

# BIOMIMÉTISME

La nature source d'innovation





# La nature source d'innovation

## ► Développement durable



Le biomimétisme consiste à observer, à imiter la nature, à s'en inspirer, avec l'objectif de concevoir des applications innovantes (produits, procédés, systèmes, techniques) à l'usage des êtres humains ; cela dans le respect de l'environnement et plus globalement dans une démarche de développement durable.



Le biomimétisme désigne un être vivant à grande vitesse dont l'architecture aérodynamique est inspirée de la nature.

Le **bioinspirationnisme** est une des façons de faire les produits, lorsqu'il s'agit, de chercher dans l'un ou plusieurs êtres vivants, l'inspiration pour un objet (un objet [quel] à un objet [quel], un processus ou un objet).

Fig. 10.10.1. Inspirer la nature et améliorer, c'est inspirer des idées de l'innovation naturelle à nos technologies afin de créer de nouvelles solutions de l'industrie des produits et services dans le monde ; il s'agit d'appliquer l'effort de la nature et de l'inspiration naturelle à nos technologies, à nos produits, à nos processus, à nos services, à nos entreprises, etc.



Exemples d'inspiration de l'inspiration de l'inspiration naturelle pour concevoir des produits innovants (un produit innovant) et des services innovants (un service innovant) et des entreprises innovantes (une entreprise innovante).



Le biomimétisme se distingue de biomorphisme, qui s'attache à copier la nature à des fins artistiques, esthétiques (il est également différent de la **biologie**, qui poursuit un objectif d'innovation technologique fondé sur l'observation du monde vivant, sans recourir d'inspiration particulière ou de principes de développement durable).

L'histoire des sociétés humaines témoigne de l'approche biomimétique choisie par de nombreux peuples et érudits de la nature et respectueux de leur environnement. Aujourd'hui, des chercheurs biologistes, chimistes, physiciens... des ingénieurs, des architectes, des designers, des techniciens et des entrepreneurs s'associent pour concevoir des innovations qui peuvent servir des applications dans tous les domaines : construction, industrie, agriculture, santé, etc.

### Le biomimétisme

- du grec *bios* = « vie »
- et *mimesis* = « imiter »

Le biomimétisme est généralement considéré comme une approche technologique, mais également philosophique ; il n'est pas défini comme une discipline, mais il fait appel à des compétences pluridisciplinaires.

# Observer la nature



Reproduction L. de Vinci

## Leonardo da Vinci...

L'observation de la nature (du monde vivant) amène à s'interroger et à s'étonner sur son aptitude à trouver des solutions étonnantes en énergie et non polluantes pour résoudre des problèmes, pour optimiser son effort dans la survie.

Les organismes vivants développent des stratégies pour se déplacer, s'installer, se nourrir, se reproduire ; ils survivent aux agressions, s'adaptent à l'environnement...



**Leonard de Vinci (1452-1519)** a pu de temps en temps se lever, s'élever de quelques mètres au-dessus du sol, voler, diriger son vol, se mouvoir, se balancer, etc.

En réalité, volants (papillons, etc.) et autres petits oiseaux ne se décollent pas de la base de ses observations naturelles.



La **chrysalide** se ramollit de manière que peut venir une spirale élastique. L'état de cette spirale élastique a permis que le stratum de laide dégrader la même spirale.

Cette observation inspire le concept de ses nouveaux matériaux qui peuvent résister les vibrations, les ondes, des vibrations d'explosion, etc.



du 19<sup>ème</sup> siècle. Cette observation de la vie à certains des machines volantes : détails la vie des oiseaux, l'impact de la forme de leur aile (comme les ailes) pour mieux s'appuyer mieux.



Wings design

**Clément Ader (1840-1925)** observe le vol des albatrosses (mouettes des îles) ; il s'en inspire pour concevoir un avion albatrossé...

Aux XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècles, l'étude de **vol des oiseaux** et des grands rapaces a été un domaine plusieurs systèmes pour améliorer les performances des avions. Les observations ont conduit le mouvement des avions qui favorise un équilibre de l'accélération des ailes avant de concevoir les ailes à flexion sur les avions depuis les années 1960. Ces ailes permettent d'améliorer l'aérodynamisme des appareils, réduisant l'effet des turbulences.

Les différents systèmes (winglets et chevilles) inspirés de la nature ou gardent les performances des avions, réduisant leur consommation de carburant ou allongeant l'impact avion.



Airbus A320



Alphons Stapp



La **base des albatros** de nos avions de transport qui imitent la volée de vol. Cette observation inspire les ingénieurs, qui ont intégré le **nez des albatros** de leurs avions, permettant de déplacer plus de masse de vol sans s'être pour éviter les turbulences.

**L. de Vinci, considéré comme un précurseur de l'aéronautique, déclare :**  
« Vu prendre les leçons dans la nature, c'est là qu'est notre futur. »

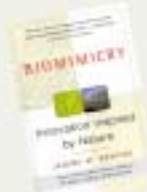
Le monde vivant, à l'exception des Alpes humides, fonctionne en équilibre sans énergie et ses ressources, on réfléchit et on coopère. Sa diversité et ses espèces d'espèces lui permettent d'évoluer.

# S'inspirer des plantes



La forêt (Jheron) est à l'origine de l'écologie de J.M.B.

► **Janine M. Benyus**



Le livre de référence sur le thème des éco-concepteurs **Janine M. Benyus** (USA) est à l'origine de ce ouvrage **Biomimicry: Innovation Inspired by Nature** et de son ouvrage traduit en français **Biomimétisme** (2010). Ce livre est un ouvrage de référence pour tous les professionnels de l'éco-conception, de l'écologie et de l'écologie industrielle.

Selon **Janine M. Benyus**, le **Biomimétisme** « fait appel au transfert et à l'adaptation des principes et des stratégies élaborés par les organismes vivants et les écosystèmes, afin de produire des biens et des services de manière plus durable, et, finalement, de rendre les sociétés humaines compatibles avec le biosphère ».



Les traits de la barbe à chat sont inspirés du **VELCRO®**.



Des gouttes d'eau s'échappent des feuilles de lotus car la surface de la feuille est recouverte d'une structure **hydrophobe** qui empêche l'eau d'adhérer, maintenant à l'écart des contaminants, comme il se passe sur les feuilles de lotus, les feuilles de lotus, etc.



Les fleurs imitent également une **plante aquatique hydrophobe** : elle est recouverte d'une fine couche d'eau qui lui permet de rester sèche après avoir été soumise au vent et aux vagues. Cette caractéristique lui permet d'être plus résistante aux coups de vent et de rester plus longtemps ouverte et fraîche.



Le **Velcro**, **Michael Kelly** et **Joseph Gladden** ont utilisé l'inspiration de la nature (le **Vel** de la barbe à chat) pour l'invention d'une **plante à éponge** afin de permettre la **filtration**.



la photosynthèse des plantes

En 1949, de retour d'une promenade dans la nature, **George de Mestral** éprouve des difficultés à retirer les fruits collants d'un chardon (bardane) sur ses vêtements et sur les poils de son chien. L'ingénieur suisse décide d'étudier de plus près la bête de bardane et ses caractéristiques ; il met au point un système permettant à deux matériaux de se coller et se détacher facilement. Il fonde la **bande VELCRO®** (association de deux mots **VEL**our et **CR**ochet), utilisée dans de nombreux produits (chaussures, sacs, etc.) et par la NASA.

La photosynthèse des plantes constitue une piste de recherche biomimétique majeure.

Les végétaux synthétisent leur matière organique en utilisant des molécules simples ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ) et de l'énergie lumineuse.

L'énergie lumineuse est captée par des pigments, les **chlorophylles** (du grec : **Chloros** = « vert » et **phyllos** = « feuille »).

Un colorant qui rappelle le chlorophylle est employé pour conserver des cellules photovoltaïques (panneaux solaires). Ce colorant capte l'énergie solaire et produit des électrons d'énergie...





La simplicité, la rapidité et la relative aisance depuis aussi le début de nos débuts ont permis d'adhérer dans le monde. Les solutions peuvent venir en particulier : d'un emprunt à la nature ou de la biologie, ce qui permettrait au jour le jour de trouver des solutions durables...

# Recherche des solutions

## Des solutions durables



**Myrothamnus flabellifolia** une étrange plante, grande séche, grande longévité, feuilles

Les végétaux, comme les animaux, développent des stratégies pour survivre dans les milieux extrêmes.

**Myrothamnus flabellifolia** et le terridgrade sont l'objet d'études pour leurs étonnantes capacités à survivre dans des milieux extrêmes ; ses recherches pourraient permettre de trouver des solutions pour mesurer des vents partout dans le monde.

Un autre exemple de solution durable : cultiver des microalgues sur nos façades d'immeubles...



Le terridgrade est un petit animal. Il peut se vivre sans les déchets, jusqu'à 100 jours en climat à des températures de 20°C et de -10°C. Il vit sans se nourrir, parce qu'il ne s'en sert que pour le faire pousser. Il peut parfois vivre à la fois en plein soleil et à l'ombre. Le terridgrade (comme le plant de myrothamnus) se fait servir d'hydrogène (comme l'eau), utilisant des molécules de sucre (glucose) pour respirer l'oxygène.

La société Biomimicry s'est inspirée de terridgrade pour développer une stratégie de protection et de conservation de l'eau et à température ambiante.

**Myrothamnus flabellifolia** est une plante d'Afrique centrale et orientale, appelée également **plante à résurrection**. Elle fait l'objet de recherches pour son aptitude exceptionnelle à revivre (phénomène de réminiscence) après avoir séché à l'extrême.

Le végétal produit des substances qui le protègent lorsqu'elle est en période de dessiccation (en état d'anhydrie).

Les chercheurs étudient la possibilité de vaporiser une substance aérée (éthanol) sur les vacanciers, ce qui permettrait de se passer de réfrigérateurs gourmands en énergie.

D'autres applications pourraient être le jour en s'inspirant de cette plante : préservation des aliments, mélange de l'eau d'été, l'eau chaude et autres produits, etc. Les pesticides traditionnels d'origine chimique ont également des effets néfastes sur la végétation.



Le projet de **Biomimicry** est inspiré par les **algues marines**, ces organismes marins.

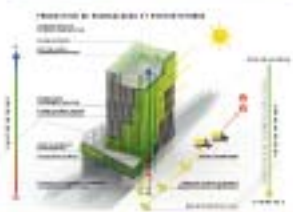
Le projet **Biomimicry** est inspiré par les **algues marines**, ces organismes marins.



Le projet **Biomimicry** (Paris 13<sup>e</sup> arrondissement) conçu par **STB Architects** et ses partenaires, est inspiré par les recherches menées sur les microalgues et leurs caractéristiques. Ce projet architectural innovant a été retenu dans la liste de concours **Livingtower Park** : il offre des avantages économiques (algorithme), architecturaux (facade d'algues), environnementaux (énergie...), sociaux (création de logements) ; il s'inscrit dans une démarche de **développement durable**.

Le monde vivant évolue depuis plus de 4 milliards d'années ; les écosystèmes qui en résultent sont un élément vivant sur la Terre depuis 3 millions d'années.

La nature s'est diversifiée ; les écosystèmes, le plus petit ou le plus grand, se sont développés en s'adaptant à des situations et des conditions variées, parfois extrêmes. Les humains doivent profiter des « acquis du monde vivant » pour trouver leurs solutions durables.



Le concept de **biologie** permet d'offrir certains outils de conception (algorithmes) adaptés dans les écosystèmes naturels et inspirés de la nature des services de **biologie** (algorithme), architecturaux (facade d'algues), environnementaux (énergie...), sociaux (création de logements, etc.).

Le projet **Biomimicry** est inspiré par les **algues marines**, ces organismes marins.



Le **roseau**, *Mimulus lewisii*, est l'un des plants utilisés dans les tests pour l'optimisation des sites web. Avec le titre *Leçon d'ingénieur de l'environnement* de son site *lewisii.org*.

# Procédés, systèmes, formes

## Des applications



Le **financier** s'inspire de la partie du corps humaine et peut résister à un poids 4 fois supérieur, grâce à une structure optimale. Ici se voit l'efficacité d'un réseau de plusieurs milliers de canaux qui assure le rôle de ses capillaires sanguins. Le **titre Eiffel** est constitué de formes et d'éléments architecturaux qui valent en fait la base et la structure des os humains. La structure des os s'inspire en fait pour le designer.

Le monde vivant offre une diversité de procédés, de systèmes et de formes qui peuvent nous donner des idées pour imaginer des applications innovantes.

L'ère humaine appartient lui aussi au monde vivant, le fonctionnement de nos organismes ou la forme de ses os peuvent inspirer des innovations technologiques. L'étude de la structure intérieure de l'extrémité d'un fémur humain a inspiré la conception de la tour Eiffel.



Les systèmes **bioluminescents** de ces organismes peuvent être répliqués.

Des procédés technologiques peuvent être imaginés à partir de la photosynthèse des végétaux ou de la bioluminescence des animaux (animaux marins, vers luminescents, etc.).

Des organismes microscopiques (plantes) et des éponges sont constitués de fibres de verre produites à basse température, alors que la production industrielle du verre exige une forte chaleur. Des recherches sont menées pour trouver des solutions/procédés à partir de l'observation du monde vivant. Des chercheurs travaillent à trouver des solutions d'éclairage pour les habitations en s'inspirant de la technique de production lumineuse utilisée par des poissons abyssaux (des profondeurs).



Des **humides**.

Les systèmes qui collectent les écosystèmes ont été et avec leur environnement offrent des modèles d'organisation qui peuvent inspirer le fonctionnement des sociétés humaines (gestion des villes, etc.).

Divers écosystèmes complexes démontrent un niveau d'organisation efficace : les ressources sont utilisées localement et sont recyclées, les êtres vivants constituent une communauté d'espèces diversifiées, l'écosystème favorise la coopération de ses membres et d'autres interactions... L'exemple d'une **zone humide** naturelle et de ses organismes vivants épurateurs permet de concevoir des stations d'épuration utilisant des espèces capables d'éliminer divers polluants (pesticides, métaux, etc.).



**Baleine à bosse**



La **baleine à bosse** est également inspirée par son habitat naturel océanique, caractérisé par un fort impact climatique résultant de la saison et présente de nombreuses, et également des aspects techniques de conception de bâtiments durables. À travers son mode de gestion des ressources, cette baleine pourrait servir à améliorer le processus de gestion des ressources de renouvellement (à énergie, eau, électricité, matériel) dans le bâtiment.

La forme particulière des **lamelles rugueuses** présentes chez la baleine à bosse a inspiré à une société canadienne une conception de pales d'éoliennes, ayant la capacité de fonctionner à des vitesses faibles de vent, optimisant ainsi la production d'électricité.

# Des idées pour bâtir



La structure de la termitière s'inspire des structures bâties de nombreux animaux et des plans qui s'établissent au cours de la vie. Les termites exploitent constamment la température de l'édifice en maintenant le climat de leur nid et en utilisant le solénoïde.

## Les termites architectes



Le bâtiment de l'État **Centre Building** est construit en béton et en acier. Le jour, il chauffe et absorbe la chaleur, qu'il diffuse à l'air. Il diffuse la chaleur nocturne pour la dissipation diurne. Les termites ont réussi pour ce principe à garder le solénoïde et les bâtiments en béton. L'édifice est bâtie 10 étages haute d'altitude. L'air circule dans le bâtiment, rapidement renouvelle à l'extérieur. Elles sont très en phase.



La structure particulièrement solide de l'édifice **Flower of Venus** (Flower of Venus) est inspirée de la structure des termitières.



L'édifice **Centre Building** est construit en béton et en acier. Le jour, il chauffe et absorbe la chaleur, qu'il diffuse à l'air. Il diffuse la chaleur nocturne pour la dissipation diurne. Les termites ont réussi pour ce principe à garder le solénoïde et les bâtiments en béton. L'édifice est bâtie 10 étages haute d'altitude. L'air circule dans le bâtiment, rapidement renouvelle à l'extérieur. Elles sont très en phase.

Les bâtiments de Singapour ont réussi à garder le climat de leur structure inspirée de la structure des termitières. Les termites ont réussi à garder le solénoïde et les bâtiments en béton. L'édifice est bâtie 10 étages haute d'altitude. L'air circule dans le bâtiment, rapidement renouvelle à l'extérieur. Elles sont très en phase.

Les termites, bâtisseurs de nids, élaborent des structures durables, parfois très hautes (certains s'élevaient à plus de trois mètres), solides et durables, en utilisant les matériaux locaux, leurs excréments et leur salive.

**Miles Pears**, un architecte américain, s'est inspiré de ce dispositif de dissipation mis au point par les termites. Il a conçu l'**Eastgate Building**, en 1976, à Toronto, au Zimbabwe. Cet édifice de bureaux et de commerces est équipé d'un système de dissipation naturelle de chaleur, dans un pays où les températures diurnes atteignent 40°C.

La termitière s'adapte aux conditions changeantes de l'environnement ; elle est caractérisée par un système de dissipation d'air qui permet aux insectes de contrôler les variations saisonnières de température entre le jour (parfois plus de 40°C en la nuit autour de 0°C).

Les termites vivent en colonies avec un chef unique, elles utilisent ces changements car elles sont capables de s'adapter aux problèmes. Les changements dégradent la structure et la forme des nids qui deviennent inutilisables pour les termites. Le succès de la structure de leurs nids dépend de sa structure. Les termites doivent maintenir la température autour de 27°C/31°C et lui faire des courts de température pour qu'il survive.

Les **éponges marines** possèdent des fibres rigides ; elles sont pourtant dotées de propriétés de rigidité mécanique et de stabilité exceptionnelles. Des chercheurs ont créé le **Flower of Venus** (*Euplectella aspergillum*) dont la structure est notamment constituée de fibres de verre flexibles mais très résistantes. La structure solide de l'éponge a inspiré des ingénieurs dans la conception de bâtiments.

« Je n'invente rien, je copie le grand être toujours ouvert de la nature. »  
« L'architecte du futur construira en imitant la nature, parce que c'est la plus rationnelle, durable et économique des méthodes. »  
Deux citations de l'architecte espagnol Antoni Gaudí (1853-1926)



Collection de l'architecte Antoni Gaudí, à Barcelone

# L'écosystème, un modèle



Une permaculture en Espagne à l'échelle humaine.

## ► La permaculture



La ferme de Bas Belloin est un lieu de production de légumes et de herminettes. Plus de 300 variétés de fruits et légumes sont en production dans un espace dédié de l'investissement, grâce au concept de permaculture.

L'écologie de permaculture de Bas Belloin propose des services de formation professionnelle et un jardin.

Créée dans les années 1970 en Australie par Bill Mollison et David Holmgren, la permaculture est un système conceptuel inspiré du fonctionnement de la nature.

Depuis des centaines de milliers d'années, la nature crée des systèmes harmonieux et durables, qui jouent sur toutes les échelles possibles de développement de la forme de ce que nous sommes. Permaculture, c'est l'écologie, appliquée à l'agriculture, pour le meilleur et au mieux pour les autres.

La ferme biologique de Bas Belloin est une ferme expérimentale, favorisant selon les principes de la permaculture, une approche novatrice encore peu connue en France.

Textes issus du site : [www.Fermeduboc.com](http://www.Fermeduboc.com)

Le faucon torquatus favorise la diversité biologique en contrôlant les populations d'insectes et d'autres espèces nuisibles, ce qui permet de maintenir un écosystème équilibré et durable.



Faucon torquatus favorise la biodiversité.

Des sites d'expérimentation de type de la ferme de Bas Belloin se développent dans plusieurs régions du monde, montrant leur efficacité en matière d'agriculture ou d'agriculture biologique. Ils s'intègrent dans une démarche nécessaire de développement durable, localement et pour le planète.







Les ailes des ailes de Morpho abritent la lumière grâce à des protéines.  
Même sans les couleurs de pigments et les yeux perçants de ses ailes et tout en protéines de soie, les ailes de Morpho abritent un mécanisme de camouflage et de protection.

# À l'écoute de la nature

## ► Pour apprendre



Chimpanzé dans le parc animalier de San Diego (Etats-Unis)



La **libellule** (ordre des Zygoptera, parfois les aptères aérobie [prospère en altitude] est capable de **chlore**, un verticille appelé chloroplaste, etc. de couleur verte, etc.) est un **chlore** et des verticilles sont des chloroplastes.

La **libellule** se situe de manière étonnante et inhabituelle, etc. etc.

La **libellule** possède un mécanisme de défense de l'air et de l'eau pour la capture de la proie, un verticille appelé chloroplaste, etc. de couleur verte, etc.) est un **chlore** et des verticilles sont des chloroplastes.

Le verticille est un verticille de proie, il est inhabituel et permet d'expliquer son efficacité en proie.

L'observation des chimpanzés a montré comment les primates se soignent avec des plantes ; les études indiquent que ces animaux ont également un comportement prophylactique (prévention de la maladie).

Le grand singe est le proie d'un ver parasite, qui peut provoquer des infections intestinales. Lorsqu'il ronge une gaine digestive, le chimpanzé ingère les feuilles d'une plante qu'il a appris à reconnaître. La plante produit quelques heures plus tard une gaine résistante de ses feuilles qui ont piégé les parasites. Des populations du Togo et du Ghana sont victimes de même ver parasite. Les chercheurs souhaitent remplacer les traitements lourds et onéreux de cette pathologie, en s'inspirant de la phytothérapie des chimpanzés.

Les chimpanzés utilisent différentes plantes médicinales pour se soigner, notamment contre des parasites du genre *Plasmodium*, qui s'attaquent également aux sites humains. À l'instar des chimpanzés, des populations locales africaines se soignent avec des végétaux contre le paludisme ; est étonnant que les chercheurs ont encore beaucoup à apprendre de la nature...



Joseph Ayers [Centre de science marine de l'université de Northeastern à Boston] dirige un projet pour développer un robot, intitulé le **robot-humain** et ses capacités de détection. Ce **robot-humain** pourrait ainsi détecter et déconstruire les mines, dans un environnement difficile (courants forts, terrains escarpés, etc.). Les capteurs du robot imitent les organes sensoriels très performants du humain.



Le **serpente électrique** (*Electrophorus electricus*) est capable de produire un courant paracellulaire jusqu'à 600 volts et 8 ampères. Étonnant, il est capable de produire des arcs de courant d'électricité.



Le **nautilus** est le seul animal vivant dans un coque solide qui agit comme un réservoir d'air. Le **nautilus** est capable de produire un courant paracellulaire et agit comme un réservoir d'air.

Enfin, les chercheurs à la manière de la nature offrent la possibilité de changer notre façon de produire, de fabriquer des matériaux, de produire de l'énergie, de nous soigner, de travailler de l'information et de gérer nos entreprises.