



**HAL**  
open science

# Le biomimétisme en architecture : analyse d'une démarche en pleine émergence

Marine Delbreil-Bergès

► **To cite this version:**

Marine Delbreil-Bergès. Le biomimétisme en architecture : analyse d'une démarche en pleine émergence. Architecture, aménagement de l'espace. 2015. dumas-01883385

**HAL Id: dumas-01883385**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01883385>**

Submitted on 28 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Delbreil-Bergès Marine  
Mémoire master 1  
ENSA de Toulouse  
Septembre 2015

LE « BIOMIMÉTISME » EN  
ARCHITECTURE :  
ANALYSE D'UNE  
DÉMARCHE  
EN PLEINE  
ÉMERGENCE

S77EP  
Environnement, Paysage, Architecture  
Tuteur de recherche : Frédéric Bonneaud

# LE « BIOMIMÉTISME » EN ARCHITECTURE : ANALYSE D'UNE DÉMARCHE EN PLEINE ÉMERGENCE

## **Biomimétisme**

## **Démarche**

## **S'Inspirer**

## **Principes du vivant**

## **Nature**

## **Ecosystèmes**

## **Architecture**

## **Ecologie**

## **Economie**

Le Biomimétisme consiste à observer dans la nature les modèles existants pour en comprendre l'intelligence, et tenter *in fine* d'en faire des applications concrètes et durables dans différents champs d'application, comme l'architecture, le bâtiment, l'industrie et en corrélation avec les enjeux économiques actuels....

La nature est d'une telle richesse et nous l'avons sous nos yeux. Le biomimétisme reproduit ou détourne les principes de la Nature afin de les réadapter à des fonctionnements humains. En partant de différents niveaux biomimétique, nous verrons comment le biomimétisme peut être appliqué à l'architecture, et en quoi il peut participer à un équilibre entre humanité et environnement et quelles sont les limites de cette démarche. Il sera davantage question d'une posture en accord avec la nature. Au travers d'exemples, j'évaluerai l'efficacité de la démarche.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION

### I. BIOMIMÉTISME : DÉFINITION ET ENJEUX

- A. LE MYTHE NATUREL
- B. VERS UNE PENSÉE ÉCOLOGIQUE?
- C. GENÈSE DU BIOMIMÉTISME

### II. LES PRINCIPES D'UNE POSTURE EN ACCORD AVEC LA NATURE

- A. LA NATURE COMME SOURCE D'INSPIRATION
- B. LES ECOSYSTÈMES NATURELS :  
APPLICATION AUX SYSTÈMES HUMAINS

### III. RESULTATS ET RÉFLEXION DE CETTE POSTURE BIOMIMÉTIQUE

- A. RÉSULTATS DE MON TRAVAIL BIBLIOGRAPHIQUE
- B. RÉSULTATS DE CRITIQUE DE PROJETS

## CONCLUSION

## BIBLIOGRAPHIE

## ANNEXES

## TABLES DES MATIÈRES

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## INTRODUCTION

À l'heure où l'urbanisation ne cesse de croître et où les défis environnementaux sont de plus en plus complexes à relever, les citoyens sont davantage concernés par les impacts du poids et du rôle de nos modèles urbains. Les villes se retrouvent en ligne de mire pour leur attitude éco-responsable et posent au grand jour les questions de l'impact que peut avoir la construction sur notre planète et remettent en cause l'évolution de nos modèles urbains.

Ce qui importe est que nous ne sommes pas face à une logique de « croissance pour croissance » mais plutôt devant une évolution des conditions d'habitats actuels. Pour chaque innovation, il est important de savoir si une innovation est compatible avec la Vie, saine et utile. Le profit ne devrait plus être le seul critère de développement. La Nature de part sa forme, sa structure et son volume conçoit des systèmes efficaces et qui perdurent car elle sait économiser l'énergie sans épuiser les combustibles fossiles et sans polluer la planète.

« Entre un modèle de civilisation soutenu par la surconsommation d'énergies fossiles, voué à l'épuisement de ses ressources, et une nature économe et résiliente qui fonctionne à l'énergie solaire, une question se pose : doit-on tirer des leçons du fonctionnement de la nature et s'en inspirer? »

Le biomimétisme est à l'heure d'aujourd'hui une notion peu connue mais pourtant son sens se saisit rapidement en l'évoquant. Il vient du grec « bios », vie, et « mimésis », imitation. Imiter la nature n'est pas une nouveauté mais le biomimétisme apparaît comme une démarche structurée et tout à fait reproductible par l'homme. Il s'agit d'une démarche qui consiste « à observer et comprendre la nature tels que les plantes, les animaux, les micro-organismes, afin de trouver des solutions techniques innovantes, efficaces et douces pour l'environnement ».

Celui-ci comprend différents domaines et s'applique de sorte à ce que l'homme construise efficacement, en fabricant des habitats plus sains qui permettent la préservation de la biodiversité. Il comporte également différentes disciplines comme celles de la connaissance, de l'informatique, des nouvelles technologies, de nouveaux modes d'exploitation, ainsi que dans le bâtiment, la gestion des réseaux, des transports, de la production d'énergie etc.

Le biomimétisme sous-entend que la meilleure solution aux problèmes que nous créons depuis des années peuvent être considérablement amoindris si nous nous inspirons de notre mère Nature qui relève d'une efficacité sans précédent. Le biomimétisme est une histoire de passionnés qui regroupe des architectes, ingénieurs, biologistes, naturalistes, chercheurs ect.

La Nature avec un grand N représente la grande diversité de notre univers. Elle est autour de nous et même en nous. Pour la comprendre, il a fallu observer et analyser son origine et son identité car c'est un domaine très vaste et très complexe. Des millions d'éléments gravitent, vivent, fonctionnent autour de nous et pourtant nous ne connaissons que peu de choses. Bien que la science avance à grande vitesse, il reste encore des « trous noirs », des domaines où il y'a encore beaucoup à découvrir.

---

1. <http://www.up-magazine.info>. *La ville biomimétique se concrétise progressivement*

2. <http://www.arte.tv/fr/biomimetisme-naturellement-genial/3730396.CmC=3730390.html>

La création du monde et de la Nature sont issues de philosophies divergentes. On peut penser à la théorie de l'évolution de Charles Darwin<sup>3</sup> ou bien se rapporter au récit Biblique à la création de l'univers par Dieu (créationnisme)<sup>4</sup>. Leurs raisons ont lieu d'exister mais le biomimétisme se rapproche davantage du chemin qui encourage la découverte et l'avancée de la science.

Bien que cela puisse paraître une approche utopiste pour certains, ésotérique pour d'autres ou bien de l'ordre de la métaphysique, le biomimétisme est une discipline qui a beaucoup de choses à montrer et à nous apprendre. La nature, peu importe comment nous la considérons, est une source d'harmonie, d'intelligence et vitale pour l'homme.

D'ailleurs, l'homme semble de plus en plus se rapprocher de sa biosphère, ce qui correspond à tous les éléments que nous offre la planète dans un cycle naturel et dans lequel les éléments s'auto-régénèrent. D'où un intérêt grandissant pour les « villes durables », les « villes post-carbone », les « villes biomimétiques »<sup>5</sup>. Cela illustre bien le fait que l'« on ne peut pas parler de biomimétisme sans humanisme ».

Face à ces enjeux majeurs, nous allons tenter de trouver les réponses que peut nous apporter cette nouvelle posture émergente qu'est le biomimétisme. La nature qui nous entoure est une source d'inspiration pour développer le génie de l'homme et ainsi aller dans le sens de : « ce qui est bon pour la planète est bon pour nous »<sup>6</sup>, c'est à dire être en symbiose avec une nature « naturante » c'est à dire créatrice et durable.

La question du choix de l'emploi des matériaux de construction est, selon moi, un élément principal dans la vision d'un monde plus écologique. En effet, la nature élabore des structures organisées souvent bien plus performantes que nos matériaux les plus modernes. Ainsi, de nouvelles générations de matériaux bio-inspirés peuvent être une solution proche dans une des branches du biomimétisme mais afin de rester pertinente sur le thème du mémoire et de répondre à la problématique posée, je parlerai peu de ce sujet.

## **En quoi le biomimétisme peut participer à optimiser l'architecture dans la quête d'un équilibre entre l'humanité et son environnement et quelles sont les limites de cette démarche ?**

Ma réflexion se focalisera sur les différents champs d'application du biomimétisme en lien avec l'architecture, le bâtiment, l'industrie et en corrélation avec les enjeux économiques actuels. Nous verrons comment le biomimétisme peut être appliqué à l'architecture, comment nous pouvons construire, habiter, vivre dans la nature en étant réellement en relation avec elle.

---

3. <http://www.hominides.com/html/theories/theories-evolutionnisme.php>

La terre a été peu à peu colonisée par les plantes, des organismes qui, de mutations, ont évolué vers des êtres plus complexes : les animaux (dont l'homme). L'évolution se fait par sélection naturelle, ce sont les animaux les plus adaptés à leur milieu qui survivent. Ce sont donc eux qui auront le plus de chance de se reproduire, et donc de transmettre leurs gènes.

4. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Créationnisme>

Le créationnisme désigne au sens large une doctrine d'ordre religieux ou philosophique selon laquelle un ou plusieurs êtres divins sont les créateurs de la vie, et qui s'oppose généralement à la théorie de l'évolution du vivant.

5. Gilles BCEUF, *Muséum national d'histoire naturelle, Paris.*

6. *Livre de Janine Benyus : Quand la nature inspire des innovations durables, Rue de l'échiquier, traduit en France en 2011*

## Méthode de travail

Dans une première partie, je déterminerai les fondements du biomimétisme et ce qui le compose suivant la théorie de Janine Benyus, biologiste, naturaliste et consultante en innovation. Elle est reconnue pour ses travaux sur le biomimétisme qui mettent en avant trois niveaux d'inspiration biomimétique que l'on retrouve dans la nature et qui sont : la Forme, la Fonction, le Processus. Les écosystèmes sont, par exemple, considérés comme des processus. En effet, ces trois niveaux peuvent être imités en architecture, à une autre échelle. Nous définirons en quoi consiste concrètement cette théorie par un travail bibliographique et nous en distinguerons les enjeux.

Dans une deuxième partie, il sera davantage question d'une posture en accord avec la nature. En effet, les différents niveaux de biomimétisme seront considérés comme une grille de lecture pour évaluer l'efficacité de la démarche, c'est à dire celle de l'application du biomimétisme à l'architecture et ceci au travers d'exemples de projets en architecture. De plus, je chercherai à montrer les potentialités de l'architecture biomimétique dans une approche de reproduction du mode de fonctionnement écosystémique. Autrement dit, même si le biomimétisme peut répondre partiellement à des contraintes de durabilité et de forme, les projets créés dans une stratégie « d'imitation de processus » peuvent prétendre apporter une solution à la crise environnementale.

Dans une troisième partie, je tacherai de faire le point sur la réelle pertinence et crédibilité de cette pratique au travers de résultats et réflexions sur cette posture biomimétique.

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Première partie

## BIOMIMÉTISME : DÉFINITIONS ET ENJEUX

### A. LE MYTHE NATUREL

#### Le rapport homme/nature

Depuis la nuit des temps l'homme s'inspire de la nature bien qu'elle évoque souvent quelque chose de surnaturelle, de mystique... Cette puissante créatrice prend forme à partir de peu d'éléments (eau et lumière) pour créer parfois une nature inquiétante, inhumaine, mais toujours fascinante. La vie que génère la nature donne son sens à l'existence. Tout se qui à évolué sur Terre et qui continue d'évoluer ne dépend que d'elle, si on parle de la faune, la flore, les éléments, les minéraux. Les animaux, les plantes, les arbres, les hommes ne peuvent vivre sans elle.

Dans le temps, les explorateurs des Indes et des terres lointaines ont ramenés des découvertes quelques peu étranges comme : cornes, défenses d'animaux, fossiles, insectes, animaux naturalisés, pierres, coraux ect. Toutes ces curiosités ont frappé l'imaginaire et l'émerveillement des hommes. Ils se placent comme spectateurs et tachent alors de comprendre ce qui les entourent. Bien que la nature puisse paraître merveilleuse, surnaturelle ou terrifiante dans beaucoup de cultures elle est source d'inspiration.

Les amérindiens par exemple, s'inspirent de la nature et vivent en fonction d'elle depuis toujours alors que dans la culture occidentale, nous nous en sommes éloignés mais la redécouvrons enfin aujourd'hui. Nous retrouvons aussi des exemples dans l'architecture, l'urbanisme, certains peuples reprennent le fonctionnement du corps humain au travers de leurs habitats, les réseaux des villes sont comme les veines du corps humain ect... Depuis des siècles, en partant du sol jusqu'à l'univers, l'homme tache d'essayer de calculer, mesurer, analyser cette nature « naturante » qui est la vie.

La nature n'a cessé de nous inspirer au fil du temps mais pour bien comprendre ce qui nous entoure il me semble important de redéfinir la notion de nature et de paysage. Lorsque nous pensons au mot « nature », on imagine vite une nature inépuisable, sereine, équilibré, régulière et source d'harmonie, et bien l'homme y est pour quelque chose... En effet, la nature est construite par l'homme depuis qu'il existe sur terre, son apparition a transformé l'origine même de cette abondante Nature. Avec le temps, elle est devenue un artéfact et n'existe plus comme elle aurait dû exister. Par exemple, l'homme à su faire parvenir des essences d'arbres de divers horizons sur son continent puis créer des paysages, bien que cela a modifié l'origine de la nature présente sur place et donc ses écosystèmes... Aussi, elle a été inventée comme lieu de spiritualité, de contemplation, de bien être ou de rêveries. C'est ainsi que l'homme décide d'avoir un paysage qui l'entoure de beau ou d'étrange, d'amusant ou de terrifiant, de différent ou d'identique à un autre.

Le paysage est un dispositif également construit par l'homme, tel qu'on le voit c'est une image qui est culturellement construite avec une valeur esthétique de l'environnement. On donne une dimension, un cadre à un paysage, on artialise sans le savoir (concept de l'artialisation), c'est à dire que le regard que l'on porte sur le paysage est une construction culturelle, historiquement datable et explicable. Dès et déjà depuis la Renaissance nous avons vu se développer un genre pictural paysager, qui suivant les époques est perçu comme quelque chose « d'esthétique » alors que ce ne sont que des codes culturels mis en place. Dans d'autres pays, cultures, époques c'est la même chose. Par exemple, les japonais possèdent des dispositifs paysagers suivant un propre genre pictural. En chinois « paysage » signifie « montagne + eau ».

Ainsi, le paysage est quelque chose que l'on fabrique, ce n'est pas vraiment objectif, c'est juste une construction mentale de l'homme. Cette question est liée à notre propre perception, de l'ordre du souvenir, des sentiments...

L'homme a donc évolué sur Terre en lien avec son milieu, et en cohabitant avec la nature qu'il a plus ou moins maîtrisée. Les découvertes faites par l'homme ont soulevé des questions, et les réponses amènent encore et toujours des questions. Cependant, il a appris à observer son environnement, à tisser des liens avec celui-ci et s'est inspiré de sa biotope. Une première démarche de biomimétisme naissait alors, permettant par exemple aux populations indigènes d'Alaska de chasser le phoque à la manière de l'ours polaire. Ainsi, on commence à imiter des comportements, des gestes, des formes de manière naturelle. Le biomimétisme permettra d'allier l'Homme à la Nature.

### L'intelligence des formes de la nature

Lorsqu'on regarde ce qui nous entoure d'un peu plus près on comprend qu'il y a des formes, des suites, des hiérarchies qui ne se trompent pas et se répètent. Il existe donc une géométrie de formes naturelles, appelée arborescence.

Un exemple des plus marquant en architecture est la *suite de Fibonacci*, qui est une suite de mathématique qui doit son nom à Leonardo Fibonnaci. Connue pour avoir mis en évidence une suite de nombres infini dans laquelle tout nombre (à partir du troisième) est égal à la somme des deux précédents: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89...

Dans la nature, on retrouve très souvent des motifs basés sur cette suite. Par exemple le nombre de pétales des fleurs est souvent un des nombres de *la suite de Fibonacci*: 3, 5, 8, 13, 21, 34 ou 55. «Les lis ont 3 pétales, les boutons d'or en ont 5, les chicorées en ont 21, les marguerites ont souvent 34 ou 55 pétales, etc... Les pommes de pins, les ananas, les tournesols, les cactus, les étoiles de mer, les coquilles de mollusques, les galaxies, les cyclones, le chou romanesco ont une forme en hélice...»<sup>7</sup>

---

7. [Podcastscience.fm](http://Podcastscience.fm) ; dossier *la suite de Fibonacci et le nombre d'or*



## B. VERS UNE PENSÉE ÉCOLOGIQUE ?

### Architecture organique

Le mot « Nature » et « Architecture » font référence à l'*architecture organique*, on pense au célèbre architecte F.L.Wright qui trouve son origine dans le mouvement Arts and Craft et Art Nouveau en Europe. La maison sur la cascade est son projet manifeste. Elle est ancrée dans un rocher, puis se déploie en surplomb de la cascade selon un plan cruciforme qui a pour axe la cheminée. Elle est représentée comme une prouesse technique et un exemple d'intégration au site.

« *L'architecture organique est une philosophie architecturale qui s'intéresse à l'harmonie entre l'habitat humain et le monde « naturel » au moyen d'une approche conceptuelle à l'écoute de son site et intégrée à lui, faisant du bâtiment et de son mobilier une composition unifiée et intriquée à son environnement.* »<sup>8</sup>

Le théoricien David Pearson proposa un ensemble de règles pour dessiner une architecture organique appelée la *Charte de Gaïa*. Il considère la terre comme une entité vivante.

Pour Wright l'architecture est d'une simplicité organique, où la forme doit suivre la fonction, qui s'oppose aux « machines à habiter » du Corbusier du mouvement moderne. Cependant qu'en est-il de l'impact écologique ? L'architecture organique se soucie-t-elle de son environnement et des espèces vivantes qui l'entourent ou principalement de l'influence du site, ses formes, de l'espace et des couleurs ?

En effet l'architecture avec le temps va tenter de devenir plus respectueuse de son environnement. L'architecte, artiste, peintre, penseur ou encore « médecin de l'architecture », Friedensreich Hundertwasser cherche à limiter les impacts écologiques sur l'environnement.

« Son message est profondément, viscéralement écologiste et s'exprime très tôt par des performances remarquées, des manifestes écologiques, artistiques et architecturaux. Il œuvre pour une société sans déchet, notamment invente « La toilette-humus ». Il se soucie de « l'empreinte écologique » du citoyen et du citadin moderne. »<sup>9</sup>



Maison de la Cascade, Frank Lloyd Wright, Pennsylvanie, Usa, 1939



Village-thermal, Autriche. Friedensreich Hundertwasser, 1985

8. [wikipédia, architecture organique](#)

9. [wikipédia : Friedensreich Hundertwasser](#)

Un exemple fort intéressant est l'architecte Luc Schuiten, il cherche à mettre en place des solutions alternatives au travers d'une pensée écologique. « *S'affranchissant des lignes rigides ou traditionnelles de la construction, il tente de gérer différemment les matériaux et les techniques, axe sa recherche sur des maisons bioclimatiques, rêve d'habitarbres ; ces logements organiques en osmose avec le végétal.*<sup>10</sup>

Son architecture s'inspire de la nature et fusionne avec elle, sa pensée est visiblement très explicite lors de ses conférences, expositions, affiches, livres et expositions dont il réalise toujours les scénographies.

Luc Schuiten est responsable de l'Atelier d'Architecture Schuiten sprl et le Président de l'asbl *Végétal City*. Il est membre fondateur de *Biomimicry Europa* et de l'ASBL *Archi Human*.

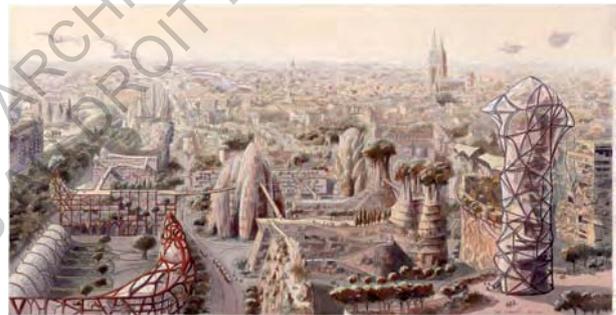
« *Un autre possible, à savoir un monde qui aurait évolué vers des techniques qui ne seraient que durables, qui n'appauvrissent pas ma planète mai qui, au contraire, l'enrichissent.* »<sup>11</sup>

Luc Schuiten.

Ainsi l'architecture est touchée par la grâce de la nature, et se rapproche d'une démarche que l'on nomme de « biomimétique ».



Archi Human, 30 septembre 2014, Luc Schuiten



Strasbourg, 8 décembre 2014, Luc Schuiten



Cité Archiborescente, 2 octobre 1977, Luc Schuiten

« *La démarche de l'architecte consiste ici à s'affranchir de toute contrainte technique ou matérielle de construction. Il se laisse porter par les valeurs du rêve et se donne l'occasion de les explorer en toute liberté, à travers le dessin, se laissant même surprendre par ce qui naît sous son crayon et le conduit à de nouvelles réflexions.* »  
([Végétalcity.net](http://Végétalcity.net))

<sup>10</sup>. [Végétalcity.net](http://Végétalcity.net), auteur et publication

<sup>11</sup>. [Revue G.mag hiver 2014, 8 décembre, interview Luc Schuiten](#) : « Je ne refuse pas le progrès je veux l'adapter »

## C. GÈNESE DU BIOMIMÉTISME

Le biomimétisme est une philosophie consistant à prendre la nature pour modèle afin de répondre aux enjeux du développement durable (sociaux, environnementaux et économiques). Ce terme est popularisé dès 1997 par une biologiste, naturaliste et consultante en innovation Janine M. Benyus. Elle est reconnue pour ses travaux sur le biomimétisme et notamment avec son ouvrage *Biomimicry Innovation Inspired by Nature*.

Elle définit le biomimétisme ainsi :

« C'est une démarche d'innovation, qui fait appel au transfert et à l'adaptation des principes et stratégies élaborés par les organismes vivants et les écosystèmes, afin de produire des biens et des services de manière durable, et rendre les sociétés humaines compatibles avec la biosphère ». <sup>12</sup> Les organismes créent ce dont ils ont besoin, ni plus, ni moins le rappelle Janine Benyus.

Avant cela, la théorie a déjà fait quelques adeptes en Europe, au point de donner naissance en 2008 à *Biomimicry Europa*. <sup>13</sup> Le comité est composé de biologistes, architectes, professionnels du monde de l'entreprise et des collectivités territoriales. Ils pointent les limites de notre développement actuel, tout en reprenant le constat de départ de Janine Benyus.

La nature est depuis toujours une source d'inspiration sur le plan stylistique pour de nombreux créateurs et architectes, mais c'est aussi des régularités harmoniques et fonctionnelles pour qu'elle vive et maintienne la vie... Selon Janine Benyus chaque organisme est une combinaison inédite de matériel génétique où la notion de pollution et de déchet n'existe pas. Tous les animaux, végétaux, microbes jouent un rôle au sein d'un ensemble auto-organisé, de façon plus vaste ils consistent un écosystème, où l'utilisation de l'énergie disponible est optimisée. On peut dire qu'il y'a une sorte de symbiose au sein du monde animal et végétal. Cette efficacité tient au fait que la nature est régie par certaines « lois, stratégies et principes canoniques », qui doivent servir de cadre de référence à tout biomiméticien. Tels que :

- 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
- La nature valorise l'expertise locale
- La nature les excès de l'intérieur
- La nature transforme les limites en opportunités

---

<sup>12</sup>. Livre *Biomimétisme, Quand la nature inspire des innovations durables par Janine Benyus*, Rue de l'échiquier, traduit en France en 2011.

<sup>13</sup>. <http://www.biomimicry.eu>

Janine Benyus distingue **3 niveaux de biomimétisme** :

- Les formes, les fonctions, et les processus/systèmes. **La forme** assure une fonction précise (aérodynamisme, camouflage, adhésion, couleur).
- Les fonctions assurées par des organismes ou des milieux naturels dont **les matériaux**. (biofiltration des eaux usées ou bioclimatisation des habitats).
- Le fonctionnement de phénomènes naturels, tels que celui des **écosystèmes**. (biominéralisation ou morphogénèse).

La nature est perçue comme un modèle de création, utilisée comme mesure et serait la conseillère sur du long terme. Les étapes principales de la démarche du biomimétisme. C'est identifier une propriété naturelle intéressante en lien avec un problème écologique, scientifique ou technologique.

La démarche biomimétique consiste en une multitude d'étapes clés résumées en un schéma représentant la spirale itérative. Le schéma ci-dessous représente un défi pour la biologie.

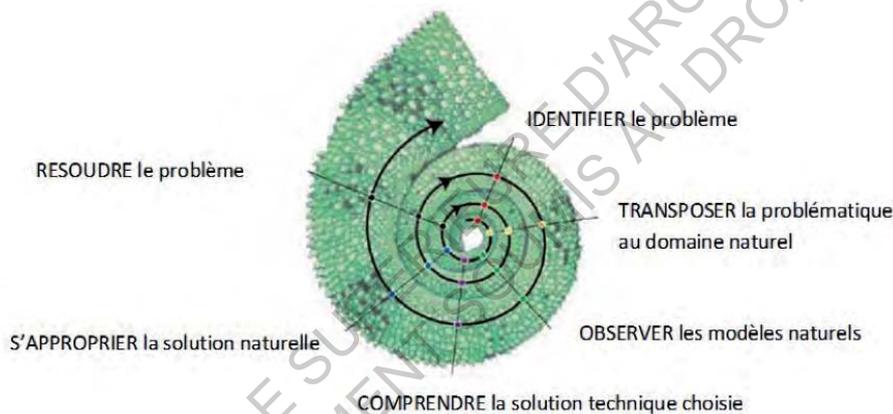
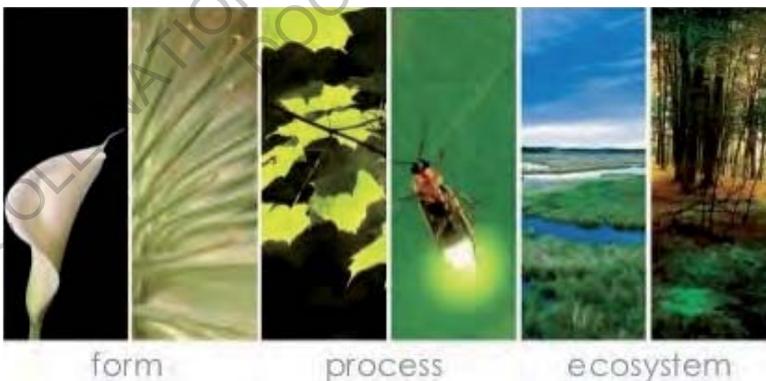


Schéma et photos de la démarche biomimétique



Pour ce qui concerne l'architecture, nous partons d'une base un peu plus simplifiée qui est :

- **Identification** : repérage d'un matériau du vivant présentant une propriété intéressante.
- **Compréhension** : sur la base de la connaissance de la structure, comment la propriété en question s'exprime t'elle ?
- **Contre typage** : copier en améliorant (en utilisant des moyens qui sont en général différents des moyens naturels)

## Les Services Écosystémiques

Les services écosystémiques jouent un rôle essentiel pour l'activité humaine et dans la démarche biomimétique. Puisque le biomimétisme « est une ingénierie inspirée du vivant qui cherche à tirer parti des solutions et inventions produites par la nature dont les écosystèmes et les services écosystémiques ». <sup>14</sup>

« Les écosystèmes et plus généralement la biodiversité soutiennent et procurent de nombreux services dits services écologiques ou services écosystémiques qu'on classe parfois comme bien commun et/ou bien public, souvent vitaux ou utiles pour l'être humain, les autres espèces et les activités économiques, y compris en ville. Il faut distinguer les « services » des « fonctions écologiques » qui les produisent : les fonctions écologiques sont les processus naturels de fonctionnement et de maintien des écosystèmes, alors que les services sont le résultat de ces fonctions. » <sup>15</sup>

Nous sommes toujours de plus en plus nombreux sur terre. La population mondiale compte 7,125 milliards de personnes en 2013 sur Terre <sup>16</sup>. Les pressions exercées sur les ressources naturelles et la biodiversité sont assez alarmantes. Une multitude de preuves atteste que le changement climatique est d'ores et déjà en cours. Les services écosystémiques sont gravement touchés et de nombreuses espèces en voie de disparition.

A la base du fondement de la démarche biomimétique, qui s'inspire de la nature pour créer des innovations durables, il faut avoir conscience de la richesse qu'est composé « notre » patrimoine naturel. Dans ce sens, il est important de trouver des réponses émanant de nouvelles façons de concevoir le territoire et l'architecture.

---

<sup>14</sup>. Définition Biomimétime, Wikipédia

<sup>15</sup>. Définition service écosystémique, Wikipédia

<sup>16</sup>. <https://www.ined.fr>

« Le concept grandissant de services rendus par les écosystèmes offre un nouveau prisme d'analyse vis-à-vis des territoires et de leur aménagement. Différents niveaux d'études ont permis au fil des années de créer un lien durable entre aménagement du territoire et prise en compte des services rendus par la biodiversité supportés par des écosystèmes en constante évolution ». <sup>17</sup>

Ces services sont multiples, classés en 4 catégories par le Millenium Ecosystem Assessment (L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005).

«Ce travail a duré quatre ans. Entamé en 2001, il a réuni les contributions de plus de 1 360 experts issus de près de 95 pays, pour évaluer - sur des bases scientifiques - l'ampleur et les conséquences des modifications subies par les écosystèmes dont dépend notre survie et le bien-être humain. Il vise à hiérarchiser les actions à entreprendre pour restaurer et conserver notre environnement et pour son utilisation durable par l'Homme. Certains pays ont prolongé le travail en l'affinant à des échelles plus locales. <sup>18</sup>



Services écosystémiques (source Génie écologique & écosystèmes, Dervenn)

Les quatre catégories de services peuvent structurer des projets de développement et de l'aménagement du territoire. Elles comprennent les besoins nécessaires à la survie de l'homme en milieu urbain.

Ce schéma donne une vision non-exhaustive entre les besoins d'un milieu urbain et les familles de services concernés. Il donne une vision des services rendus par les écosystèmes qui soutiennent la vie urbaine.

<sup>17</sup>. <http://developpementdurable.revues.org/9853>

<sup>18</sup>. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Évaluation\\_des\\_écosystèmes\\_pour\\_le\\_millénaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Évaluation_des_écosystèmes_pour_le_millénaire)

Sans rentrer dans les détails, nous garderons en tête l'idée qu'il s'agit bien de connecter nos milieux urbains aux services écosystémiques. Cela est un point important dans le sens, où la préservation de nos écosystèmes, pourra tendre à une architecture biomimétique.

Les lois évoquées par Janine Benyus peuvent paraître simpliste mais prendre la nature pour modèle est une entreprise colossale. Il faut être en mesure d'imiter les procédés et le fonctionnement de ces systèmes naturels. Ces trois niveaux peuvent être exploités ou reproduits à notre échelle et peuvent s'appliquer directement à l'architecture et au bâtiment.

Imiter la nature s'est souvent résumé à la reproduction des formes observées mais ce n'est pas que ça, plus précisément il s'agira d'analyser les fonctions assurées par des organismes ou des milieux naturels et de comprendre le fonctionnement de phénomènes naturels, tels que celui des écosystèmes.

Au travers d'exemples de projets architecturaux j'illustrerai ceux qui représentent un certain niveau d'inspiration biomimétique défini sur l'application de la théorie de Janine Benyus :

- Imiter les formes naturelles (Forme)
- Imiter les fonctions naturelles (Fonction)
- Imiter les systèmes naturels (Processus)

Pour conclure cette première partie, l'architecture organique vise la symbiose, la cohérence avec son site alors que le biomimétisme prend conscience d'appartenir à sa biosphère, et veut créer des systèmes à son image, en imitant ce qu'elle crée dans le but d'avoir les mêmes propriétés. Cette application peut s'étendre sur différentes échelles comme nous le verrons par la suite.



MARYLINE PASSINI, 24 AVRIL 2012

## Deuxième partie

### LES PRINCIPES D'UNE POSTURE EN ACCORD AVEC LA NATURE

#### A. LA NATURE COMME SOURCE D'INSPIRATION

##### Forme / Fonction / Processus

Tout ce que nous retrouvons dans la nature est doté d'un immense savoir faire, pourtant les créatures ou micros organismes n'ont pas conscience de l'ingéniosité qu'elles font preuve et n'ont pas l'opportunité de le comprendre. Elles ne savent rien sur la descente de charges ou encore sur la résistance des matériaux. Tout ce qui est nécessaire à une structure tel que : l'aspect, le fonctionnel, l'esthétique, le durable ou l'économique sont naturellement présents dans la nature.

L'efficacité réside dans le fait d'avoir compris que la nature cherche toujours à employer la structure la plus efficace pour une forme donnée. Ces créations naturelles sont d'une telle perfection qu'elles en sont source d'inspiration pour de nombreux architectes. Richard Buckminster Fuller reste l'un des pionniers dans cette discipline et donna même son nom à une molécule de carbone. Frei Otto est aussi l'un des pionniers du biomimétisme, la nature l'a toujours guidé dans sa quête de durabilité.

Les études sur les squelettes et espèces vivantes à échelle microscopique comme le treillage de la structure osseuse sont devenus des éléments souvent imités dans les constructions techniques d'aujourd'hui car cela permet :

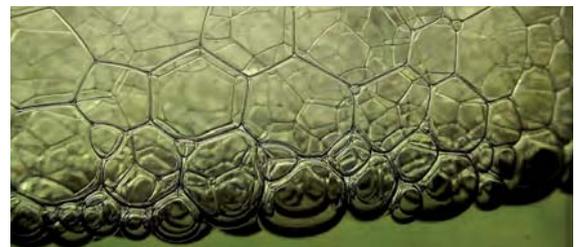
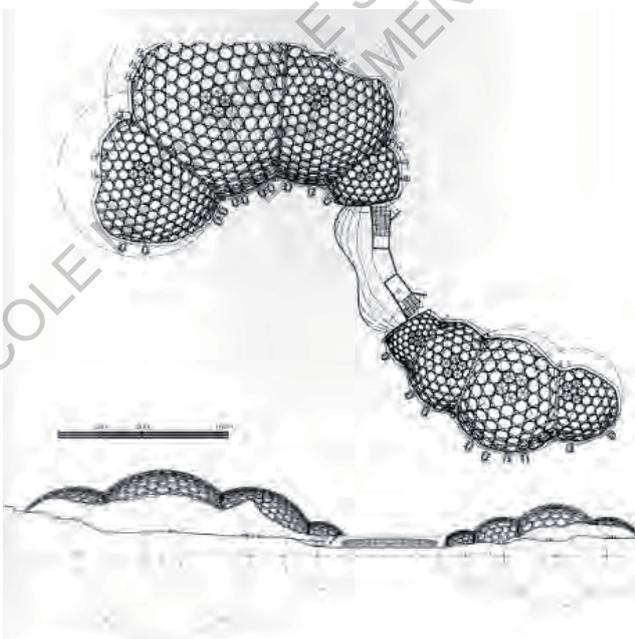
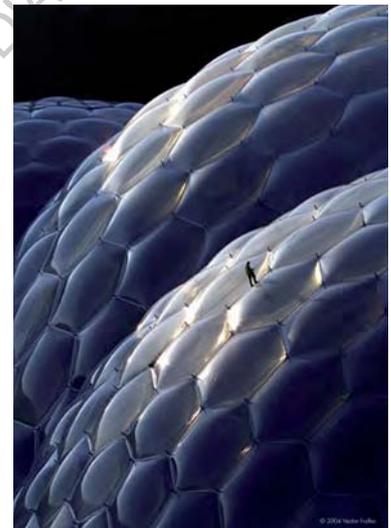
- d'utiliser peu de matériaux.
- de rendre la structure du bâtiment à la fois solide et flexible.
- d'augmenter les capacités de support de charge et d'offrir une résistance considérable.

Certains exemples de projets d'architecture sont exposés afin de voir leur niveau de biomimétisme et si ces trois niveaux peuvent être présents en même temps sur un seul projet.

## Lorsque la nature inspire la forme et fonction...

L'Eden Project au Royaume Uni, complexe environnemental dessiné par l'architecte Nicholas Grimshaw

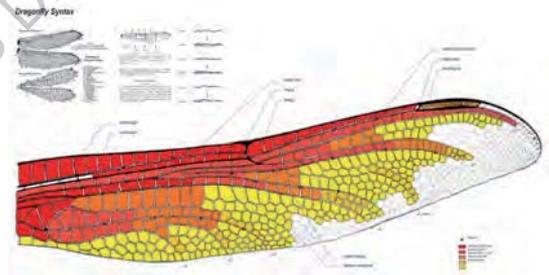
Ouvert au public en 2001, l'architecte s'est inspiré de bulles de savon et de l'agencement des éléments dans une molécule de carbone. Les formes hexagonales que l'on retrouve souvent dans la nature (comme dans les essaims d'abeilles). Il est organisé de façon à avoir la forme la plus optimale et la plus résistante d'un point vu structurel. Ce projet ce veut aussi être le plus léger possible. Pour résoudre le dénivelé du site, l'équipe propose de connecter ses bulles entre elles le long de fil conducteur qui pouvait être arrangé de telle façon à s'adapter à la topographie. Il représente une régularité géométrique et une matérialité. Conçu également, pour instruire à une réelle éducation de la vie, c'est un lieu d'apprentissage où le visiteur se questionne sur la nature et l'environnement, sur l'avenir, sur la relation vitale entre l'homme, les plantes et les ressources afin d'espérer à un avenir meilleur.



Le Complexe architectural du stade de Munich, réalisé par l'architecte Frei Otto en 1972 est inspiré des toiles d'araignées, qui par des fils étirés attachés aux des pointes d'herbe permet à l'araignée de tisser sa toile sur une grande distance tout en ayant une toile ultra résistante, cela permet d'avoir de la souplesse lorsqu'une proie tombe dans le piège.

Par ailleurs, il s'inspire aussi des ailes de libellule pour sa fonction. Elles possèdent une épaisseur d'environ trois millièmes de millimètre, malgré leurs finesse, elles sont très résistantes, car constituées de 1.000 sections.

Grâce à cette structure compartimentée les ailes ne se déchirent pas et sont capables de supporter une certaine pression durant le vol. Le toit du stade olympique de Munich fut conçu selon le même principe et permet de recouvrir de vastes superficies.



Complexe architectural du stade de Munich, architecte Frei Otto, 1972.

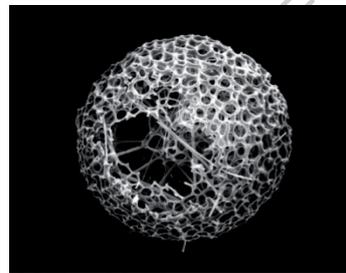
Le dôme géodésique conçu pour l'exposition universelle de Montréal en 1976 est réalisé par l'architecte Buckminster Fuller, il s'est inspiré d'un radiolaire (animal unicellulaire) qui est de forme sphérique et composée de percements.

Buckminster Fuller est inspiré par des idées technocratiques des années 1930, il envisagea, dans les années 1970, un monde élitiste, dans lequel les designers seraient à la barre du navire, pilotant la planète hors de la crise environnementale. A travers ses conceptions architecturales, Fuller trouvait des solutions pour améliorer le monde? Il faisait partie du mouvement de la contre-culture des années 1970.

Canada's Royan Market à Royan, conçu par Eugène Tsui. Il s'est inspiré d'un coquillage bécotier, la forme irrégulière permet, malgré son poids léger, de supporter des pressions énormes et la rend particulièrement résistante.



Dôme géodésique de Buckminster Fuller, Montréal 1976



Canada's Royan Market à Royan, conçu par Eugène Tsui



Les projets ci dessus ont tous une fonction pour une forme donnée. L'inspiration de la nature a permis d'avoir des projets de cette envergure, ils utilisent peu de matériaux, ont une structure solide et flexible et offrent une résistance considérable. Ils peuvent être considérés comme biomimétique sur 2 niveaux.

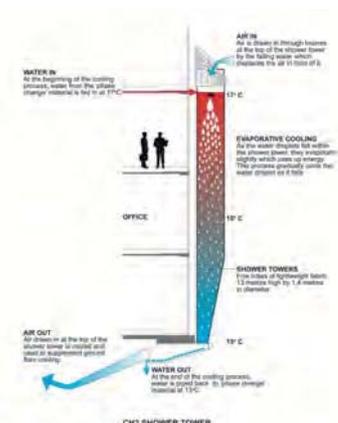
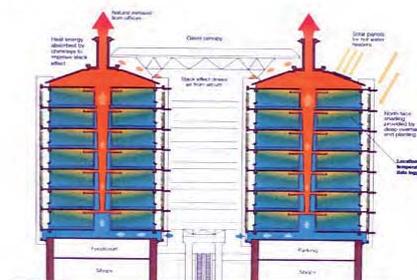
## Lorsque la nature commence à s'inspirer d'un processus...

Les termitières géantes (de *Macrotermes Michaelseni*) sont conçues pour réguler efficacement la température intérieure de l'édifice quelles que soit les amplitudes thermiques extérieures. Ce sont des nids de terre qui peuvent s'élever jusqu'à 7,6m de hauteur et descendre jusqu'à 3m de profondeur sous la terre. Des ouvertures au pied de la termitières attirent les courants d'air, de façon à ce que l'air refroidisse en circulant dans les galeries de boue humide. C'est le refroidissement par évaporation. L'air chaud monte et permet aux termites de réguler la chaleur et l'humidité de leur nid en s'affairant de constamment modifier la position des galeries.

L'Eastgate Centre à Harare, au Zimbabwe est conçu par l'architecte Michael Pearce, il s'est inspiré de la structure des termitières. Cet immeuble regroupe des bureaux et un centre commercial.

« Comme dans une termitière, la ventilation, le refroidissement et le chauffage de l'Eastgate se font entièrement par des moyens naturels. Le bâtiment est doté de quatre murs extérieurs en maçonnerie et d'un atrium intérieur de sept étages de hauteur. L'air du dehors est attiré à l'intérieur par de nombreux conduits et il est soit réchauffé, soit refroidi par la masse du bâtiment, selon lequel du béton de la structure ou de l'air est le plus chaud.

La ventilation de l'Eastgate ne coûte qu'un dixième de celle d'un immeuble climatisé standard, et le bâtiment consomme 35 % d'énergie de moins que six immeubles traditionnels. Les propriétaires de l'Eastgate ont pu constater qu'un bâtiment écoénergétique était également avantageux sur le plan financier. La conception unique de l'immeuble leur a permis d'économiser 3,5 millions de dollars en coûts d'énergie sur les cinq premières années d'existence du bâtiment. »<sup>20</sup>



20. <http://www.planetseed.com/fr/relatedarticle/des-termites-bien-au-frais>

## B. LES ÉCOSYSTÈMES NATURELS : APPLICATION AUX SYSTÈMES HUMAINS

### Reproduire l'écosystème

Les déchets étant toujours trop important, ils se substituent aux ressources non renouvelables que nous possédons jusqu'aujourd'hui. On parle beaucoup de rareté des ressources mais alors comment les optimiser ? Comment se servir des déchets et les réutiliser à bon escient ? La Nature ne produit pas de déchets puisque chaque « déchet » produit est réutilisé dans un cycle valorisant, elle met en place des solutions qui optimisent les ressources et l'énergie. La Nature se développe en évitant les substances toxiques, tous les animaux, végétaux, microbes jouent un rôle au sein d'un ensemble auto-organisé, de façon plus vaste ils consistent un écosystème, où l'utilisation de l'énergie disponible est optimisée.

Nous savons que les eaux à travers le monde sont polluées par les pesticides, les engrais chimiques, les composés dérivés du pétrole, les nitrates, les phosphates... La plus part proviennent, principalement des activités agricoles, et sont retrouvés dans les nappes phréatiques et les rivières.

Le développement durable ne devrait plus être pensé comme le croisement de la société, de l'économie et de la biodiversité mais davantage comme un tout qui fonctionne ensemble et de manière indissociable. Il s'agirait de retranscrire de nos écosystèmes leurs processus puis analyser nos propres systèmes économiques afin de tendre vers une économie écologique. C'est à dire une économie plus respectueuse des services écosystémiques et qui saurait tirer des leçons du fonctionnement de la biodiversité afin de la préserver.

Des procédés existent afin d'amoindrir l'impact des traitements industriels sur notre environnement. Par exemple la *bio-assistance*, qui utilise la diversité des microbes au service des traitements industriels.

« *L'écologie microbienne consiste à étudier le fonctionnement des écosystèmes microbiens en relation avec leur environnement. Extrêmement importants par leur rôle dans notre quotidien, les procédés de traitement biologique des eaux usées, des gaz ou des déchets constituent d'un point de vue écologique des écosystèmes riches et complexes* ». <sup>21</sup>

Un exemple plus courant est la *phyto-épuration*, cela consiste à se servir des plantes et des micro-organismes pour filtrer l'eau.

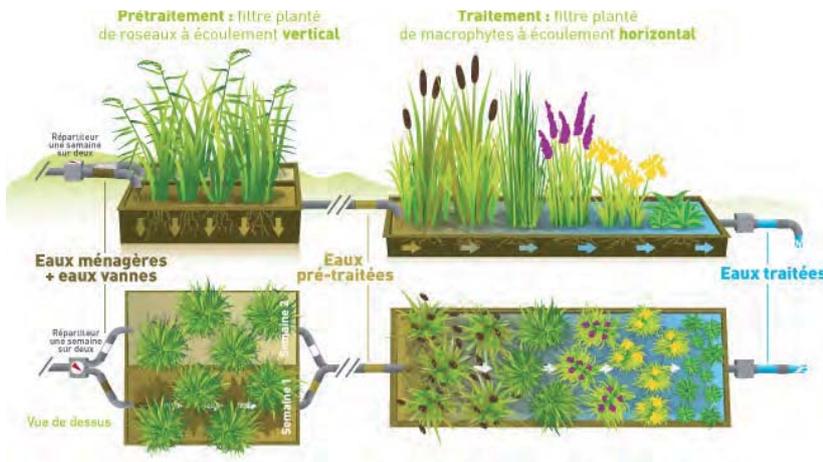
« *La phytoépuration fait appel aux bactéries présentes dans les systèmes racinaires des plantes pour épurer l'eau* ». <sup>22</sup> « On l'utilise pour l'épuration des eaux grises simplifiées (sans eaux vannes) et par des bassins à filtres plantés. Ces techniques résolvent bien des problèmes posés par les systèmes d'assainissement individuel : fosses septiques (plus drains ou filtre à sable) ou par le manque de systèmes d'assainissement. » <sup>23</sup>

---

21. <http://www.cnrs.fr/expobiodiversites/spip.php?article105>

22. <http://www.terrevivante.org/497-une-solution-alternative-la-phytoepuration.htm>

23. <http://www.cevennes-ecotourisme.com/Association-Eau-vivante>



Système d'assainissement autonome par bassins-filtres à plantes aquatiques et mare terminale

Le but de reproduire le fonctionnement d'un écosystème ou de l'utiliser à bon escient s'applique aussi au domaine de l'architecture. En effet, plusieurs projets et démarches remettent en cause la notion de «déchets» que les hommes génèrent sans cesse au quotidien et une production perpétuelle. Ces projets apportent de nouvelles idées, de nouvelles formes, une nouvelle architecture, ils laissent encore favoriser l'utopie mais en passe de devenir réalité.

### Projets d'architecture biomimétique

En France, l'agence X-Tu Architects (Anouk Legendre, Nicolas Desmazières) dans le cadre du consortium Symbio2, a obtenu une aide de l'Etat pour la création de «biofaçades». De micro algues produisant de la *biomasse*<sup>24</sup> sont cultivées en façades. Les caractéristiques de ces micro algues permettent de développer une ambiance thermique comparable à celle des êtres humains. Elles sont placées dans un double vitrage rempli d'eau. Pour optimiser la photosynthèse, elles sont mises en mouvement grâce à un système de bulles d'air. L'alimentation en eau et de l'air étant assurée par un réseau hydraulique intégré aux montants.

Nous savons que nos bâtiments «rejetent du dioxyde de carbone» cela se combine bien avec les micro algues, qui ont besoin pour se nourrir. Et l'avantage, c'est qu'elles rejettent de l'oxygène!

«Comme nous, la plupart des microalgues vivent entre 18 et 25°C, ont besoin de soleil, comme nous, ainsi que de nutriments tels des phosphates qui existent dans les eaux usées rejetées par les bâtiments. Une fois ce constat réalisé, ne restait donc plus qu'à associer microalgues et bâtiments dans le cadre d'un système symbiotique afin que l'un et l'autre tirent profit de leurs échanges thermiques et chimiques, d'où l'intitulé du projet.»<sup>25</sup>



Biofaçades  
X-Tu Architects

24. «Énergie : Ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie»

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Biomasse>

25. [http://www.lecourrierdelarchitecte.com/article\\_4443](http://www.lecourrierdelarchitecte.com/article_4443)

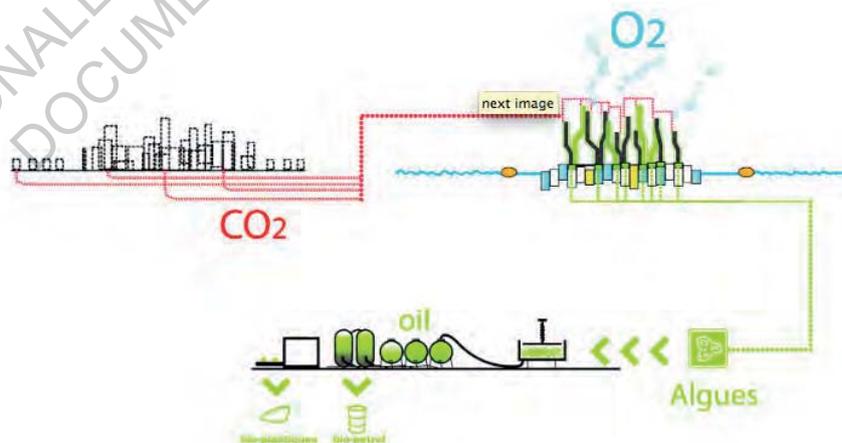
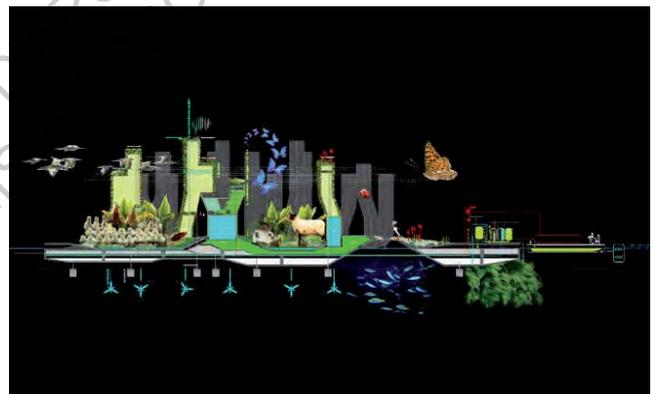
Ces microalgues incrustées dans les façades jouent le même rôle que des serres verticales. L'énergie thermique est donc diminuée par rapport à l'énergie nécessaire pour leur culture en bassin. Les besoins en chauffage et en refroidissement sont diminués jusqu'à 50%.

L'agence X-Tu Architects se présentent au concours international pour le futur ministère de l'agriculture en 2010, ils développent depuis 2001 une approche à l'échelle de la ville, repensée comme un écosystème global, coopératif et symbiotique.

Il s'agit d'un premier projet manifeste pour une ville « offshore » (X-Seaty) qui utilise les ressources actives du vivant et fonctionne avec les énergies de la mer. La volonté de l'équipe étant de renouveler l'approche de l'architecture et de sa contribution à la ville. Pour cela ils utilisent la biomasse.

«Le groupe de recherche a étudié un modèle symbiotique à l'échelle d'un îlot où les algues se nourrissent des nitrates, phosphates et du soufre extrait des eaux vannes des bâtiments, qui sont méthanisées avec les déchets organiques des habitants, pour alimenter une cogénération. Celle-ci fournit à son tour chaleur et CO2 aux algues comme électricité aux logements et auxiliaire des pho-bioréacteurs (pompe, centrifugeuse, GTC) ect...»<sup>26</sup>

Ainsi, les surfaces verticales de nos villes deviendraient-ils de vastes champs algocoles ? La biomasse serait une symbiose vertueuse de l'algoculture et du bâtiment pour des villes plus durables?



Projet X-Seaty  
X-Tu Architects

26. <http://www.edfvilledurable.fr/atelierenergieetterritoires/une-exposition-laboratoire-a-voir-autour-des-algo-cultures/>

Un édifice est une interface entre l'homme et son extérieur, si nous l'imaginons comme un organisme qui permettrait, grâce à des structures en façades qui serviraient de seconde peau, de respirer, de rejeter l'air chaud, de créer de la biomasse, de l'énergie ou d'être autonome, cela laisse supposer une architecture nouvelle, aux formes différentes de nos constructions actuelles. Cette ère technologique nouvelle, que nous traversons, peut paraître effrayante mais si nous arrivons à l'utiliser de manière intelligente afin de résoudre les problèmes de gaspillage d'énergies fossiles, de rejets de CO<sub>2</sub>, de déchets, d'utilisation de la matière en trop grande quantité alors pourquoi ne pas repenser nos mentalités et tendre vers architecture disons « verte » ?

Voici, un autre projet dans le même mouvement et que je trouve intéressant pour son concept, bien qu'il reste toujours utopique. Il s'agit d'un système modulaire écologique, imaginé par Stanislaw Mlynski, étudiant en architecture. Il a remporté le prix de Bronze de la compétition « Ecological Wall ».

Il explique pourquoi :

*« Comme dans la nature, chaque organisme est constitué d'une quantité phénoménale de cellules qui se répètent et qui garantissent la fiabilité totale de la création. J'ai décidé de reproduire ce phénomène à travers un système modulaire universel ».*<sup>27</sup>

Il a imaginé une méthode permettant de transformer des bâtiments industriels, des gratte-ciels, des immeubles de bureaux ou même des clôtures en des écosystèmes écologiques. Les murs porteurs deviennent des conteneurs de déchets organiques.

*« Les déchets organiques représentent près de 40% de nos poubelles et le compostage reste le moyen le plus simple et le moins coûteux au monde pour recycler. Chaque module dispose d'un conteneur permettant la collecte de ces déchets tels que l'herbe coupée, les sachets de thé, les cartons déchirés, le papier, les coupures de fruits et bien d'autres produits naturels.*

*La forme de chaque cellule est le résultat de la combinaison de deux fonctions : C'est un conteneur de déchets et un élément indispensable pour la construction de l'édifice.*

*L'association de ces modules/cellules permettra de créer des parois luxuriantes de végétation et qui aura une influence positive sur le microclimat en réduisant la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'air. De plus, la forme particulière des blocs permettra de recueillir de l'eau potable et de donner un refuge aux oiseaux. Ce regroupement modulaire écologique permet également une grande flexibilité de la structure, permettant de faire apparaître des panneaux photovoltaïques flexibles qui se déploient à la vue du soleil ».*<sup>27</sup>

Ainsi, le projet a pour base principale, la récolte de matières organiques qui génèrent du compost pouvant créer une structure verte, qui devient elle même un moyen de réduction du CO<sub>2</sub> et qui plus est permet au bâtiment de « pousser ». Il devient alors une sorte de processus écosystémique à lui seul. La gestion de la biodiversité devient un atout...

---

27. <http://soocurious.com/fr/pandora-ish-un-systeme-modulaire-ecologique/>



Son inspiration est née de son observation de la nature. Notamment, en observant l'écoulement de l'eau sur la feuille du figuier..

On constate que la plupart des constructions humaines, même très modernes sont trop souvent abimées, salent, inadaptées à leurs environnement, les formes étaient généralement pensées comme esthétiques, que utilisent. Alors pourquoi ne pas imaginer un architecture différente, une architecture vivante où la forme devient évolutive?

images : <http://www.yankodesign.com/2011/03/31/pandora-ish/>

## Ecologie industrielle

Si nous voulons changer notre regard sur les déchets et préserver notre environnement, il faut que nous sortions de l'économie linéaire dans laquelle nous sommes, pour ouvrir les portes d'une infinité d'opportunités.

Aujourd'hui, les flux de matières, de ressources, d'énergies doivent être pensés et optimisés, c'est une question de bon sens économique. Le biomimétisme peut intervenir dans un contexte économique, où il est possible de concilier activités économiques et biodiversité comme le propose l'écologie industrielle, qui est comprise dans le cercle vertueux de l'*économie circulaire*, que nous verrons juste après.

L'écologie industrielle a pour objectif d'apporter des éléments de réponse à la question du développement durable, en tachant d'accompagner la transition de notre société industrielle actuelle vers des modes de production « plus durables ». Pour cela, on imagine les industries comme s'il s'agissait d'écosystèmes, où serait créée une circulation de flux d'énergie et de matière, qui structure notre territoire humanisé.

En effet, certaines entreprises tentent de réaliser des projets avec l'aide des « écosystèmes », dans lesquels elles opèrent en procédant avec la voie de l'économie circulaire. C'est à dire qu'elles créent de la valeur et des emplois locaux, tout en préservant les ressources. C'est une approche globale, systémique, intégrée à l'échelle d'un territoire et qui vise à un nouveau modèle économique.

Quand les scientifiques analyse le fonctionnement des écosystèmes, il en résulte un classement sur l'organisation collective naturelle. On parle d'écosystèmes dits « matures »<sup>28</sup> comme par exemple une forêt adulte/primaire, ou des récifs coralliens. Ces grands espaces délimités sont peuplés d'espèces variées mais connectées entre elles et qui sont caractérisés par :

- un fort taux de recyclage des éléments
- flux de matière quasi-cycliques
- interactions complexes entre espèces : symbiose, parasitisme ect.
- Chaines alimentaires complexes
- Productivité faible

Ces espèces s'auto-organisent entre elles, comme une communauté, avec le but de rester en un endroit donné, tout en utilisant le mieux possible les ressources disponibles et de pouvoir le réaliser sur du long terme. C'est donc en un écosystème dit « mature » que la Nature est la mieux réglée et qu'elle perdure.

Alors que la stratégie de « maturation » des écosystèmes industriels est de :

- Boucler les flux de matière quasi cycliques
- D'étanchéfier afin de minimiser les émissions dissipatives durant la totalité du cycle de vie
- Dématérialiser les produits et les activités économiques afin d'accroître la quantité de services par unité de matière

---

<sup>28</sup> Cours de S. Erkman, master EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 18. 01. 07

<http://cargocollective.com/jaderudler> ; Enoncé théorique préalable au projet de master en architecture. EPFL 2012- 2013

L'objectif de l'écologie industrielle est de faire passer le système actuel considéré comme « juvénile » (par exemple l'agriculture intensive) à un stade d'écosystème « mature ». L'étape la plus importante est le contrôle des interactions entre les flux de matière induits par l'homme et les grands cycles biogéochimiques, en valorisant les déchets.

Gunter Pauli est un entrepreneur belge et écrivain qui se sert de la Nature comme exemple. Il propose une « révolution verte » non pas par le biais de la politique mais du secteur privé. Notamment, lors de la création d'entreprises nouvelles et par l'apprentissage, il propose de nouvelles méthodes de management. Il précise : « *Tout homme politique, tout dirigeant d'entreprise, devrait savoir qu'il est possible d'améliorer la productivité d'une entreprise en créant plus d'emplois et en réduisant spectaculairement la pollution* ». <sup>29</sup>

En prenant exemple sur la nature, son idée est de réutiliser tous les déchets produits pour les rendre productifs. « Ainsi, tout déchet est réinséré dans le système productif et devient une matière première valorisable. Il développe ainsi une approche *Upsizing*, par opposition au *Downsizing*, c'est-à-dire qu'en rendant « valorisables » des matières inutilisées. L'intérêt est de développer l'activité, le chiffre d'affaire et donc créer des emplois (le *downsizing* en anglais est d'abord la suppression d'emploi). » <sup>29</sup> Par ailleurs, le nombre de déchets est réduit et l'impact écologique aussi.

C'est le cas d'un projet : la **symbiose industrielle de Kalundborg, au Danemark**. Tout d'abord la symbiose s'est principalement intéressée à trois domaines :

- **optimiser l'utilisation de l'eau**
- **économiser de l'énergie**
- **réutiliser les déchets**

L'utopie a pris forme avec une raffinerie de pétrole, qui ne rejette plus l'eau dans la rivière mais la transmet à une centrale électrique, qui l'utilise comme eau de refroidissement. La centrale fournit de la vapeur à la raffinerie ainsi qu'à d'autres entreprises et aux habitants, qui se chauffent avec.

« *Produisant de l'électricité à base de charbon, la centrale rattrape cette faute de goût écologique en recyclant ses émanations de dioxyde de soufre. Transformées en gypse, celles-ci sont utilisées comme matériau de construction par un fabricant de placoplâtre qui s'évite par la même occasion l'importation de ces matières premières depuis l'Espagne, avec les économies de transport routier que cela implique.*

*La communauté d'entreprises de Kalundborg se targue ainsi de réaliser d'enthousiasmants bénéfices pour l'environnement : cette coopération permet de consommer 25 % d'eau du lac en moins, de réduire la consommation de pétrole de 20 000 tonnes ou encore d'épargner à l'atmosphère plusieurs dizaines de milliers de tonnes de gaz carbonique par an. »*<sup>30</sup>

---

29. Gunter Pauli : *Croissance sans limites, Objectif Zéro Pollution*, édition Quintessence.

30. <http://www.terraeco.net>. Actu, Nature: Gunter Pauli: il ne faut pas polluer moins, mais arrêter de polluer »

Des exemples comme celui-ci il y'en a pleins d'autres. Le simple constat, est que toute énergie dissipée, sous forme de travail et de chaleur, l'est irréversiblement. Le flux d'énergie constant qui nous arrive du soleil devrait être exploité au maximum plutôt que sur les stocks finis.

«Comment passer d'une économie du stock à une économie du flux ? C'est la feuille de route de l'économie circulaire.»<sup>31</sup>

Les déchets et rejets devraient être intégrés dans cette approche afin d'être réutilisés et/ou de rendre service à d'autres, comme le fait la nature.

Pour reprendre l'expression de Nicolas Hulot, l'économie circulaire consiste à « rapprocher nos écosystèmes industriels du fonctionnement équilibré et quasi-cyclique des écosystèmes naturels ».<sup>32</sup>

Ci-dessous un schéma de l'économie circulaire, qui montre la place de l'écologie industrielle dans ce cercle vertueux. Je pense que l'industrialisation doit être une force positive pour la société, l'économie et la planète.



Source Alterre Bourgogne, d'après l'ADEME

Dans cette deuxième partie, nous avons pu voir que le biomimétisme appliqué à l'architecture est un domaine où il y'a encore beaucoup à découvrir. Imiter la forme et la fonction semble plus simple, que d'arriver à imiter les processus naturels et à les appliquer à l'architecture.

Si j'aborde le thème de l'écologie industrielle de manière assez succincte, c'est dans le but de pousser la réflexion sur de nouvelles démarches biomimétiques. Reproduire le fonctionnement des écosystèmes naturels et les appliquer aux systèmes industriels est possible.

31. <http://www.inspire-institut.org>

32. *Pour un pacte écologique*, Nicolas Hulot, Calmann-Lévy, 2006

## Troisième partie

### RÉSULTATS ET RÉFLEXION DE CETTE POSTURE BIOMIMÉTIQUE

#### Résultat de mon travail bibliographique

Le constat de ce travail bibliographique est que d'une part, il y a une réelle prise de conscience de l'impact de l'homme sur la planète, entre la disparition de certaines espèces, le déclin de la biodiversité, la surabondance des déchets, le réchauffement climatique... Cette crise économique mondiale que nous traversons depuis 2009 relève d'une urgence climatique (et alimentaire).<sup>33</sup> Le niveau d'épuisement et de saturation du capitalisme, permet aussi une sorte de renouveau. Les temps changent et les idées neuves ont besoin de faire leurs preuves dans cette « seconde Renaissance »<sup>34</sup> que nous traversons.

De nouveaux regards se tournent alors vers des types d'énergies différents, plus propres et plus accessibles aux consommateurs. Les incitations à changer d'approche sont peut-être encore trop faibles, comme le suggère Gauthier Chapelle : « Il est probable que l'énergie fossile ne soit pas encore assez chère et que tant que le processus de production industriel est encore rentable, rien n'incite à la rupture radicale ».<sup>35</sup> Il est déroutant de constater qu'il faut des impacts économiques et catastrophes naturelles pour qu'il y ait une réelle prise de conscience écologique.

D'autre part, nous ne sommes plus adaptés à construire des cabanes dans les arbres, nous ne pouvons plus faire machine arrière ou encore « laver » notre planète. Ce retour homme/nature n'est « malheureusement » plus possible. Nous avons besoin d'un abri pour se protéger, se chauffer, vivre en communauté. La maison est donc une interface entre l'homme et l'extérieur. Les formes, les fonctions et les processus de la nature sont d'une telle richesse et nous l'avons sous nos yeux.

Pour tenter d'avoir une « architecture vivante », au travers de cette démarche, nous essayons de comprendre, de reproduire ou encore de détourner les principes de la Nature afin de les réadapter à nos fonctionnements humains. La démarche biomimétique transforme l'architecture à ce qu'elle soit respectueuse de son environnement et économe en énergie.

---

33. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Crise\\_économique\\_mondiale\\_des\\_années\\_2008\\_et\\_suivantes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Crise_économique_mondiale_des_années_2008_et_suivantes)

34. [Discours Idriss Aberkane, chercheur ambassadeur de l'Unitwin / Unesco. You tube..](#)

35. [ParisTech Review, le biomimétisme ou l'art de l'innovation durable, article du 23 avril 2012.](#)

Gauthier Chapelle est le co-fondateur de Biomimicry Europa, une association qui a pour but de développer le biomimétisme dans ses applications durables et éco-responsables.

Ainsi, comme j'ai pu l'énoncer en introduction je prends comme fondement la théorie de Janine Benyus qui distingue 3 niveaux de biomimétisme que j'ai illustré tout au long de ce mémoire. Imiter les formes de la nature est davantage perçu comme quelque chose de stylistique plus qu'utile, ce qui s'appelle le biomorphisme. Par contre, imiter la fonction dépasse l'imitation purement formelle, il faut se concentrer sur la fabrication, sur le choix des matériaux, et comprendre la stratégie du vivant pour la réadapter. La forme et la fonction sont donc peut être plus « simple » à imiter mais pas que, puisque la nature cherche toujours à avoir une structure la plus efficace pour une forme donnée.

Cependant, je pense que le niveau biomimétique « ultime » est atteint lorsque l'imitation se place à l'échelle d'écosystèmes entiers. Reproduire le processus (3ème niveau) des fonctionnements naturels comprend une multitude d'éléments, il est donc plus difficile de mettre en place des systèmes durables, comme le font les écosystèmes vivants, à une échelle humaine. Nous avons pu voir en partie II. B que les systèmes matures obéissent à ce que Janine Benyus nomme les « principes du vivant » : utiliser les déchets comme ressources, réduire l'utilisation des matériaux, optimiser plutôt que de maximiser... Tout ces principes sont applicables aux hommes, si à mon sens cela part d'une réelle coopération entre eux et que les projets s'inscrivent dans une démarche d'innovation durable.

Je considère que le procédé de la photosynthèse, comme nous avons pu voir avec les champs algocoles en façades, peut être une innovation très intéressante puisque c'est la principale source d'énergie de l'humanité. De ces trois échelles possibles (forme, stratégie, écosystème) il me semble que cette dernière échelle est la plus prometteuse à partir du moment où l'innovation a pour objectif de changer déjà le bilan carbone de l'humanité.

Durant ce mémoire, j'évoque aussi les termes d'*écologie industrielle* et d'*économie circulaire* pour affirmer qu'il est possible de reproduire ou bien d'utiliser les principes de la nature pour l'adapter à notre fonctionnement économique.

Le 3ème niveau de la démarche biomimétique peut être aussi appliqué aux systèmes industriels. En imitant ou en détournant les « recettes » de la nature, il est possible de créer des cercles économiques plus « prospères » à la fois pour nous, comme pour elle. Cela me semble avoir plus de sens et d'impact par rapport à la période que nous traversons. Un écosystème industriel peut fonctionner comme un écosystème biologique. Bien que l'on ne pourrait pas établir un écosystème industriel parfait mais les industriels et consommateurs pourraient changer leurs habitudes pour améliorer leur niveau de vie, et préserver l'environnement.

L'impact culturel et écologique peut amener à des processus de croissance et d'évolution, en fait il ne devrait plus y avoir de conflits d'intérêts entre croissance et nature. Bien sur, en partant du simple constat que l'homme produit des déchets, fabrique par exemple du plastique, rejette du CO2 de manière non naturelle, il est difficile de créer des cercles vertueux comme le fait la nature. Nous avons pu voir (dans la limite de mes recherches) que les circuits circulaires permettent de procéder comme la nature sur une base cyclique, dans le but de limiter au maximum l'impact négatif sur la planète (économie circulaire). Puis, nous avons constaté qu'il est possible d'établir des parallèles entre les cycles naturels et humains.

Une fois de plus, il est possible de s'inspirer de ce modèle afin d'exploiter au maximum les synergies et circuits courts des matières et énergies entre les activités, sur le modèle du fonctionnement d'un écosystème, et ceci afin de maîtriser l'empreinte écologique.

Le biomimétisme est une démarche nouvelle, les limites sont encore difficiles à définir dans le domaine de l'architecture. Nous verrons ci-dessous les résultats et réflexions issus des projets décrits tout au long de ce mémoire.

## Résultat de critique de projets

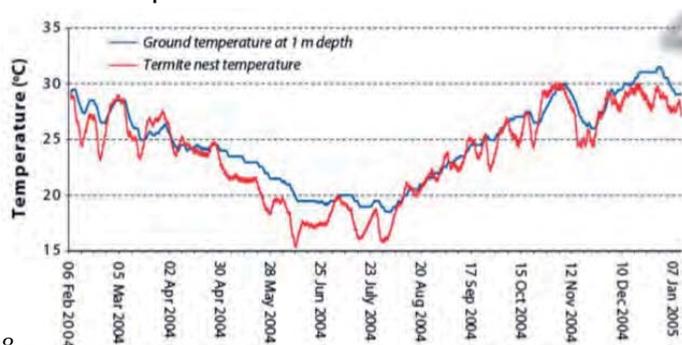
Architectes et ingénieurs ont su tirer de la nature ses points forts et faire d'elle une source de connaissance. Depuis la nuit des temps, nos ancêtres se sont inspirés de la Nature. Les exemples sont nombreux. Cependant, cette imitation instinctive n'implique pas forcément de connaissance profonde et rationnelle du vivant. Richard Buckminster Fuller et Frei Otto ont peut être simplement compris avec le temps, que la forme sphérique issue d'un arrangement entre pentagones et hexagones pouvait être l'une des plus solide en architecture. J'imagine qu'il en découle plus d'une déduction que d'une imitation. (Cf : Partie II. A)

À l'occasion de ma participation à l'exposition sur le biomimétisme au Muséum de Bordeaux\*, à Toulouse, j'ai rencontré des chercheurs et des scientifiques qui m'ont fait découvrir des travaux très intéressants et surprenants. En discutant avec l'un des participants j'ai notamment appris que le bâtiment Eastgate Centre Building réalisé par l'architecte Mike Pearce est bel est bien inspiré des termitières mais que la réalité n'est pas comme on a pu le voir en partie II.

Le bâtiment s'inscrit dans une approche biomimétique car il est inspiré de modèles proposés à l'époque pour expliquer la régulation efficace de la température intérieure de l'édifice quelque soit les amplitudes thermiques extérieures. Mais d'après des recherches récentes (Turner & Solar 2008), il semblerait que ces modèles ne s'adaptent pas bien aux données relevées dans les termitières.

L'architecture de la termitière est extrêmement complexe, les termites ne suivent pas de plan lorsqu'ils construisent leur habitat. On suppose que l'utilisation de messages chimiques (phéromones) présents sur le matériau de construction facilite le travail collectif en permettant la communication des individus de manière indirecte.

Des types de modèles de ventilation des flux d'air chaud et d'air froid entrant et sortant suivent une logique, qu'une réelle réflexion, car comme me l'a expliqué le chercheur, on a longtemps pensé que les températures au sein des termitières étaient extrêmement stables, notamment car elles cultivent un champignon qui permet aux termites de se nourrir. Alors que l'équipe du chercheur américain Scott Turner a effectué un suivi des températures sur une année dans des termitières. D'après ces mesures, il semblerait que les températures au sein du nid (courbe rouge) fluctuent selon entre 15 et 30°. De plus, les températures dans les nids sont très proches de celle du sol (courbe bleu), ce qui suggère que l'architecture du nid ne semble pas permettre une bonne régulation de la température.



Recherches de Turner & Solar 2008

\*Voir annexes

Même si cette étude a remis en question les idées préconçues que l'on avait sur « l'effet climatisant » optimal des termitières, il n'est pas exclu que cet effet soit plus important chez d'autres espèces. Ce bâtiment n'est donc pas réellement biomimétique mais plutôt bioinspiré, car il ne reflète pas la réalité de ce qu'il se passe dans une termitière. Il est néanmoins très intéressant de voir que la recherche sur les termites ait permis d'inspirer la création d'un bâtiment efficace, écologique et sensible aux principes de ventilation naturelle. Mais alors quelles sont les différences entre biomimétique ou bioinspiré ? Où sont les limites du biomimétisme ? Ce qui relève du possible ou de l'utopie ?

Selon moi, le projet de l'architecte Eugène Tsui me semble être une utopie biomimétique. Il projette une tour/building « Ultima » inspirée d'une termitière. Elle mesurerait 3218 m de haut car elle se rapporte à une échelle humaine, qui est de 1,80 mètres en moyenne pour un homme, la taille d'une termitière étant d'environ 3 mètres et par rapport à un termite qui est de 1.8 millimètres.

Ainsi, je pense que pour arriver à avoir une démarche purement biomimétique, c'est difficilement possible car le rapport des proportions entre l'homme et la nature est peu comparable et pas vraiment mesurable. La vie est réglée suivant des proportions, comme on a pu le voir en partie I. A. Certains domaines tiennent compte aussi des proportions : l'architecture (nombre d'or), l'agencement spatial (distances des usages quotidiens...), le mobilier (rapport de hauteurs) etc. Il me semble que souvent ces rapports de proportion ou de distance sont issus de moyennes générales puis sont devenues des normes standardisées. Les hommes étant différents les uns des autres, et pourtant ce rapport de proportion ne change pas, sauf exception, dans ce cas il s'agit du « sur mesure ». C'est pourquoi, je ne sais pas s'il est vraiment possible d'établir un rapport de proportion entre les insectes ou les organismes vivants et l'homme. C'est aussi, ce en quoi nous sommes différents des animaux... Bien que cette démarche ne puisse pas imiter la nature à l'identique, elle peut être adaptée à l'homme et notamment à son architecture.

Les projets d'architecture que nous avons pu voir en partie II. B. sont plus modernes, certes, très séduisants et fleurissent de plus en plus. Ils valident une prise de conscience selon laquelle les constructions humaines cherchent à être plus proche de leur environnement ou davantage respectueuse de la nature.

Cependant, même s'il y'a beaucoup de « vert » en façade comme les projets de l'agence X-TU, encore une fois où est la limite entre utopie et réalité dans ces projets technologiques ? Ne risquent-ils pas de nous enfermer dans un microcosme en forme de tour autonettoyante et recouverte de plantes vertes et d'animaux ?

Cette ère technologique nouvelle, que nous traversons, peut paraître effrayante mais si nous arrivons à l'utiliser de manière intelligente afin de résoudre les problèmes de gaspillage d'énergies fossiles, de rejets de CO<sub>2</sub>, de déchets, d'utilisation de la matière en trop grande quantité alors pourquoi n'arriverions nous pas à changer nos mentalités et tendre vers une architecture plus « verte » ?

Je pense qu'il est difficile de mesurer la valeur économique de cette démarche, ou encore d'imaginer comment peuvent être ces marchés. Si cela est un problème, alors il sera difficile d'imaginer un développement dans ce sens. Comment serait-il possible d'avoir le biomimétisme au rang de concept émergent ?

« Le biomimétisme renvoie davantage à une approche globale, dans le travail de conception (architecture, ingénierie, recherche et développement) qu'à une section particulière, mesurable, d'un secteur d'activité. En attendant, les formations d'ingénieur ou de concepteur, jusqu'ici, incluent rarement des enseignements biologiques. Une formation à la biomimétique, déjà en chantier aux Etats-Unis, reposera nécessairement sur la pluridisciplinarité et le dialogue entre les cultures scientifiques. C'est un sujet à suivre de près. »<sup>36</sup>

Même si on voit clairement ce qui se profile à l'horizon, le taux de défaillance élevé de certains matériaux, extrêmement polluant et les chiffres concernant la production de matière état trop alarmante pour que je ne fasse pas un léger rapprochement avec le biomimétisme. Dans le sens où, les matériaux sont étroitement liés à l'architecture. La forme et la matière sont indissociables, bien qu'Aristote démontre que « La forme est le principe d'unité de tout être et ce qui donne un sens à la matière »<sup>37</sup>. Elles se complètent mais sont opposées. En architecture, il ne peut pas y avoir de forme sans matière et donc sans matériaux.

Actuellement, pour fabriquer du ciment ou du verre, nous consommons une quantité d'énergie effarante responsable de 5 à 7% des émissions de CO2 de la planète.<sup>38</sup> Pour fabriquer de manière plus durable, le biomimétisme dans la construction est aussi possible, ce que l'on appelle la biochimie ou la chimie verte.

«La nature produit des substances chimiques les plus communes, comme le carbone, le calcium, l'eau et le phosphate, elles façonnent les matériaux les plus complexes du monde. Dans la nature, les matériaux minéraux, solides, sont utilisés pour la structure du squelette ou les carapaces de protection (coquilles, os, épines, dents). Ce sont des versions cristallisées de matières issues de la terre ; craie, phosphates, manganèse, silice, et même fer. Les organismes ne produisent pas ces minéraux dans leurs propres corps, ils trouvent un moyen de les attirer et de les cristalliser juste au bon endroit».<sup>39</sup>

Ces matières sont si bien travaillées, durables et sensées, du point de vue environnemental. Une fois de plus, s'inspirer de la nature pour construire efficacement peut promettre à un autre avenir dans la conception de matériaux et au profit d'un équilibre environnemental.

Ainsi, cette IIIème partie, m'a permis de prendre du recul concernant cette posture biomimétique. J'ai cherché à peser le pour et le contre, à pousser toujours un peu plus la réflexion et essayer d'avoir un regard différent que j'avais pu avoir au départ. Il est vrai, qu'au commencement, plus j'avais avancé dans mes recherches plus je trouvais des éléments intéressants et plus je devenais comme « endoctrinée » par cette nouvelle démarche.

C'est au cours de rencontres et de discussions que j'ai compris qu'il est important de savoir prendre du recul sur les informations recueillies et de faire preuve de vigilance sur la provenance des sources et des prises de position.

---

36. *ParisTech Review, le biomimétisme ou l'art de l'innovation durable, article du 23 avril 2012.*

37. *wikipédia, Aristote, forme et matière*

38. *Source du Reportage Biomimétisme, naturellement génial ! Construire efficacement 2/4 Arte, 11 mars 2015, rediffusion sur dailymotion.*

39. *Livre: Biomimétisme, Quand la nature inspire des innovations durables par Janine Benyus, Rue de l'échiquier*

## Conclusion

*« La vie sur terre existe depuis 3 milliards 800 millions d'années. Quand on pense qu'il y a plus de 8 millions d'espèces vivantes et seulement 14,1% sont découvertes, décrites et catalogués et que chacune d'elles a développé des stratégies étonnantes pour s'adapter à son environnement et ne cessent d'évoluer encore de nos jours. »<sup>40</sup>*

Pourtant seules les stratégies optimales survivent à la sélection naturelle et sont propices à la vie. Quel que soit le défi technique, il y a de fortes chances qu'une ou plusieurs espèces aient déjà fait face à ce défi et l'aient résolu de manière efficace. Le champ des découvertes possibles est vaste, il y'a toujours de bonnes idées et manières d'imiter notre nature. C'est une source de connaissance indéniable, c'est une bibliothèque ouverte pour tous. On peut penser que la connaissance est infinie mais les matières premières sont elles, « finies » alors il me semble qu'il ne devrait plus y avoir de conflit d'intérêt entre croissance et nature.

Certes, l'idée d'apprendre de la nature n'est pas nouvelle mais elle ne forme pas le noyau de notre intelligence technologique. Quand on pense que l'on connaît mieux la planète Mars que nos fonds sous marins, et qui sont pourtant un des poumons de la planète terre. Selon moi, le fer de lance du biomimétisme, n'est pas seulement d'imiter et copier la nature en tirant ce qui existe de meilleur dans une logique de développement durable mais c'est aussi faire de la nature un modèle et un partenaire de projet.

La croissance de la vie dans la nature est guidée par les contraintes, pourtant elle arrive à relever beaucoup de défis et je pense qu'à notre tour, guidé par nos contraintes nous devons penser ou revoir certains secteurs, comme celui du bâtiment afin de s'adapter aux conditions extérieures. Les projets d'architecture pensés au travers d'une démarche biomimétique, cherchent à œuvrer pour une réduction de l'impact environnemental en agissant sur l'augmentation de la biodiversité, puis en essayant d'avoir une gestion des ressources et d'être ouvert sur la nature. Si nous arrivons à repenser nos mentalités et tendre vers une architecture autre, disons plus « verte », alors peut être qu'il est possible d'optimiser l'architecture dans la quête d'un équilibre entre l'humanité et son environnement.

La démarche biomimétique peut être aussi, perçue à l'heure d'aujourd'hui, comme une sorte de solidarité écologique. Le troisième niveau du biomimétisme, se veut plus ambitieux au regard de la nature et de l'optimisation de l'énergie. Avec un site propice à ces idées, il existe des solutions concrètes. En agissant de façon systémique et en prenant en compte toutes les interactions, les déchets peuvent devenir des ressources. Cela permet d'optimiser plutôt que de maximiser et d'être en adéquation avec les lois de la nature.

---

40. *Architecture Intérieure, CREE (2011/2012 dé/janvier) n°354 « Le développement durable au cœur du biomimétisme ».*

Tous ses principes sont donc applicables aux hommes, si à mon sens, cela part d'une réelle coopération entre eux et que les projets s'inscrivent dans une démarche de durabilité. Entre le fonctionnement naturel des écosystèmes et celui de nos entreprises, il est possible d'obtenir des parallèles entre ces deux mondes, comme par exemple les synergies, les collaborations, l'échange, l'émergence, la résilience, les dynamiques d'évolution et les relations d'interdépendances au sein des écosystèmes. Certains projets tentent d'avoir une gestion intelligente des ressources et de «ses déchets».

La démarche biomimétique mérite d'être mise en amont de toute recherche de solution. Même si l'on ne parvient pas à s'inspirer des trois niveaux de biomimétisme en même temps, on cherche à se rapprocher davantage des processus naturels des écosystèmes que de leurs formes ou de leurs fonctions. Parfois, il faut pousser un peu les limites et rêver car c'est en rêvant que les idées émergent. Peu importe le nombre de créations remarquables rencontrées par l'homme, leur imitation ne pourra jamais être aussi parfaite ou aussi performante que les originaux.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# KIOSQUE

L'actualité scientifique au Muséum



Au cours de l'évolution, les espèces animales et végétales ont acquis une immense variété de caractéristiques. Dans cette diversité, certains êtres vivants peuvent se confondre avec leur environnement ou bien encore avec les individus d'une tout autre espèce, en raison de leurs formes, de leurs couleurs, de leurs cris, etc. Cette forme de camouflage naturel trompe prédateurs et proies. **C'est le mimétisme.**

Les humains aussi développent des stratégies mimétiques : ils s'inspirent du vivant pour produire des biens et des services innovants, si possible respectueux de la biosphère. **C'est le biomimétisme.**



## IL EXISTE PLUSIEURS FORMES DE MIMÉTISME

### Mimétisme et camouflage aux multiples variantes...

**CAMOUFLAGE** ou mimétisme avec son environnement (matching) : l'animal prend l'aspect d'un objet inanimé (feuille, branche, rocher), diminuant ainsi le risque d'être détecté. Cette stratégie repose sur l'homochromie et/ou l'homotypie, c'est à dire que l'animal revêt des couleurs et/ou une apparence qui ressemblent à ceux de son environnement. Les papillons de la famille des Geometridae et les phasmes sont les exemples les plus connus de cette stratégie très répandue dans le monde animal.



◀ Papillon (*Boarmia* sp.) et phasme adulte (*Extatosoma tiaratum*) dont les œufs ressemblent à des graines.

Mais les insectes ne sont pas les seuls à se camoufler : des araignées, des crustacés, des sèches, des oiseaux, des poissons, des amphibiens et des reptiles se camouflent aussi.



◀ Le crabe californien *Pugettia producta* séquestre les pigments de l'algue *Egregia menziesii* sur laquelle il vit.

▲ Cette araignée (*Polys* sp.) avec son abdomen dirigé vers le haut, ressemble à un bout de bois.

► Le lagopède alpin (*Lagopus muta*) ou perdrix des neiges change de couleur suivant les saisons : il est blanc en hiver et brun en été.



© Muséum canadien de la nature

© J.-L. Coassin

**MIMÉTISME SENSU-STRICTO** : l'animal ressemble, agit, sent ou fait le même bruit qu'un autre animal. L'espèce qui mime et l'animal mimé évoluent en parallèle (coévolution). Il en existe de nombreux types, parmi lesquels :

1. **Le mimétisme batésien** : quand une espèce inoffensive ressemble à une espèce dangereuse (du nom de H.W. Bates, 1825-1892).



◀ Une guêpe (*Polistes gallicus*)

► Une mouche (*Eupeodes corollae*)

Les prédateurs se méfient des guêpes et de leur piqûre. Ils éviteront d'attaquer des insectes arborant le même motif jaune et noir, qui, du coup, survivront.

2. **Le mimétisme mullérien** : quand deux espèces toxiques adoptent la même apparence (F. Muller, 1834-1895).



◀ Le Monarque (*Danaus plexippus*)

► Le Vice-roi (*Limenitis archippus*)

En arborant quasiment les mêmes motifs, ces papillons bénéficient tous deux de la même protection vis à vis de leurs prédateurs.

3. **Le mimétisme wasmannien** : quand une espèce ressemble à son hôte pour vivre dans son nid (E. Wasmann, 1859-1931).



► *Vestigipoda longiseta*

Ceci n'est pas une larve, mais bien une mouche adulte ! La fourmi s'y trompe et la transporte dans son nid. La mouche vit ainsi au milieu des larves de fourmis.

# Bibliographie

## OUVRAGES DE RÉFÉRENCE :

Janine BENYUS

*Quand la nature inspire des innovations durables*,  
éditions Rue de l'Echiquier, 2011

Luc SCHUITEN

*Vers une cité végétale* ; Luc Schuiten et Pierre Loze,  
éditions Mardaga 2010

*Archiborescence*,  
éditions Mardaga, 2010

Frei OTTO

*Architecture et Bionique : Constructions naturelles*,  
éditions Delta & Spes, 1985

William MCDONOUGH ET Michael BRAUNGART

*Cradle to Cradle ;  
collection manifestô  
éditions alternatives, 2011*

Jullien CHOPPIN & Nicola DELON

*Matière grise*,  
encore heureux, pavillon de l'Arsenal

Thesis de Alban Morinière section Design Objet, ENSAD, 2009 « *le biomimétisme pour un design durable* », dirigé par Anna Bernagozzi.

## REVUES :

EcologiK 2009, aout/septembre, « L'industrie réapprend de la nature », n°10

Architecture Intérieure, CREE (2011/2012 dé/janvier) « Le développement durable au cœur du biomimétisme », n°354

Paysages d'actualités, 2014 septembre, n°372

G.mag hiver 2014, 8 décembre, interview Luc Schuiten : « Je ne refuse pas le progrès je veux l'adapter »

Courrier international, 2014 ,11 au 17 décembre, «Economie circulaire», n°1258

## **WEBOGRAPHIE :**

[www.biomimesis.fr](http://www.biomimesis.fr)

<http://biomimicry.net>

[www.biomimesis.fr](http://www.biomimesis.fr)

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

[www.vegetalcity.net](http://www.vegetalcity.net)

<http://www.pavillon-arsenal.com/expositions/matiere-grise>

<http://www.terraeco.net/Une-planete-100-recyclable.html>

<http://www.terraeco.net/Gunter-Pauli-II-ne-faut-pas,15933.html>

<http://future.arte.tv/fr/les-villes-du-futur>

<http://www.up-magazine.info/index.php/urbanisme-architecture>

<http://www.epeaparis.fr/cradle-to-cradle/principes/>

<http://www.comethe.org>

<http://www.oree.org/projets/comethe.html>

<http://www.ppur.org/produit/9782880747107>

<http://www.inspire-institut.org>

<http://cargocollective.com/jaderudler/II-ECOLOGIE-INDUSTRIELLE>

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Table des matières

Introduction : pages 1-2  
Méthode de travail: pages 3

## I. biomimétisme : définition et enjeux

### A. LE MYTHE NATUREL

Le rapport homme/nature page 4  
L'intelligence des formes de la nature pages 5-6

### B. VERS UNE PENSÉE ÉCOLOGIQUE?

Architecture organique pages 7-8

### C. GENÈSE DU BIOMIMÉTISME pages 9-10

Les Services Écosystémiques page 11-13

## II. les principes d'une posture en accord avec la nature

### A. LA NATURE COMME SOURCE D'INSPIRATION

Forme / Fonction / Processus page 14  
Lorsque la nature inspire la forme et fonction...pages 15-17  
Lorsque la nature commence à s'inspirer d'un processus...page 18

### B. LES ECOSYSTÈMES NATURELS : APPLICATION AUX SYSTÈMES HUMAINS

Reproduire l'écosystème page 19  
Projets d'architecture biomimétique pages 20-23  
Ecologie industrielle page 24-26

## III. résultats et réflexion de cette posture biomimétique

A. RÉSULTATS DE MON TRAVAIL BIBLIOGRAPHIQUE pages 27-28

B. RÉSULTATS DE CRITIQUE DE PROJETS pages 29-31

Conclusion pages 32-33

# ARCHITECTURE ET BIOMIMÉTISME

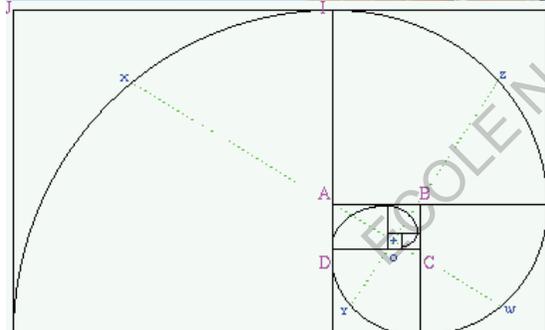
## QU'EST CE QUE LE BIOMIMÉTISME ?

Défini par Janine Benyus en 1997 (Scientifique américaine, consultante en innovation et auteur, connue pour ses travaux sur le biomimétisme)

« C'est une démarche d'innovation, qui fait appel au transfert et à l'adaptation des principes et stratégies élaborés par les organismes vivant et les écosystèmes, afin de produire des biens et des services de manière durable, et rendre les sociétés humaines compatibles avec la biosphère. »

Elle distingue 3 niveaux de biomimétisme : **Les formes, les fonctions, les processus/systèmes**

- **La forme** assure une fonction précise (aérodynamisme, camouflage, adhésion, couleur).
- **Les fonctions** assurées par des organismes des milieux naturels dont les matériaux. (biofiltration des eaux usées ou bioclimatisation des habitats).
- **Le fonctionnement** de phénomènes naturels, tels que celui des écosystèmes. (biominéralisation ou morphogénèse).



Le nombre d'or, suite de Fibonacci. Inspiration d'un coquillage.



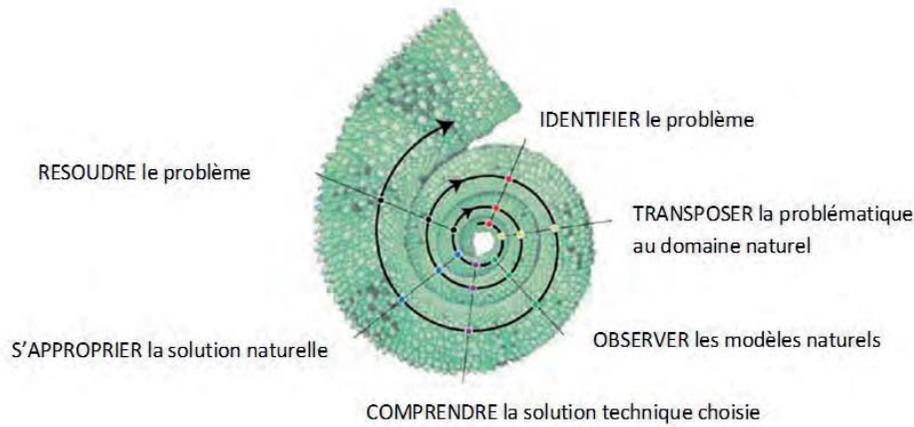
Docks en Seine, **Cité de la mode et du Design**. Paris. Architectes Dominique Jakob et Brendan Macfarlane



**Canada's Royan Market**, Royan. L'architecte Eugène Tsui s'est inspiré du coquillage bénitier. La forme irrégulière permet, malgré son poids léger, de supporter des pressions énormes.

# ARCHITECTURE ET BIOMIMÉTISME

« Il n'y a rien de mal à imiter, l'essentiel est de savoir pourquoi on le fait ». Constantin Fédié



La démarche biomimétique consiste en une multitude d'étapes clés



Intérieur de la Sagrada Familia (escaliers et colonnes)



Antonio Gaudi, pionné de l'architecture basée sur des formes géométrique naturelles.

La structure et les ornements de la **Sagrada Família** (Espagne) sont le reflet de sa région natale et de son ingéniosité. La nature est sa source d'inspiration.

**Structures**  
Having observed their functional perfection in nature, Gaudi used twisted surfaces and curved planes as the organic basis of his buildings. His columns, arches, and stairways all stem from this notion of natural design.

**Columns**  
In his quest for a perfect column, Gaudi studied the hollow growth of many plants—patterns that let lighter trunks support and bear structural strength.

**Other Structures**  
**Arches Follow Gravity**  
All of Gaudi's works feature catenary arches, which form naturally via gravity and are stable when a rope is hung. To determine the load capabilities of the church's arches, Gaudi hung proportionally measured sacks of lead.

**Honeycomb Gates**  
The patterns of hexagonal and other polygons and other forms are etched on the gates, walls, and floors of many of Gaudi's early architectural works.

**Vine Lines**  
Gaudi often incorporated naturally spiraling helices. Position that benefits, for instance, adorn the sides walls of the helix-like facade.

**Double Roof**  
A unique feature of the church's roof, quadratic surfaces called hyperboloids reflect and filter natural light.

**Spiral Stairways**  
Found in plants, animals, and planetary systems, spirals are a recurring shape, and theme in Gaudi's works.

**Organic Windows**  
Following the patterns found on natural objects, like flowers or a marbled pattern, Gaudi designed windows to allow for greater passage of natural light.

**Leaflike Roofs**  
Taken from the structure of a leaf and applied to a roof design, a curved plane collect a curved beam great weight and can channel rainwater.

**Tree Structures**  
To create the church's inner "forest," Gaudi etched the bastures into his columns. The crown of the column in the central nave represents the transition between the trunk and branches of a great tree.

**Pinnacles of Detail**  
The tower tops of the Sagrada Família are encased in the architect's study of crystals, colored glass, and grasses growing in and around Barcelona.

**Columns**  
The main columns of the Sagrada Família come in four sizes and shapes, all which float in a cone. The diameter and number of arches depend on the level the column needs to bear.

**Columns**  
Gaudi looked at the geometry of crystalline structures such as quartz, fluorite, and garnet and incorporated them in many of his plans.

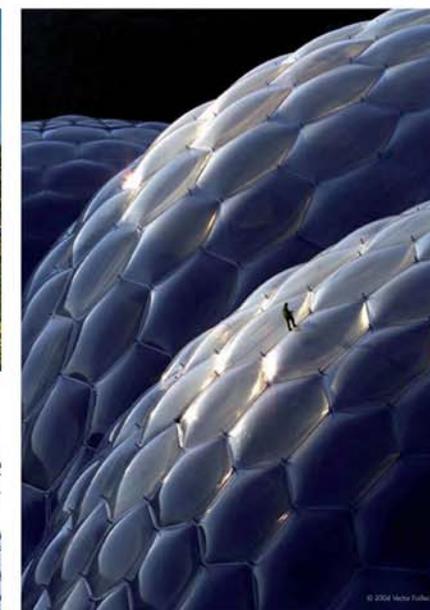
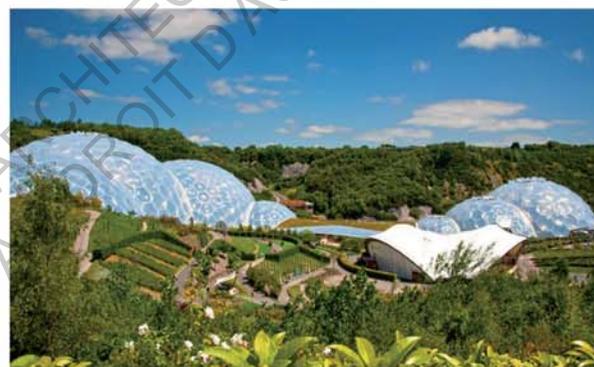
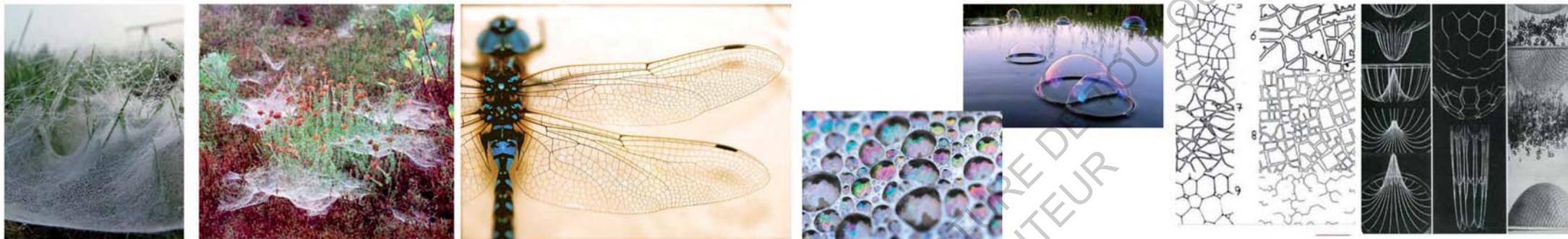
**Columns**  
Lambert, most of the grasses were some of the plants Gaudi studied as he designed the structures.

**Columns**  
Lambert

**Columns**  
Columns base from the Passion Bridge

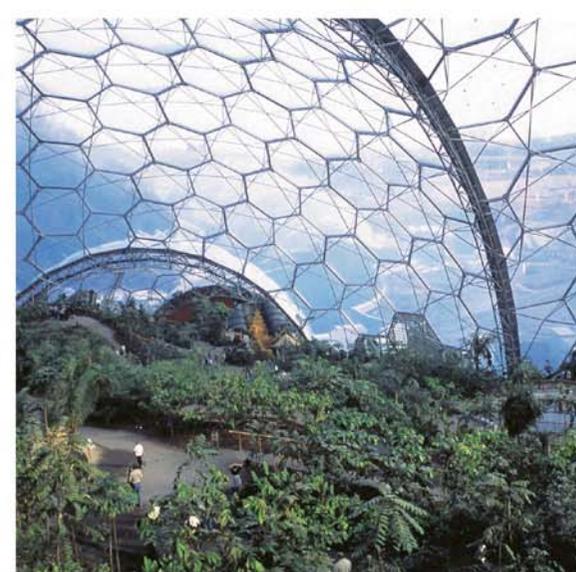
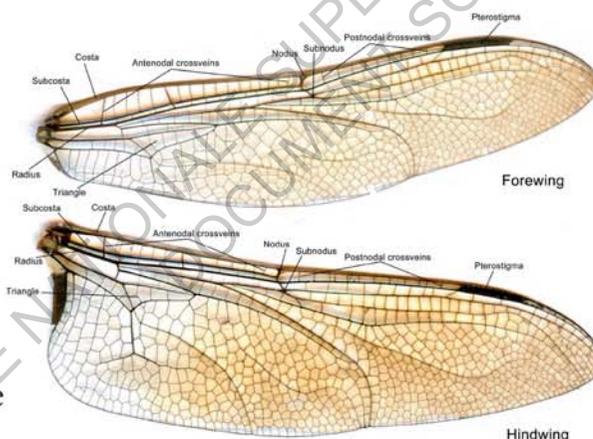
# ARCHITECTURE BIO-INSPIRÉE

Lorsque la nature inspire la structure...



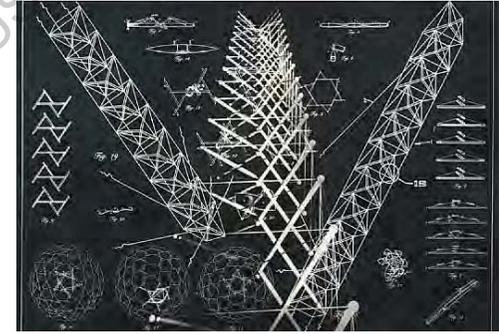
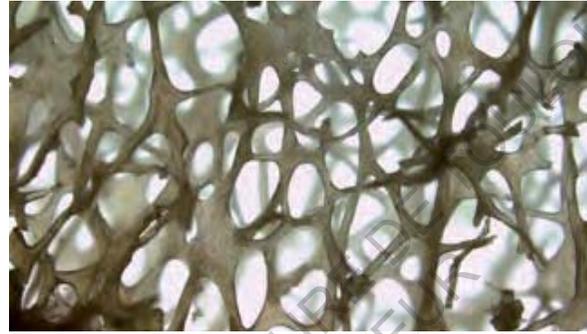
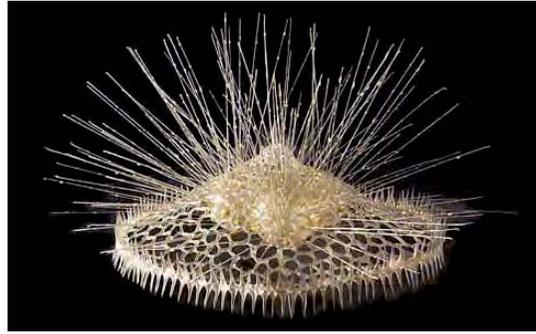
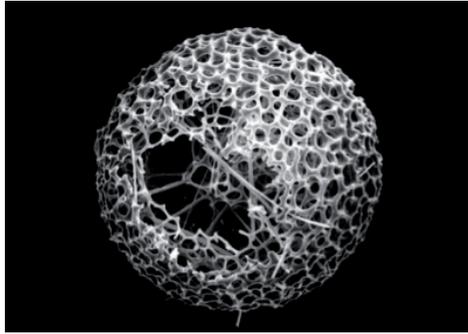
**Complexe architectural du stade de Munich**, architecte Frei Otto, 1972.

Les ailes de libellule ont une épaisseur d'environ trois millièmes de mm. Malgré leur finesse, elles sont très résistantes, car constituées de 1.000 sections. Grâce à cette structure compartimentée les ailes ne se déchirent pas et sont capables de supporter une certaine pression durant le vol. Le toit du stade olympique de Munich fut conçu selon le même principe. La forme extérieure est inspirée d'une toile d'araignée.

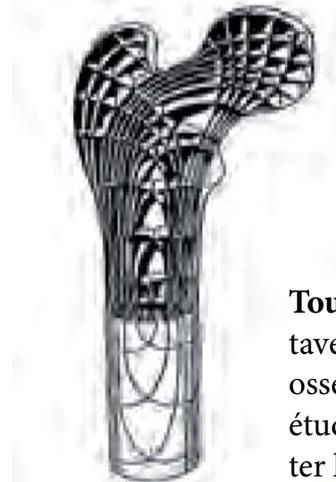
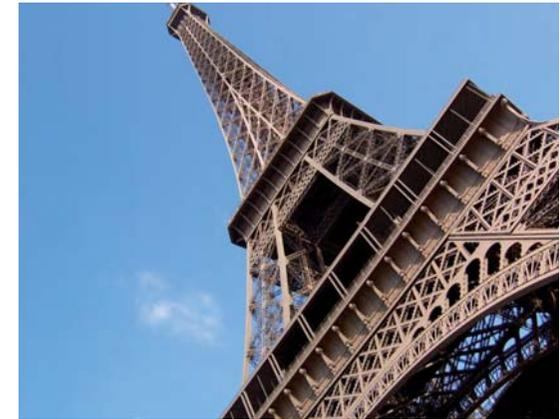


**Eden Project**, complexe environnemental au Royaume-Uni, dessiné par Nicholas Grimshaw et ouvert au public en 2001. Source d'inspiration : des bulles et des formes hexagonales que l'on retrouve souvent dans la nature.

# ARCHITECTURE BIO-INSPIRÉE



**Dôme géodésique**, pavillon américain de l'exposition universelle de Montréal réalisé par Buckminster Fuller, 1976. Inspiré d'une radiolaire (ci-dessus)



Les études sur les squelettes et espèces vivantes à échelle microscopique comme le treillage de la structure osseuse sont devenus des éléments souvent imités dans les constructions techniques d'aujourd'hui.

Cela permet :

- **d'utiliser peu de matériaux,**
- **de rendre la structure du bâtiment à la fois solide et flexible.**
- **d'augmenter les capacités de support de charge et d'offrir une résistance considérable.**

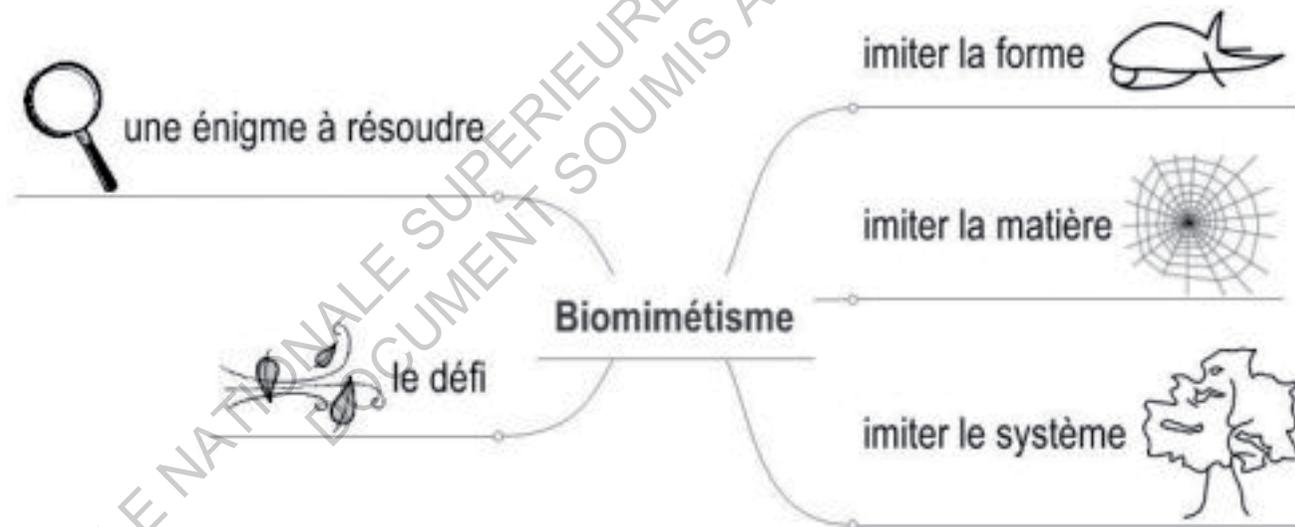
**Tour Eiffel**, construite en 1887 par l'entrepreneur Gustave Eiffel et ses ingénieurs. Inspiration d'une structure osseuse. Hermann Von Meyer, spécialiste en anatomie a étudié la partie du fémur et remarque qu'il peut supporter le poids du corps tout en étant désaxé. (Jusqu'à un poids d'une tonne en position verticale).

LE « BIOMIMÉTISME » EN ARCHITECTURE :  
ANALYSE D'UNE DÉMARCHE  
EN PLEINE ÉMERGENCE

# LE BIOMIMÉTISME...

Le Biomimétisme consiste à observer dans la nature les modèles existants pour en comprendre l'intelligence, et tenter *in fine* d'en faire des applications concrètes et durables dans différents champs d'application, comme l'architecture, le bâtiment, l'industrie et en corrélation avec les enjeux économiques actuels....

Définie et conceptualisée par la naturaliste américaine Janine Benyus en 1997, cette démarche d'innovation fait appel au « *transfert et à l'adaptation des principes et stratégies élaborés par les organismes vivants et les écosystèmes, afin de produire des biens et des services innovants, de manière plus durable, afin de relever les défis de notre société et de rendre les sociétés humaines compatibles avec la biosphère* ».



# PROBLÉMATIQUE

**En quoi le biomimétisme peut participer à optimiser l'architecture dans la quête d'un équilibre entre l'humanité et son environnement et quelles sont les limites de cette démarche ?**

# MÉTHODE DE TRAVAIL

## **Ière partie : Travail bibliographique**

Les fondements du biomimétisme.

## **IIème partie : Projets rattachés au biomimétisme**

Posture en accord avec la nature.

## **IIIème partie : Résultats et réflexions sur cette posture biomimétique**

Réelle pertinence et crédibilité de cette pratique.

# PLAN

## INTRODUCTION

### I. BIOMIMÉTISME : DÉFINITION ET ENJEUX

A. LE MYTHE NATUREL

B. VERS UNE PENSÉE ÉCOLOGIQUE?

C. GENÈSE DU BIOMIMÉTISME

### II. LES PRINCIPES D'UNE POSTURE EN ACCORD AVEC LA NATURE

A. LA NATURE COMME SOURCE D'INSPIRATION

B. LES ECOSYSTÈMES NATURELS :  
APPLICATION AUX SYSTÈMES HUMAINS

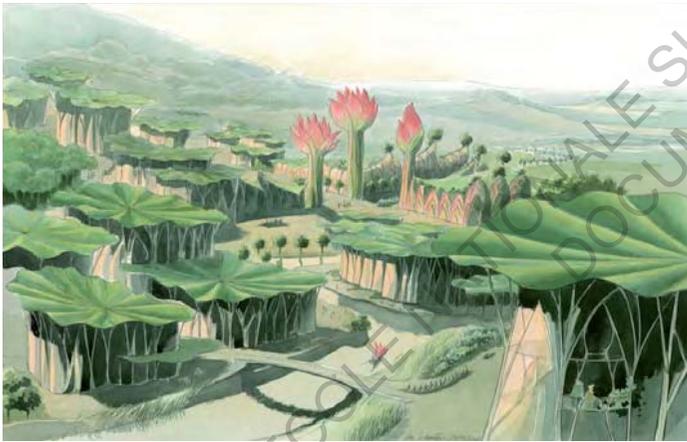
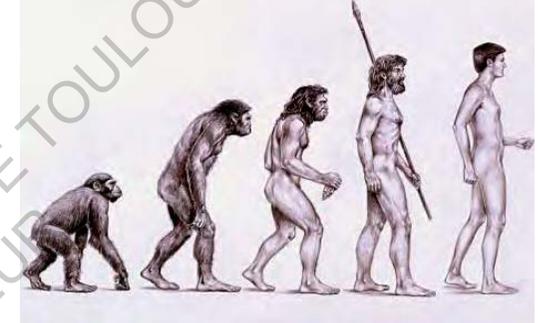
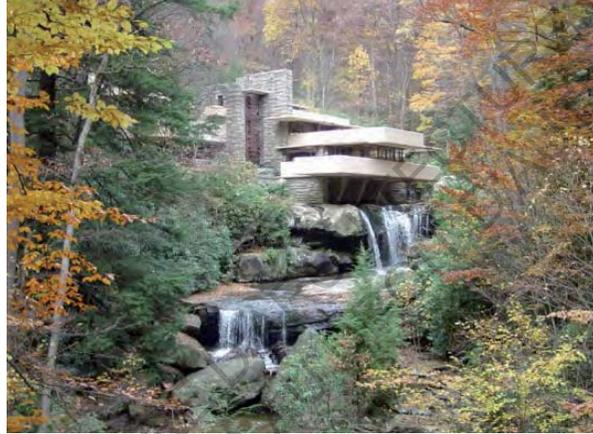
### III. RESULTATS ET RÉFLEXION DE CETTE POSTURE BIOMIMETIQUE

A. RÉSULTATS DE MON TRAVAIL BIBLIOGRAPHIQUE

B. RÉSULTATS DE CRITIQUE DE PROJETS

## CONCLUSION

# I. BIOMIMÉTISME : DÉFINITION ET ENJEUX



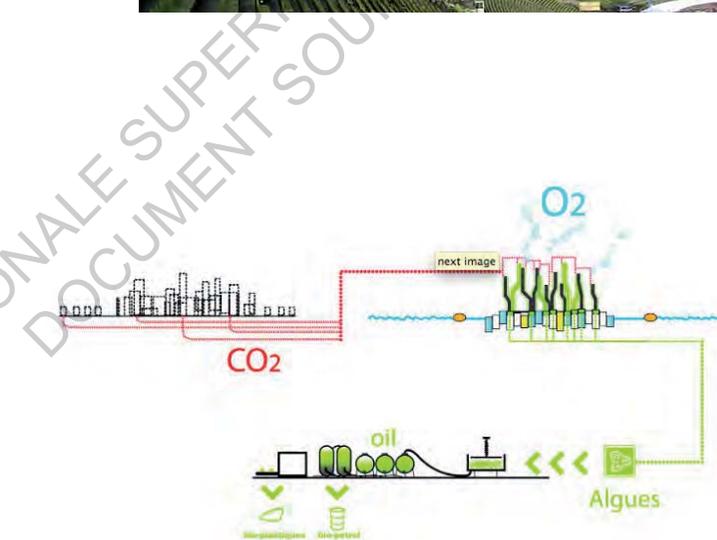
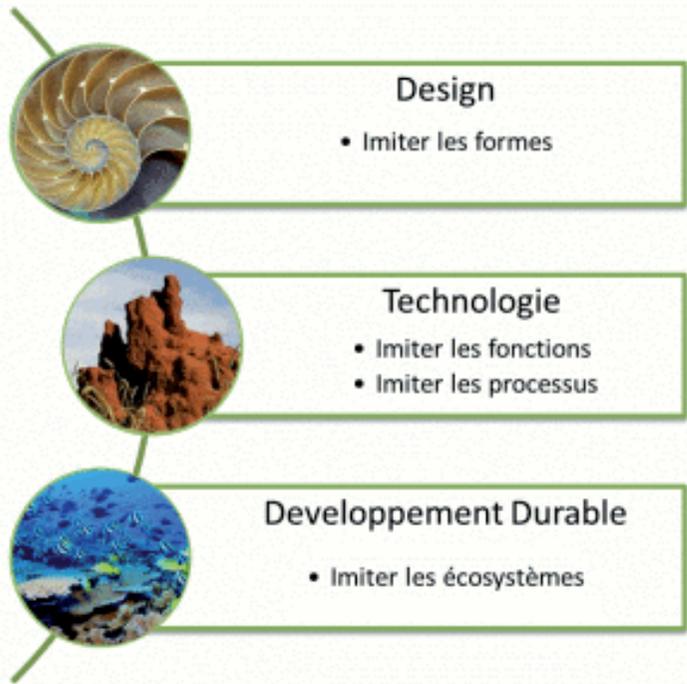
form

process

ecosystem



## II. LES PRINCIPES D'UNE POSTURE EN ACCORD AVEC LA NATURE



### III. RESULTATS ET RÉFLEXION DE CETTE POSTURE BIOMIMÉTIQUE



*« La vie sur terre existe depuis 3 milliards 800 millions d'années. Quand on pense qu'il y a plus de 8 millions d'espèces vivantes et seulement 14,1% sont découvertes, décrites et catalogués et que chacune d'elles a développé des stratégies étonnantes pour s'adapter à son environnement et ne cessent d'évoluer encore de nos jours. »*

Le 3ème niveau biomimétique est plus dans une logique de développement durable. Il se rapproche des écosystèmes et des processus naturels.

Est ce donc biomimétique ou bioinspiré ?

Comment serait-il possible d'avoir le biomimétisme au rang de concept émergent ?

Quelles sont les limites du biomimétisme ? Ce qui relève du possible ou de l'utopie?



## Mémoire de séminaire : conditions de consultation

**Ce document est protégé par le droit d'auteur (art. L. 112-1 du Code de la propriété intellectuelle).**

**L'auteur du document accorde les droits d'usages suivant :**

	OUI	NON
<b>Consultation sur place</b>		
<b>Impression</b>		
<b>Diffusion Intranet</b>		
<b>Diffusion Internet</b>		
<b>Exposition</b>		
<b>Publication non commerciale</b>		