciences et de l'industrie  
Service groupes  
30 avenue Corentin-Cariou  
75930 Paris Cedex 19