

## BIOMIMÉTISME

## L'innovation, c'est la vie

NICOLAS BEL, STÉPHANE GASTON<sup>[1]</sup>

**Le biomimétisme est une approche scientifique révolutionnaire qui consiste à imiter les plus belles inventions de la nature pour les mettre au service de l'homme. Explication.**

Depuis 3,8 milliards d'années, la vie a évolué sur toute la surface de notre planète ; elle a notamment appris à voler, à se développer dans les profondeurs des océans et au sommet des plus hautes montagnes, à capturer et à utiliser l'énergie solaire, à fabriquer des matériaux (fil des araignées, émail des abalones...), à produire de la lumière (lucioles, poissons lumineux...) et même à construire un cerveau conscient. De nombreux organismes ont réussi à transformer les terres et les mers en un habitat propice à la vie, avec des températures constantes et des cycles qui s'écoulent en douceur. Par conséquent, la nature a déjà réussi à régler beaucoup de problèmes auxquels nous

**mots-clés**

créativité, innovation, recherche & développement

nous attaquons aujourd'hui. Elle a déjà inventé tout ce dont nous rêvons, mais sans gaspiller de combustibles fossiles, sans polluer la planète et sans compromettre son avenir. Pourquoi ne pas s'en inspirer ?

La nature est composée d'une multitude d'écosystèmes qui ont évolué pour s'adapter aux lieux, aux climats... C'est en observant ces modèles et en s'en inspirant que Janine M. Benyus (voir « 3 questions à Janine M. Benyus » en encadré) a conceptualisé cette approche scientifique, qu'elle a nommé *biomimicry* – en français biomimétisme (du grec ancien *bios*, « vie », et *mimêsis*, « imitation »). Appliqué aux technologies humaines et industrialisées, le biomimétisme devient la *bionique*.

**Les principes du biomimétisme**

Mais comment les libellules font-elles pour surpasser nos meilleurs hélicoptères ? Les oiseaux-mouches pour traverser le golfe du Mexique avec aussi peu de carburant ? Les fourmis pour transporter l'équivalent de centaines de kilos dans une chaleur torride à travers la jungle ? Au bout de décennies d'études, les biologistes

[1] Respectivement professeur agrégé de mécanique au lycée Marcellin-Berthelot de Saint-Maur-des-Fossés (94) et professeur de construction mécanique au lycée Denis-Papin de La Courneuve (93).

**3 QUESTIONS À**

Janine M. Benyus, pionnière du biomimétisme

« Être sûr que l'information reste gratuite et libre »

Nous avons pu poser nos « 3 questions à » l'auteur du désormais classique *Biomimicry* (maintenant disponible en français sous le titre *Biomimétisme*, voir « En rayon ») lors de sa conférence de presse du 27 juin 2011 à l'ENSCI - les Ateliers à Paris.

Comment vous est venue l'idée du biomimétisme ?

En 1990, quand il n'y avait encore pas de nom pour cette approche, j'ai commencé à m'intéresser à tout ce qui touchait à l'observation et l'imitation de la nature. J'ai trouvé des gens qui étudiaient les toiles d'araignée ou les animaux qui s'auto-soignaient, d'autres qui disaient que l'économie devrait se comporter comme une barrière de corail... Il y avait une certaine effervescence sur le sujet. C'était vraiment une joie pour moi de m'en rendre compte tandis que je collectais toutes ces informations. Je les ai classées, et je me suis dit que tout ça devait avoir un nom. Qu'il fallait en parler. Puis j'ai écrit *Biomimicry*. J'ai été très surprise de l'accueil positif qu'il a reçu dès sa sortie.

Pouvez-vous nous expliquer le principe du biomimétisme ?

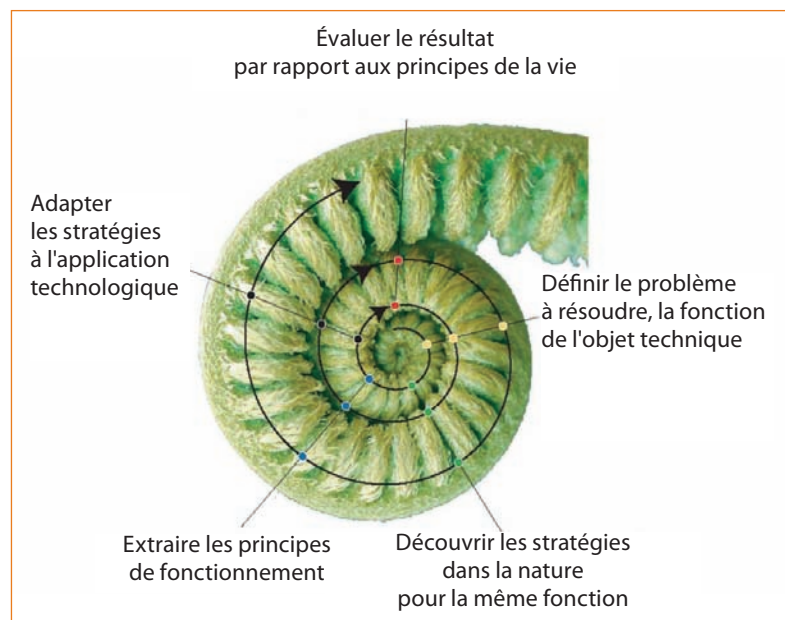
Le principe du biomimétisme consiste à démarrer d'où on peut, pour approfondir encore et encore jusqu'à ce que l'on puisse fabriquer comme la nature le fait elle-même. Est-ce que la nature fabriquerait au Japon et enverrait en France ? Non, bien entendu. Penser à emballer un produit pour l'envoyer, choisir son type de transport..., toutes ces questions ne se posent pas sous cette forme dans la nature. Le biomimétisme fonctionne conjointement avec des chimistes, des designers, des

et les écologistes ont découvert des points communs à tous les écosystèmes étudiés. De leurs notes on peut tirer un certain nombre de principes :

- La nature fonctionne à l'énergie solaire.
- La nature n'utilise que l'énergie dont elle a besoin.
- La nature adapte la forme à la fonction.
- La nature recycle tout.
- La nature récompense la coopération.
- La nature parie sur la diversité pour s'adapter.
- La nature valorise l'expertise locale.
- La nature ne fait pas d'excès.
- La nature transforme les limites en opportunités.

Ces principes peuvent être intégrés dans un processus de conception, modélisé par la « spirale du biomimétisme » **1**. En effet, la conception peut – doit – prendre en compte les ressources à économiser, les nuisances à réduire, la complexité à gérer. Le biomimétisme apporte alors un nouveau souffle au processus d'innovation (voir en encadré « Les 10 conseils pour copier la nature »).

Voici quelques exemples d'application des principes de la nature aux besoins de l'homme.



**1** La spirale du biomimétisme

architectes, etc., qui s'interrogent – comment la nature filtrerait-elle sans toxine, comment isolerait-elle, ou protégerait-elle du feu ? –, et nous, les biochimistes, nous regardons dans la nature et nous trouvons des idées que nous leur apportons.

**Pourquoi avez-vous créé l'Institut du biomimétisme ?**

Étudier comment un gecko marche est accessible à tout le monde. Mais j'ai bien peur que quelqu'un ne dépose un brevet sur la technique de marche du gecko. Il n'est évidemment pas souhaitable que l'industrie privatise la vie à coup de brevets. En créant l'Institut, nous nous sommes posé la question suivante : comment donner l'information aux gens et être sûr que l'information reste gratuite et libre ? C'est pour y répondre que nous avons mis en place le site internet Ask Nature [voir « En ligne »], site qui diffuse les créations de la nature auprès des inventeurs, designers, concepteurs, chercheurs. On peut notamment y trouver comment est filtré l'eau de mer, les différentes stratégies utilisées... Nous avons travaillé avec des avocats pour que tous ces concepts explicités sur le site, accessibles au grand public, ne puissent pas être brevetés.

L'Institut a aussi créé le programme *Innovation pour la conservation*. Nous demandons aux sociétés avec lesquelles nous travaillons de consacrer un pourcentage de leurs profits à la protection du patrimoine biologique. Et nous travaillons avec National Geographic pour attribuer chaque année des oscars aux êtres vivants qui nous ont appris des choses et donné de nouvelles idées.

Traduction Sylvie Taboile

### Les 10 conseils pour copier la nature

- Utiliser les déchets comme ressources.
- Employer les matériaux avec parcimonie.
- Ne pas épuiser les ressources non renouvelables.
- Ne pas polluer son environnement immédiat.
- Se diversifier et coopérer pour exploiter au mieux les ressources.
- Capturer et utiliser l'énergie avec efficacité.
- Optimiser plutôt que maximiser.
- Maintenir l'équilibre avec la biosphère.
- Se nourrir d'informations.
- Se fournir localement.

Source : *Industrie & technologies*, n° 937, octobre 2011



2 Le Shinkansen



3 Le martin-pêcheur

### L'imitation des formes

Le Shinkansen, train à grande vitesse japonais **2**, était confronté à des problèmes de nuisance sonore critiques à chaque traversée de tunnel ou de zone d'habitation dense. En effet, chaque fois que le train entrait dans un tunnel, il comprimait l'air brutalement. L'onde de choc qui en résultait était comme un coup de tonnerre qui incommodait voyageurs comme habitants à des kilomètres à la ronde. Un ingénieur passionné par l'observation des oiseaux eut l'idée de donner à la motrice du Shinkansen une forme profilée sur le modèle d'une tête de martin-pêcheur **3**. Quand cet oiseau plonge pour pêcher, il provoque lui aussi une onde de choc, qu'il doit minimaliser pour ne pas faire fuir les poissons. Cette nouvelle forme adoptée, non

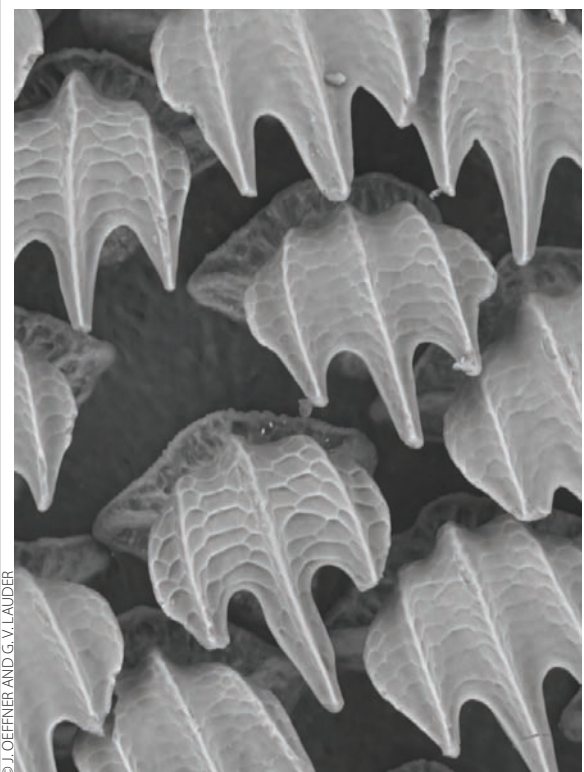
seulement le Shinkansen est plus silencieux, mais il a gagné 10 % en vitesse tout en économisant 15 % d'électricité. Fort de cet exploit, les ingénieurs ont alors imité la forme des ailes d'un oiseau très silencieux, le hibou, pour réduire le bruit des pantographes.

Autre imitation de formes, en 2004, de nombreux records de natation ont été battus aux Jeux olympiques grâce à des combinaisons **4** dont la texture, inspirée des écailles placoides de 2 à 16 microns de certains requins **5**, diminue fortement la résistance à l'eau. Des ingénieurs étudient actuellement l'application de cette structure aux avions et aux bateaux.

Comme on peut le voir, ces exemples correspondent au principe naturel d'adaptation de la forme à la fonction.



4 Une combinaison de natation LZR Racer portée par Grant Hackett



5 Les écailles placoides d'un requin

### L'imitation des procédés

Pour se nourrir, les termites cultivent des champignons qui ne se développent que dans des conditions de température très stables, aux alentours de 27 °C. Un écart thermique trop important, et c'est la mort du champignon... et de la colonie tout entière. Le secret de cette climatisation réside dans la haute cheminée centrale du nid : l'air chaud à l'intérieur s'élève vers le sommet de la termitière, puis est évacué par la cheminée **6**. Ce phénomène entraîne un courant d'air dans les parties inférieures du nid : l'air est aspiré par de nombreuses petites ouvertures situées au niveau du sol et circule sous terre où il est rafraîchi au contact de puits très profonds (de 15 à 20 m en général, parfois jusqu'à 70 m) que les ouvrières creusent pour atteindre la nappe phréatique. Cet air frais circule au cœur de la termitière, rafraîchissant la meule avant de se réchauffer et d'être à son tour évacué par la cheminée. Ce système de climatisation passive – une ventilation basée sur les mouvements d'air provoqués par des différences de température – a beaucoup intéressé l'architecte Mike Pearce, qui s'en est inspiré. Son bâtiment le plus célèbre, l'Eastgate Building, construit en 1996 à Harare au Zimbabwe **7**, abrite 31 000 m<sup>2</sup> de bureaux et de commerces et réalise, grâce à son architecture inspirée des termites, jusqu'à 90 % d'économie d'énergie par rapport à un immeuble similaire équipé de climatiseurs électriques. La température à l'intérieur de l'immeuble est constamment de 25 °C.



**6** Une termitière

### En rayon



#### *Biomimétisme : Quand la nature inspire des innovations durables*

L'ouvrage fondateur. Nous vous avons présenté sa version originale, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (1997), dans le numéro 172 de mars 2011 ; il est depuis mai 2011 édité en français. Comment produire de l'énergie, fabriquer nos matériaux, nous soigner, stocker nos connaissances... Un livre qui inspirera sans aucun doute de nombreux lecteurs.

**Auteurs :** Janine M. Benyus

**Éditeur :** Rue de l'Échiquier

**Collection :** Initial(e)s DD

#### *Quand la nature inspire la science*

À la fois « beau livre » et ouvrage de référence, foisonnant de croquis, de photos, de dessins... Pour chaque élément du vivant étudié, des exemples d'applications actuelles ou envisagées sont donnés. Sans aucun doute le livre d'exemples à posséder sur le sujet en tant qu'enseignant.

**Auteur :** Mathilde Fournier

**Éditeur :** Plume de carotte



#### *La Bionique*

Applications technologiques d'« inventions naturelles », robots autonomes inspirés d'animaux, hybrides artificiels équipés de vivant ou hybrides vivants équipés d'artificiel... Les auteurs, tous deux chercheurs au CNRS, présentent de nombreux exemples appartenant au domaine de la bionique, ainsi que leurs retombées fondamentales et appliquées.

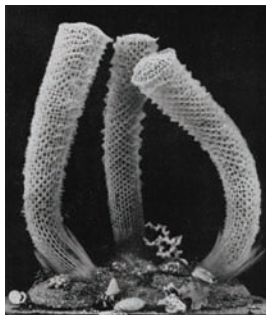
**Auteurs :** Agnès Guillot, Jean-Arcady Meyer

**Éditeur :** Dunod

**Collection :** Universciences



**7** L'Eastgate Building de Mike Pearce



8 Trois spécimens d'éponge *Euplectella aspergillum*



9 Le maillage constituant l'éponge

Le gain en énergie est considérable pour un pays où la température diurne atteint fréquemment les 35 °C. Les bénéfices économiques et écologiques sont également très appréciables.

#### L'imitation des matériaux

Les matériaux que l'on trouve dans la nature sont souvent bien plus performants que ceux qui sont synthétisés dans l'industrie – à titre d'exemple, le fil d'araignée est trois fois plus résistant que le Kevlar, l'un des matériaux de synthèse les plus résistants – et autoréparants. Ce qui est très intéressant, c'est que les êtres vivants utilisent essentiellement les éléments disponibles en abondance, comme l'hydrogène, l'oxygène et le carbone. Ils fabriquent leurs matériaux à température ambiante et sans produits toxiques. Nos matériaux de synthèse utilisent souvent des ressources non renouvelables et des produits toxiques, avec des procédés à température et pression élevées, donc gourmands en énergie.

*Euplectella aspergillum* est une éponge qui vit dans les profondeurs de l'océan 8 9. Entre autres caractéristiques étonnantes, elle possède un squelette de fibres vitreuses. Un verre fabriqué à la température qui règne au fond des océans, exclusivement avec des matériaux bruts contenus dans l'eau de mer – tandis que nous devons pour obtenir du verre faire fondre de la silice à des températures très élevées, très gourmandes en d'énergie. La structure de l'éponge, plus résistante que du verre blindé, est en fait constituée d'un composite renforcé de fibres fines, légères, extrêmement flexibles... qui véhiculent la lumière ! Alliant stabilité maximale et

#### ► Un centre européen du biomimétisme en Picardie ?

La municipalité de Senlis propose d'implanter un campus de 12 hectares dans le quartier Ordener, comprenant des locaux adaptés pour des incubateurs d'entreprises pionnières dans le domaine (TPE, PME et des laboratoires de grandes entreprises) ainsi que des antennes universitaires (université de Picardie, UTC Compiègne...) dédiées à l'enseignement du biomimétisme, de la bioéconomie, de l'écotoxicologie et du biodesign. Ce projet en cours de développement n'a pas encore été validé. Affaire à suivre, donc.

extrême légèreté, elle n'a toujours pas été reproduite à ce jour. Il nous reste encore beaucoup à apprendre de la nature...

Toujours dans l'imitation des matériaux, la feuille de lotus sacré a, quant à elle, des propriétés extraordinaires : rien n'y adhère, pas plus l'eau que la colle 10. La feuille est recouverte de microscopiques cristaux de cire en forme de bosse restreignant la surface de contact des gouttes d'eau, qui s'écoulent donc sans s'attarder entraînant les saletés avec elles. L'homme s'est inspiré de cette technique et l'a reproduite, pour un spray et toute une gamme de produits, des peintures de façade aux textiles. Les applications sont considérables : imaginez le principe de la feuille de lotus appliqué aux peintures de voiture, aux façades d'immeubles pour les rendre autonettoyantes... Rappelons que chaque année sont produites – et rejetées – des millions de tonnes de détergents en Europe...

#### L'imitation des écosystèmes

Depuis les années 1970, le site industriel de Kalundborg au Danemark fonctionne comme un écosystème : les déchets de certaines industries servent de matière première à d'autres 11. Cette mise en réseau permet beaucoup d'économies, et l'impact sur l'environnement est fortement réduit. Des experts étudient le « métabolisme » de parcs industriels dans le monde entier pour appliquer ce principe.

#### L'avenir

Le biomimétisme est une approche en plein essor. Il utilise des critères écologiques pour déterminer si nos innovations sont « bonnes ». C'est une nouvelle façon de considérer et d'apprécier la nature. Il ouvre une ère fondée non pas sur ce que nous pouvons extraire du monde naturel, mais sur ce que nous pouvons en apprendre.

Voici quatre étapes fondamentales, selon Janine M. Benyus, pour développer le biomimétisme :

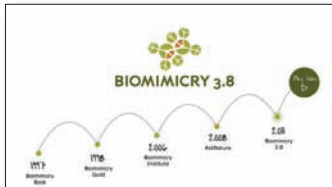
- S'immerger dans la nature.
- Interroger la flore et la faune de notre planète.
- Encourager les biologistes et les ingénieurs à collaborer.
- Préserver la diversité et le génie de la vie.

Le biomimétisme commence à avoir ses adeptes, et son enseignement propre avec la création du Biomimicry

► **En ligne**

**Sites**

Le site de référence du biomimétisme (en anglais) :



<http://biomimicry.net>

Le site du Biomimicry Institute (en anglais) :

<http://biomimicryinstitute.org>

Site détaillant les techniques de la nature (en anglais) :

[www.asknature.org](http://www.asknature.org)

Le site européen du biomimétisme (partiellement en français) :

[www.biomimicryeuropa.org](http://www.biomimicryeuropa.org)

Le site du bureau d'études Greenloop, qui conseille en biomimétisme les entreprises et les collectivités (en anglais) :

[www.greenloop.eu](http://www.greenloop.eu)

**Vidéos**

Sur le site de M6, des extraits de l'émission *E = M6* du dimanche 30 octobre 2011, « Vêtements, technologie, santé : comment la science imite-t-elle la nature » :

[http://www.m6.fr/emission-e\\_m6/rubrique-«Emissions»](http://www.m6.fr/emission-e_m6/rubrique-«Emissions»)

Sur le site d'Arte, *Biomimétisme : Naturellement génial !*, 4 émissions en 8 extraits, « L'art du déplacement » (1 et 2/8), « Construire efficacement » (3 et 4/8), « S'orienter dans le chaos » (5 et 6/8) et « Les étoffes du futur » (7 et 8/8) :

<http://videos.arte.tv>

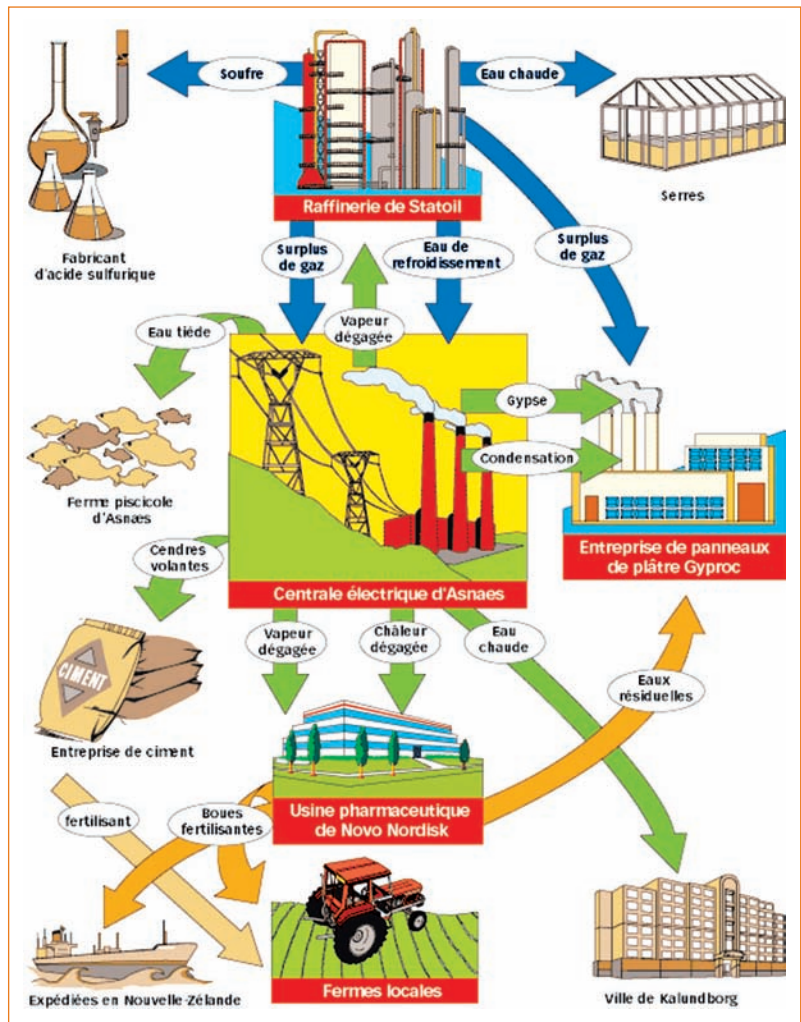
Institute (voir l'encadré « En ligne »), qui dispense des formations en ligne sanctionnées par une certification. Il existe aussi un master en deux ans. Il se diffuse aussi auprès du grand public, à tel point que la région picarde envisage la création d'un site européen du biomimétisme (voir en encadré « Un centre européen du biomimétisme en Picardie ? »).

**Avec nos élèves**

Le titulaire du baccalauréat STI2D doit être capable de concevoir, dimensionner et réaliser un prototype ou une maquette relative à une solution technique envisagée. C'est dans cette perspective que le biomimétisme prend toute sa place. Il prend part au processus de création, il permet d'avancer les idées les plus inattendues. Parmi les objectifs des enseignements spécifiques de la spécialité ITEC (Innovation Technologique et ÉcoConception), on retrouve la gestion de la vie du produit, la propriété industrielle, la dimension design du produit, autant de composantes pour lesquelles on pourra puiser dans les principes du biomimétisme. Quant à l'enseignement technologique en LV1, il pourra puiser dans les nombreuses ressources disponibles en anglais – et souvent uniquement dans cette langue. ■



10 **Une feuille de lotus sacré**



11 **L'Écoparc de Kalundborg**