

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département d'Architecture

N° : ...../20.....

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :  
**Master Académique**

**Domaine** : Architecture Urbanisme et Métiers de la Ville

**Filière** : Architecture

**Spécialité** : Architecture, Environnement et Technologies

**Présenté par** : Bouchra BOUKETTA

**Encadré Par** : Hanane KIHAL

Fatima Zohra BOUDEFFA

## Thème

**LE BIOMIMÉTISME DANS LA CONCEPTION ARCHITECTURALE**

**DES EQUIPEMENTS PUBLICS**

**Date de soutenance:07/07/2022**

### Composition du jury de soutenance

Mounia OUARI  
Warda BOULFANI  
Adila AIDAT  
Hanane KIHAL

M.A.A, Université de Jijel : **Présidente**  
M.C.B, Université de Jijel : **Examinatrice 1**  
M.C.B, Université de Jijel : **Examinatrice 2**  
M.A.A, Université de Jijel : **Encadrant du mémoire**

**Promotion : 2021 /2022**

# Remerciements

*Au premier lieu, nous tenons à remercier Dieu le Tout-Puissant qui nous a donné le courage*

*et*

*la volonté pour atteindre notre objectif*

*Nous adressons nos vifs remerciements et notre profond respect à madame **Kihal Hanane**,*

*qui a accepté d'être*

*notre encadrant de mémoire et de nous avoir pris en charge, et pour sa disponibilité, son aide*

*et ses précieux conseils.*

*Nous remercions en second lieu, monsieur **Boutellis Toufik** d'avoir contribué à*

*l'enrichissement de notre travail de recherche.*

*Nous tenons également à remercier les honorables membres du jury : Mm. Ouari Mounia et*

*Mm. Boulfani Wardaet Mm Aidat Adila, pour l'honneur qu'elles nous ont accordé en*

*acceptant*

*d'évaluer notre travail.*

*Nous en profitons également pour remercier l'ensemble des enseignants du département*

*d'architecture pour leurs efforts et contributions à notre formation.*

## *Dédicace*

*Merci à Dieu qui m'a permis de terminer ce travail, saluons son prophète Mohamed*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À ceux qui m'ont donné la vie, à mes très chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai toujours eu pour vous....*

*A cet homme qui m'a offert toute son attention, cet homme qui n'a pas cessé de m'encourager, a mon mari Merci Redha*

*A mes chers Enfants, Assil et Yasser*

*A mon unique sœur Sarra et son mari Hamza et surtout mes nièces Raghad et Rajaa*

*A mes chers frères, Samir et Oussama.*

*A ma belle famille et en particulier mon beau père Mehfoud ,mon deuxième père pour son soutien*

*A ma chère amie, pour son encouragement et compréhension le long de cette année d'étude Merci Bouchra*

*A toutes mes amies et tous mes collègues de la promotion 2022*

*A tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans ce travail*

*Fatima Zohra*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont encouragée et soutenue depuis le début, en particulier :*

*Je voudrai au préalable adresser un vif sentiment de reconnaissance à mon professeur qui m'a chaleureusement encouragée à reprendre mes études en architecture.*

*Mon cher père pour son aide et son amour inconditionnel.*

*Ma chère tante et ma belle-sœur pour leur soutien continu.*

*Ma chère mère, mon mari, mes sœurs, mes frères et ma grand-mère pour leur patience avec mes filles.*

*Et enfin mes adorables princesses Layane et Noursine pour la joie qu'elles m'apportaient pendant les moments où je me sentais fatiguée et débordée.*

*Boucfra*

## TABLE DES MATIERES

Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	IX
Liste des abréviations.....	X

### INTRODUCTION GENERALE

1. introduction.....	2
2. Problematique .....	4
3. Hypothèse.....	5
4. Méthodologie .....	6
5. Structure du mémoire.....	6

### CHAPITRE 1 : BIOMIMETISME, DEFINITION ET CLARIFICATION DES CONCEPTS

Introduction.....	9
1. Notion de la conception architecturale.....	9
1.1 Définition de la conception architecturale.....	9
1.2 Définition de processus de conception.....	10
1.3 Le raisonnement par analogie.....	11
1.4 la métaphore dans le processus de conception architecturale .....	12
2. Notions sur le biomimétisme .....	13
2.1 Définition.....	13
2.2 Origine du concept.....	14
2.3 Clarification des concepts.....	15
2.3.1 Bioinspiration.....	15
2.3.2 Biomimétique.....	16
2.4 Fondement du biomimétisme.....	16
3. Emergence de biomimétisme.....	17
3.1 Les précurseurs.....	17
3.2 Les courant inspirés de la nature.....	19
A. L'Art Nouveau.....	19
B. L'architecture Organique.....	20
C. L'architecture Biomorphique.....	20
D. L'architecture Bionique.....	21

3.3 Autres courants en relation avec la nature.....	22
A. L'architecture Japonaise.....	22
B. L'architecture Ecologique.....	23
C. L'architecture Vernaculaire .....	24
Conclusion.....	25

## **CHAPITRE 2 : LE BIOMIMETISME ENTANT QUE DEMARCHE ARCHITECTURALE**

Introduction.....	27
1. Démarche du biomimétisme en architecture.....	27
2. Analogie comme processus de conception biomimétique.....	29
2.1. Le niveau formel.....	29
2.1.1. La forme.....	29
2.1.2 La structure.....	30
2.1.3 Le matériau.....	31
2.2. Le niveau fonctionnel.....	33
2.3. L'approche Ecosystémique.....	34
3. La métaphore dans la conception biomimétique.....	35
3.1. Le niveau formel.....	35
3.1.1. La forme.....	35
3.1.2La structure.....	35
3.1.3 Le matériau.....	36
3.2. Le niveau fonctionnel.....	36
3.3. L'approche Ecosystémique.....	36
4. Tableau Récapitulatif des projets biomimétique.....	37
Conclusion.....	39

## **CHAPITRE 3: ETUDE DES EXEMPLES BIOMIMETIQUE**

Introduction.....	41
1. Centre internationale de recherche sur le cancer CIRC.....	42
1.1 l'idée du projet.....	43
1.2 Présentation du projet.....	44
1.3 Analyse du projet.....	45
1.4 La démarche biomimétique.....	47
1.5Conclusion.....	48
2. Eglise de Nanning.....	50

2.1 Présentation du projet.....	51
2.2 Analyse du projet.....	52
2.3 La démarche biomimétique.....	52
2.4 Conclusion.....	53
3. L'institut du monde arabe IMA.....	55
3.1 Présentation du projet.....	56
3.2 Analyse du projet.....	57
3.3 La démarche biomimétique.....	58
3.4 Conclusion.....	59
Conclusion.....	60

## **CHAPITRE 4 : INTEGRATION DU BIOMIMETISME DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION ARCHITECTURAL**

Introduction.....	62
1. Proposition d'une démarche pour une intégration du biomimétisme dans la conception architectural .....	62
2. Le processus de conception biomimétique.....	62
3. La démarche biomimétique/ analogie orientée problème (Top-down).....	63
4. La démarche biomimétique orienté solution.....	65
5. Intérêts et complexités de l'introduction du concept « biomimétisme » à la création architecturale.....	66
6. Enjeux du biomimétisme.....	68
Conclusion.....	68

## **CONCLUSION GENERALE**

Conclusion générale.....	71
--------------------------	----

## **Bibliographie**

Bibliographie.....	72
--------------------	----

### **Résumé**

**ملخص**

### **Abstract**

# LISTE DES FIGURES

## INTRODUCTION GENERALE

<b>Figure 1:</b> Structure du mémoire.....	7
--	---

### CHAPITRE1

<b>Figure 2:</b> Représentation schématique du biomimétisme basée sur le principes de Janine Benyus, source : (Lillo, 2020).....	15
<b>Figure 3:</b> Éléments essentiels du biomimétisme.....	17
<b>Figure 4:</b> l’homme de Vitruve.....	18
<b>Figure 5:</b> le rectangle d’or Panthan Grèce.....	18
<b>Figure 6:</b> fleur de nombre d’or dans la nature.....	18
<b>Figure 7:</b> Le nombre d’or dans la nature.....	18
<b>Figure 8:</b> La Casa Batillo Gaudi façades.....	19
<b>Figure 9:</b> La Casa Batillo Gaudi intérieur.....	19
<b>Figure 10:</b> Extrait de travail d’Ernst Haeckel .....	19
<b>Figure 11:</b> The Fallingwater house 1939 F.L.Wright.....	20
<b>Figure 12:</b> Photo de l’aéroport de Lyon Saint Exupéry.....	21
<b>Figure 13:</b> Façades latérale aéroport de Lyon Saint .....	21
<b>Figure 14:</b> l’El Peix à Barcelone, Frank Gerhy.....	21
<b>Figure 15:</b> Stade olympique de Munich.....	22
<b>Figure 16:</b> Tour Eiffel, Paris, France.....	22
<b>Figure 17:</b> structure osseuse Tour Eiffel ,Paris , France.....	22
<b>Figure 18:</b> Intérieur d’une maison Japonaise.....	23
<b>Figure 19:</b> BedZED Zero Energy.....	24
<b>Figure 20:</b> Vallée du M’Zab, Ghardaïa, Algérie.....	25

### CHAPITRE 2

<b>Figure 21:</b> Représentation schématique des 3 niveaux du biomimétisme.....	28
<b>Figure 22 :</b> L’Analogie comme processus de conception biomimétique.....	29
<b>Figure 23:</b> Musée des sciences de Glasgow .....	30
<b>Figure 24:</b> source d’inspiration.....	30
<b>Figure 25:</b> Auditorium de Tenerife Espagne .....	30
<b>Figure 26:</b> Image de fou de bassan .....	30
<b>Figure 27:</b> Le Temple du Lotus à Delhi .....	30
<b>Figure 28:</b> Image d’une fleur de lotus.....	30
<b>Figure 29:</b> Gare Routière Régionale de Casar de caceres .....	31
<b>Figure 30:</b> Image du coquillage .....	31

<b>Figure 31:</b> Eden projet .....	31
<b>Figure 32:</b> Image de l'animal Tatou .....	31
<b>Figure 33:</b> le nid de ouiseau .....	31
<b>Figure 34:</b> Stade National de Pékin.....	31
<b>Figure 35:</b> Effet Lotus avec des gouttes d'eau tombent sur la surface .....	32
<b>Figure 36:</b> Image générée par ordinateur de l'effet lotus avec les gouttes d'eau .....	32
<b>Figure 37:</b> Le bâtiment du centre des expositions Fiera Milano à Milan.....	32
<b>Figure 38:</b> Toile d'araignée.....	32
<b>Figure 39:</b> Détaille de la façade.....	33
<b>Figure 40:</b> Galerie Hall West.....	33
<b>Figure 41:</b> L'Eastgate Building et le système de ventilation des termitières.....	34
<b>Figure 42:</b> Le Swiss Re Headquarter inspiré par la Corbeille de fleurs de Vénus.....	34
<b>Figure 43 :</b> La métaphore comme processus de conception biomimétique.....	35
<b>Figure 44:</b> Musée des juifs .....	35
<b>Figure 45:</b> l'idée conceptuelle.....	35
<b>Figure 46 :</b> Le Buga Wood Pavillon, à Heilbronn.....	36
<b>Figure 47:</b> Source d'inspiration.....	36
<b>Figure 48:</b> Turning Torso, Calatrava, Malmö (Suede).....	36
<b>Figure 49:</b> source d'inspirationTurning Torso.....	36

### CHAPITRE 3

<b>Figure 50:</b> CIRC de Lyon .....	42
<b>Figure 51 :</b> CIRC de Lyon .....	44
<b>Figure 52 :</b> Entrée du CIRC .....	44
<b>Figure 53 :</b> CIRC de Lyon.....	44
<b>Figure 54 :</b> Salle d'exposition.....	44
<b>Figure 55 :</b> Espace en double hauteur.....	44
<b>Figure 56 :</b> Vue en haut de CIRC.....	45
<b>Figure 57 :</b> Vue sur le patio.....	46
<b>Figure 58 :</b> Model inséré sur la façade.....	46
<b>Figure 59 :</b> Pétale de fleur en métal.....	46
<b>Figure 60 :</b> Façade extérieur .....	46
<b>Figure 61:</b> La pose des 1 500 m <sup>2</sup> de façades vitrées et de murs rideaux .....	46
<b>Figure 62:</b> Trifolium.....	47
<b>Figure 63:</b> Diagramme de trifolium.....	47
<b>Figure 64:</b> Prototype perforé.....	47

<b>Figure 65</b> : Principe de fonctionnement des pétales par rapport à Température de l'extérieur.....	47
<b>Figure 66</b> : prototype non perforé. Changement de forme en fonction des variations de température.....	48
<b>Figure 67</b> : 3D de l'église.....	50
<b>Figure 68</b> : L'église de l'Epiphanie.....	51
<b>Figure 69</b> : Vue en haut .....	52
<b>Figure 70</b> : Façade principale.....	52
<b>Figure 71</b> : Intérieur de l'église.....	52
<b>Figure 72</b> : Cloche de 45m.....	52
<b>Figure 73</b> : Trémière africaine.....	53
<b>Figure 74</b> : L'auto régulation de la termitière.....	53
<b>Figure 75</b> : Le flux de vent le jour .....	53
<b>Figure 76</b> : Le flux de vent la nuit .....	53
<b>Figure 77</b> : L'institut du monde arabe.....	55
<b>Figure 78</b> : IMA .....	56
<b>Figure 79</b> : Bibliothèque.....	58
<b>Figure 80</b> : Bibliothèque.....	58
<b>Figure 81</b> : Salle hypostyle.....	58
<b>Figure 82</b> : Fumoir.....	58
<b>Figure 83</b> : Source d'inspiration.....	59
<b>Figure 84</b> : Motif de moucharabieh.....	59
<b>Figure 85</b> : Motif moucharabieh.....	59
<b>Figure 86</b> : Façade sud.....	59

#### **CHAPITRE 4**

<b>Figure 87</b> : Séquences de processus dans la recherche biomimétique.....	63
<b>Figure 88</b> : Séquence de conception par biomimétisme orientée problème (Top-down).....	65
<b>Figure 89</b> : Séquence de conception par biomimétisme orientée solution (Bottom-up).....	66

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1</b> : Les niveaux d'imitation du biomimétisme. Source : (Lillo, 2020).....	27
<b>Tableau 2</b> : Tableau récapitulatif des projets architectural biomimétique.....	37
<b>Tableau 3</b> : Tableau de démarche biomimétique du CIRC.....	49
<b>Tableau 4</b> : Tableau démarche biomimétique de l'église.....	54
<b>Tableau 5</b> : Tableau démarche biomimétique de l'IMA.....	60

## **Liste des abréviations**

**L'AFNOR** : Association française pour la normalisation

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**IMA** : Institut du monde arabe

**CIRC** : Centre international de recherche sur le cancer

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

### 1. Introduction

Avec près de 8,7 millions d'espèces estimées, la biodiversité représente plus de 3.8 milliards d'années de développement. Chaque espèce observable aujourd'hui a subi un processus de sélection naturelle par essais et erreurs, retenant ainsi les solutions et systèmes les plus adaptés à leur environnement. Si on observe la nature, le vivant produit d'étonnantes architectures naturelles que seules peuvent traduire des formules mathématiques complexes. Par exemple, les abeilles construisent des nids, en formes hexagonales parfaites, en rationalisant au maximum la production de cire. Certaines espèces de méduses et de poissons ont la capacité d'émettre de la lumière naturelle, par une réaction chimique due à des bactéries, sans utiliser d'électricité ni d'énergie, et sans polluer. Un autre exemple, les fourmis possédaient une société qui pratiquaient l'agriculture, l'élevage, le travail à la chaîne et les réseaux de communication. Aussi les araignées, quant à elles, tissent instinctivement des toiles faites de cercles concentriques, sans l'aide d'équerre ni de compas. Des caractéristiques similaires et aussi élaborées sont observables chez la quasi-totalité des êtres vivants. En fait il faut reconnaître que la nature, ses organismes et écosystèmes ont une longueur d'avance sur l'humanité dans la résolution des problèmes, l'être humain doit être doté d'une intelligence qui lui permet d'imiter et apprendre de la nature.

En architecture, l'inspiration provenant de la nature s'est le plus souvent manifestée sous une forme esthétique. Depuis les motifs de palmettes grecques et les arabesques jusqu'aux dessins sur lesquels sont construites nos villes, les architectes sont fascinés par la beauté naturelle dans laquelle ils puisent de nombreuses références.

Le biomimétisme est une démarche d'innovation qui connaît un intérêt croissant dans le domaine de la conception architecturale. 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 telle que la végétation, les animaux, les micro-organismes, afin de trouver des solutions techniques innovantes, efficaces et douces pour l'environnement.

Si la discipline est récente en tant que sciences théorisées -ou en voie de théorisation-, elle est bien plus ancienne en tant que pratique. Le biomimétisme consiste à utiliser les principes de la nature comme trajectoires d'action. Dans son acception la plus courante, cela se réfère à l'art d'explorer le vivant afin d'y trouver des sources d'inspirations propices à la création de

produits, de services ou de modèles d'organisation. En somme, il s'agit d'une transposition du génie de la nature vers une application anthropique.

Le biomimétisme implique la compréhension des structures et des processus biologiques, ainsi que de leur application et leurs méthodes technologiques correspondantes. Ainsi le biomimétisme n'est pas la simple imitation de la nature, qu'elle soit esthétique ou fonctionnelle. C'est pour cela qu'il convient de préciser ce que cette pensée représente dans le domaine de l'architecture, on parle alors plutôt de construction biomimétique, qui explore un éventail de précédents naturels pouvant potentiellement amener de nouvelles idées dans la conception architecturale.

Le biomimétisme gravite autour d'une idée centrale, il s'agit avant tout d'une approche consistant à étudier la nature sous toutes ses formes (animal, plantes, micro-organismes, écosystèmes) afin de concevoir des stratégies, des matériaux ou des procédés novateurs au service de l'humain et compatibles avec le développement durable : moins polluant, moins consommateurs d'énergie, recyclables, plus sécuritaire, de meilleure qualité et à moindre coût.

### 2. Problématique

Depuis les époques primitives jusqu'à nos jours, l'homme s'est toujours inspiré de la nature afin de faire progresser leurs modes de vie et appliquer ses systèmes à la fabrication d'instruments, d'outils, des machines, des structures ou des constructions. Ainsi la nature représente une source d'inspiration inestimable, de solutions innovantes dans de nombreux domaines et surtout le domaine de l'architecture : selon **Carlo Goldoni**: « *La Nature est un professeur universel et sûr pour celui qui l'observe.* »

L'architecture biomimétique est une philosophie contemporaine de l'architecture qui cherche des solutions dans la nature, non pas en reproduisant les formes naturelles, mais en comprenant les règles qui régissent ces formes. C'est une approche multidisciplinaire de la conception architecturale qui suit un ensemble de principes bien définis, autrement dit c'est l'examen de la nature, de ses modèles, de ses systèmes et de ses processus pour en faire une source d'inspiration.

Le biomimétisme apparaît pour la première fois, dans les années 90, comme une démarche structurée et reproductible, une pensée présentant un certain nombre de principes. Les exemples « bio- inspirés » sont très anciens, mais la formulation d'une démarche et d'une discipline est récente.

La démarche biomimétique va au-delà de l'utilisation de la nature comme source d'inspiration pour les composants esthétiques de la forme bâtie, mais cherche plutôt à utiliser la nature pour résoudre les problèmes de fonctionnement du bâtiment. Ce n'est pas la même chose que l'architecture biomorphique, qui utilise les éléments naturels existants comme sources d'inspiration pour les composants esthétiques de la forme, au lieu de cela, l'architecture biomimétique regarde la nature comme un modèle pour imiter ou s'inspirer de conceptions et de processus naturels et l'appliquer à l'homme.

Janine Benyus, pionnière du biomimétisme dans son livre « *Biomimicry, Innovation Inspired by Nature* », distingue trois niveaux d'inspiration possible : la première approche s'attache aux formes présentes dans la nature, la seconde aux processus utilisés par le vivant pour répondre au mieux à une nécessité dictée par son environnement, et la troisième aux écosystèmes, pour la performance de ces derniers en matière de durabilité.

Donc la démarche biomimétique s'attache à l'étude de solutions qui sont utilisées par la nature, et tente d'appliquer ces solutions pour la résolution de problèmes humains. Mais

malgré les nombreuses recherches sur le sujet, les exemples de l'architecture biomimétique construits sont toutefois encore rares, la conception architecturale biomimétique est une activité difficile à mettre en œuvre, parce que les innovations architecturales qui répondent à l'architecture biomimétique n'ont pas seulement à se ressembler à une plante ou à un animal, mais il s'agit de l'inspiration née de la forme naturelle en y intégrant la raison fonctionnelle de cette forme. On ne peut que reprendre l'un des principes de la nature : « La nature adapte la forme à la fonction » ou « la forme suit la fonction » rien n'est fait, construit, conçue sans raison, tout a une raison d'exister, une fonction précise selon Michael Pawlin : *“L'intention est de transcender l'imitation des formes naturelles et de tenter de comprendre les principes qui sous-tendent ces formes et systèmes”*

Cette brève lecture analyse, nous interpelle à émettre les questionnements suivants :

- **Quel est l'apport du biomimétisme en tant que démarche à la conception architecturale ?**

L'observation de la nature et l'expérimentation ont été essentielles à la conception des formes architectoniques, l'architecture a toujours réinterprété les formes naturelles, mais :

- **Comment mettre en symbiose la forme organique du vivant avec le fonctionnement du bâtiment ?**
- **La nature pourrait-elle fournir à l'inspiration architecturale un outil adéquat ?**

### 3. Hypothèse

Afin de répondre aux questionnements soulignés dans la problématique, nous pensons que les hypothèses suivantes peuvent valider la finalité de notre recherche :

- ✓ Le Biomimétisme pourrait être un outil adéquat et une démarche bien structurée pour le processus de conception architecturale, puisque la nature nous apprend à agir à sa manière, et elle nous appelle à repenser nos modes de concevoir, de construire et d'organiser l'espace.
- ✓ Les solutions qui se trouvent dans la nature pourraient représenter des opportunités importantes pour répondre aux différents problèmes de la conception architecturale notamment pour la conception des projets organiques par l'innovation des nouvelles structures plus légères et plus performantes , fabrication des nouveaux matériaux et nouvelle technique de façade (la double

peau par exemple), et aussi elles permettent de minimiser la consommation d'énergie fossile par l'exploitation des énergies renouvelables.....

### **4. Méthodologie**

Pour aborder la présente thématique de recherche, nous avons adopté la démarche hypothético- déductive, qui part d'une ou plusieurs hypothèses formulées vers l'explication de celles- ci.

Ainsi, en premier lieu, on a défini quelques hypothèses de départ après avoir bien cerné la problématique abordant le biomimétisme de manière générale, puis de manière particulière, celle qui se rapporte à la conception architecturale.

Pour ce faire, la première partie du travail va porter sur une recherche et définition des concepts opératoires, qui nous permettraient d'appréhender les néologismes relatifs au biomimétisme, et ceux de la conception architecturale .

En deuxième lieu, nous allons adopter une attitude analytique vis-à-vis des exemples (objets empiriques) en s'aidant des outils acquis à travers la définition des concepts liés à la thématique de recherche.

En dernier lieu, nous procéderons à l'affirmation ou non affirmation des hypothèses posées au préalable en vue de mettre en place une ébauche, un essai pour établir une démarche qui pourrait être le guide des initiatives de conception architecturale inspirées du « biomimétisme »

### **5. Structure du mémoire**

L'organisation de l'ensemble des chapitres est résumée dans le schéma ci-joint :

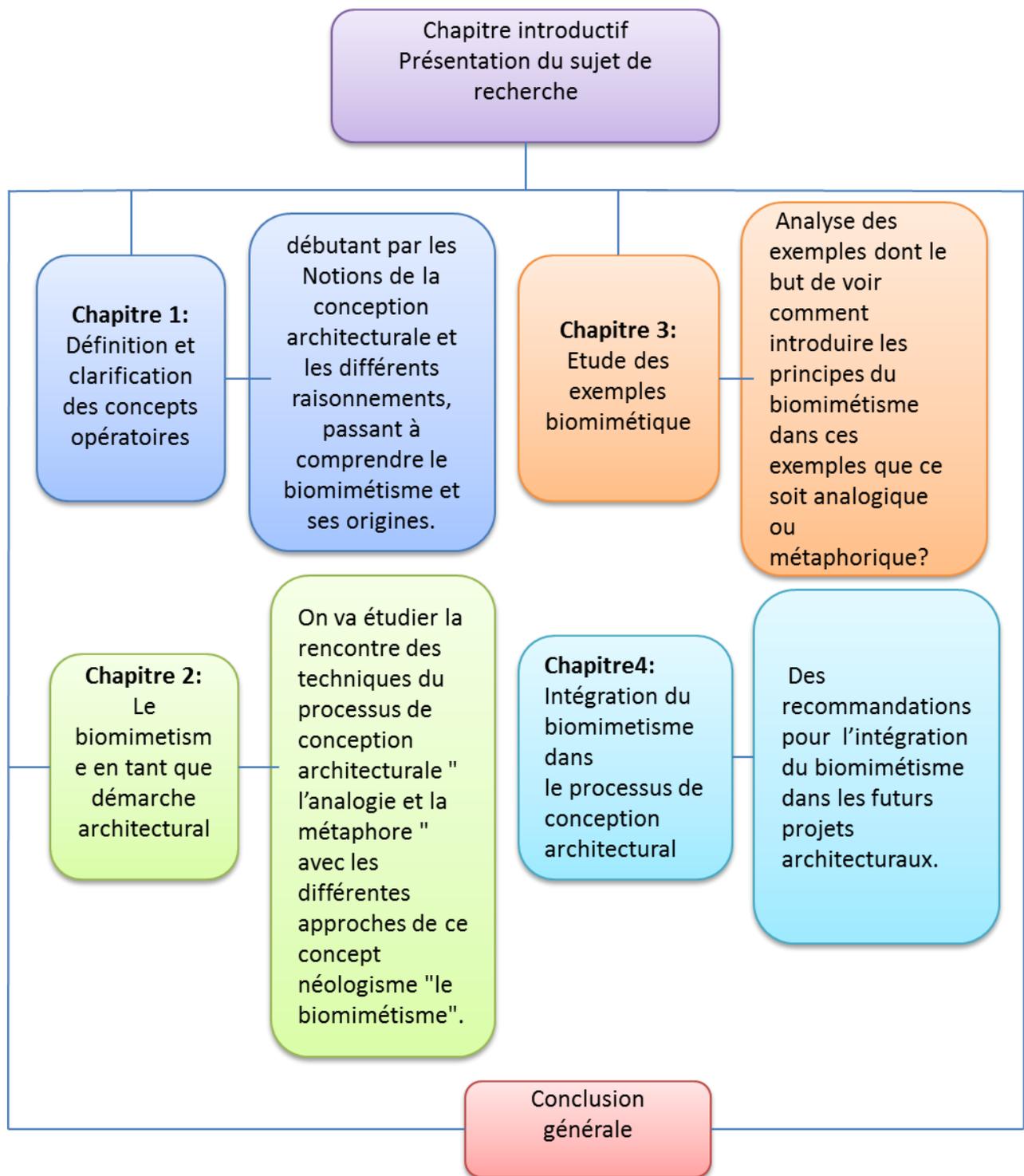


Figure1: Structure de mémoire

# **CHAPITRE I**

## **DÉFINITION ET CLARIFICATION DES CONCEPTS OPÉRATOIRES**

*« L'architecture du futur  
construira en imitant la  
nature, parce que c'est la  
plus rationnelle, durable et  
économique des méthodes »*

Antonio Gaudi

# CHAPITRE 1 : DÉFINITION ET CLARIFICATION DES CONCEPTS OPÉRATOIRES

## Introduction

La présente thématique se positionne aux croisées de deux pôles de recherche : le processus de conception architecturale et le biomimétisme. Pour arriver à concevoir un projet architectural bio inspiré, il faut d'abord avoir des connaissances sur les différents concepts de la conception architecturale et les différents termes liés au biomimétisme.

Dans le premier chapitre, un regard sera porté sur les différents concepts de la conception architecturale et puis une définition de concept du biomimétisme, son histoire afin de comprendre les mécanismes de conception au fil des années.

## 1. Notion de la conception architecturale

### 1.1 Définition de la conception architecturale

Nul ne doute de la complexité de la conception d'un projet architectural, surtout dans le contexte actuel, qui se distingue par l'émergence de nouveaux paramètres liés à la performance architecturale et environnementale, ainsi qu'aux avancées technologiques spectaculaires dans le bâtiment, alors comment peut-on nous définir la conception architecturale ?

Étymologiquement, la conception concerne la manipulation de concepts, c'est-à-dire la manipulation d'une « *représentation générale et abstraite d'un objet ou d'un ensemble d'objets* »(LAROUSSE, 2001).

La conception est du registre de l'idée, de la projection mentale. Mais la conception, relève également de l'action, de la mise en œuvre de mécanismes ou de méthodes formelles qui ont pour objectif de permettre la création d'un système. Car le but de l'activité de conception est de définir de manière exhaustive un objet ou un système répondant à un besoin plus ou moins exprimé. Ainsi comme le décrit Serge Tichkiewitch, « *la conception consiste à donner un ensemble de propositions permettant de décrire le produit (forme, dimensions, moyens d'obtention, etc.) et répondant globalement à un cahier des charges (fonctions à assurer, conditions de fonctionnement, durée de vie souhaitée, environnement, etc.* ». (TICHKIEWITCH, 2007)

«*La conception architecturale est considérée comme un processus de la création qui émane d'une espèce de boîte noire que chaque concepteur construit à sa manière pour*

*façonner le projet, et à force de forger comme dit l'adage on devient forgeron, c'est-à-dire qu'on acquiert une ou plusieurs démarches personnelles» (Hammou, 2010 ).*

La conception architecturale est décrite comme un processus au sein duquel des opérations peuvent être identifiées. Ces opérations sont ce qui fait que la conception «avance». L'aspect continu du processus est ainsi discrétisé en éléments intelligibles. Les opérations auxquelles s'attache l'architecturologie sont des opérations d'attribution de mesure. Les mesures de l'espace permettent, dans la conception un embrayage : en donnant des mesures à l'espace, l'architecte raccorde ce qui n'existe pas encore (l'architecture en train d'être conçue) à une réalité future. Les mesures doivent être cependant entendues en architecturologie de manière abstraite. Une distance absolue, mais aussi une surface, un volume, un angle, une forme topologique, une distance relative, un matériau... sont pour l'architecturologie des mesures. Par ailleurs, il faut distinguer l'« attribution de mesure » de la « prise de mesure », car l'architecte a affaire à un réel qu'il se donne, une architecture qui n'existe pas encore.(Vitalis, 2020)

### **1.2 Définition de processus de conception**

Définir le processus de conception n'est pas chose facile. La revue de la littérature permet de mettre en exergue plusieurs facettes de la conception sans jamais apporter une définition universelle. On effectue le processus de conception consisterait en la résolution d'un problème complexe, concourant à un objectif fixé. Cette résolution reposerait sur une interaction entre le concepteur et le contexte de conception lors de laquelle le concepteur précise progressivement et itérativement une représentation personnelle de l'objet à concevoir.

On peut définir le processus de conception comme étant « *l'ensemble des activités permettant de Construire des représentations reflétant une projection de l'esprit* » (Dessart, 2016-2017)

Herbert Simon, dès les années soixante, considère le processus de conception comme un mécanisme de résolution de problème. L'intelligence artificielle et la psychologie cognitive ont établi les modèles théoriques sur lesquels les outils informatiques d'assistance à la conception ont fondé leur développement. Dans un premier temps, ces outils ont porté sur une recherche d'efficacité, d'optimisation et sur le parcours d'un espace de solutions établies. Ils ont conduit à la généralisation des systèmes experts, des systèmes à base de contraintes et plus récemment à l'utilisation des algorithmes génétiques, des réseaux de neurones ou des systèmes à base d'agents.(Dessart, 2016-2017)

Concernant le processus de conception architecturale, on s'intéressera dans ce travail à seulement deux concepts : l'analogie et la métaphore.

### 1.3 Le raisonnement par analogie

La pensée analogique joue un rôle capital dans la conception architecturale. Les concepteurs, designers ou architectes ont fréquemment recours à ce processus de conception et surtout dans la conception biomimétique.

L'analogie opère de manière différente. Elle identifie des similarités et en extrait une connaissance qui permettra l'incorporation de nouvelles variables dans l'espace des solutions. Une approche analogique est particulièrement adaptée pour la résolution d'un problème inhabituel dans lequel les connaissances disponibles sont faibles. (Marin, 2018)

Les concepts d'analogies sont probablement les plus fréquemment utilisés dans la formulation de concepts en architecture. Beaucoup s'accordent à dire que bien souvent les d'analogies posent les termes d'un accord et induisent des inférences et autres rapprochements. Les analogies identifient la possibilité de la relation littérale (directe) entre différents objets (projets). (A.KORICHI, 2013)

Une analogie est une comparaison, une correspondance, un rapport de ressemblance entre deux choses, deux personnes, deux situations ou deux notions différentes qui possèdent des points communs d'ordre physique, intellectuel, moral, etc. Le terme «analogia» a été traduit par les latins par « proportio », soit « rapport des parties entre elles et avec le tout » et plus spécifiquement en mathématiques: rapport de quantités entre elles. Ainsi, l'analogie dans sa forme pure désigne l'égalité des rapports de grandeurs mesurables. Cette notion a par la suite été transposée des grandeurs mathématiques au langage et a présenté assez rapidement (par effet de transposition) un autre aspect, qui est celui d'un rapport entre choses dissemblances non seulement en quantité et en qualité, mais différentes de nature, comme l'humain et le divin, ou une ville et le corps humain. Au sens figuré, l'analogie est un processus de pensée qui consiste à remarquer une similitude entre deux choses, de nature ou de classe différentes. En effet, si la comparaison porte sur deux choses ou personnes de même type, il s'agit d'une ressemblance (ex : entre deux personnes), alors que si elles sont de classe différente, il s'agit d'une analogie (ex : dire de quelqu'un qu'"il est rusé comme un renard"). En rhétorique, une analogie explicite est une comparaison et une analogie implicite est une métaphore.

Le recours à l'analogie prend trois aspects :

\***L'analogie personnelle** : identification personnelle avec un aspect minime du problème. Dans un exercice d'identification personnelle, on devient un élément, une partie intégrante du problème à résoudre

\***L'analogie directe** : avec d'autres aspects de l'art ou de la science. Comme l'écrit Gordon : " il s'agit, par ce mécanisme, non pas d'attaquer le problème de front, mais de le comparer à autre chose, de le mettre en parallèle et de l'associer à des faits, des connaissances ou des disciplines différentes".

\***L'analogie symbolique** : où le problème est appréhendé à travers une signification spéciale qui lui est rattachée. Les sociétés archaïques sont en général inspirées par le modèle cosmologique en cours dans la culture dont elles relèvent. L'habitat de ces populations reproduit à l'échelle humaine cet ordre cosmologique ainsi qu'il est perçu.

L'analogie est utilisée pour :

1. Résolution d'un problème structurel.
2. Résolution d'un problème environnemental.
3. Résolution d'un problème spatio-fonctionnel.

Nous acceptons la définition générique d'analogie comme un transfert de connaissances d'éléments sources, connus et familiers, à des éléments cibles, que nous cherchons. Raisonner par analogie, en architecture, est la démarche par laquelle ces éléments sources favorisent soit la compréhension, soit la reformulation du problème posé. Dans les deux cas, ce raisonnement nous aidera dans le processus de formulation de nouvelles idées de projet. (Toufik, 2019/2020)

### **1.4 la métaphore dans le processus de conception architecturale**

La métaphore c'est observer et comparer par abstraction à un objet ou un phénomène donné. La métaphore c'est comme l'analogie indirecte qui identifie la relation entre un objet ou un phénomène, mais cette relation est abstraite. La métaphore c'est un procédé par lequel on transporte la signification propre d'un objet ou d'un phénomène à une autre signification ou à une comparaison sous-entendu.

Selon l'encyclopédie Encarta : la métaphore est définie comme procédé de langage qui consiste employer un mot concret ou à évoquer une idée concrète dans un sens abstrait, en vertu d'une analogie qui reste implicite. En rhétorique, la métaphore est un trope puisque cette figure a pour effet de détourner un mot de son sens habituel. En effet, le mot « trope » veut dire changement de sens.

Il y a métaphore lorsque, au lieu de désigner une chose par son nom propre, on la désigne par le nom d'une chose différente, mais dont on affirme la ressemblance, et à laquelle on l'identifie. La définition restrictive de la métaphore est : « Dire l'abstrait avec un mot concret »

Métaphore et comparaison ont souvent été opposées, la première étant perçue comme une vision opérant la synthèse de deux réalités, la seconde comme un rapprochement logique maintenant l'écart entre les deux réalités comparées. La métaphore induit une correspondance inédite impossible dans la réalité. Or, en réalité, la structure de base de la métaphore est la comparaison. Plutôt de les opposer, il semble donc plus juste de voir une gradation. Pour passer de la comparaison à la métaphore, il faut supporter plusieurs transformations successives que l'on appelle « états ».

La métaphore est capable d'étendre son vocabulaire, soit en fournissant un guide pour dénommer de nouveaux objets, soit en offrant pour les termes abstraits des similitudes concrètes. Par la vertu de la ressemblance, nous pouvons opérer avec de nouvelles situations ; si la métaphore, n'ajoute rien à la description du monde, du moins, elle ajoute à nos manières de sentir; c'est la fonction poétique de la métaphore ; celle-ci repose encore sur la ressemblance, mais au niveau des sentiments : en symbolisant une situation par le moyen d'une autre, la métaphore « infuse » au cœur de la situation symbolisée les sentiments attachés à la situation qui symbolise. (Toufik, 2019/2020)

La métaphore n'est pas un phénomène essentiellement linguistique. C'est un processus de production de sens qui peut apparaître indépendamment du média utilisé. « En matière de conception architecturale, le travail métaphorique peut donner lieu à cette exploration en profondeur, sorte de prise au sérieux de l'image, qui produit alors du récit, de la narration, du scénario possible, tout un travail d'anticipation qui est le propre du projet d'architecture. On peut ainsi considérer le travail de conception comme une activité consistant à faire progresser un récit, à " filer une métaphore", à faire évoluer une fiction». La métaphore est donc une source permanente de création et elle contribue largement à l'enrichissement d'un projet architectural. On peut assimiler la métaphore de départ à une représentation source. L'architecte doit convertir la représentation-source d'origine en une représentation-but satisfaisant toutes les exigences architecturales. Le travail de conception est donc de procéder à la transformation d'une représentation (métaphore) jusqu'à ce qu'elle satisfasse les exigences fonctionnelles, économiques, techniques.

### 2. Notions sur le biomimétisme

#### 2.1 Définition

Étymologiquement, le terme biomimétisme provient de la combinaison de deux mots grecs : « bios » vie, et « mimésis » imitation ou imiter le vivant.

**Bios, la vie :** Cette première partie étymologique permet de circonscrire le champ de la Nature aux seuls organismes vivants (végétaux, animaux, micro-organismes) ce qui vit, ce qui évolue, et qui est par nature mortel. Cela exclut de fait toute propension liée au substrat, à la minéralité de la nature (roche, sous-sol) à la matière inerte et abiotique. Les objets d'observation du biomimétisme sont les organismes vivants.

**Mimésis, l'imitation :** cette notion se comprend dans un sens élargi allant de l'inspiration, jusqu'à la copie stricte des propriétés de qui y est imité en passant par l'identification. Cela porte ainsi tout autant sur les formes poétique et symbolique, les apparences physiques que sur fonctionnement d'une entité. le biomimétique s'inscrit dans le registre de l'inspiration au point que l'on parle aujourd'hui de bio-inspiration

Le dictionnaire Larousse le définit comme une « Démarche d'innovation durable qui consiste à transférer et à adapter à l'espèce humaine les solutions déjà élaborées par la nature (faune, flore,...etc.) »

En sens commun, le biomimétisme est une approche qui invite à observer la nature, à la comprendre et à s'en inspirer dans plusieurs domaines.

Le biomimétisme pour l'AFNOR, est une méthode et une approche scientifique consistant à s'inspirer du vivant pour créer des systèmes artificiels, et des solutions technique compatible avec la biosphère.

#### 2.2 Origine du concept

C'est l'universitaire américain, Otto Herbert Schmitt qui aurait forgé le néologisme biomimétique (biomimétisme) pour décrire la notion de transfert de processus de la biologie à la technologie en 1963. Selon lui, le biomimétisme se définissait comme « *l'examen des phénomènes biologiques dans l'espoir de susciter des idées et de l'inspiration pour développer des systèmes physiques ou biophysiques à l'image de la vie* ». (Lillo, 2020)

Des années 1960 à 1980 c'est une approche qui intéresse l'industrie de l'armement, puis de nombreux acteurs enrichissent cette démarche dans le domaine de l'architecture, de l'urbanisme et de l'industrie écologique.

En 1997 Janin Benyus l'a ensuite vulgarisée, notamment dans son livre « *Biomimicry : Innovation Inspired by nature, 1997* ». Le biomimétisme est défini dans son livre comme : « *une nouvelle science qui étudie la nature en vue de la imiter ou de s'en inspirer pour*

*résoudre des problèmes humains* ». Où elle invite à considérer la nature comme « modèle, mesure, mentor », en insistant sur l'importance d'associer la soutenabilité des innovations au biomimétisme. Elle est la première à promouvoir la nature comme source d'inspiration pour reprendre aux responsabilités sociales et environnementales.

**\*la nature comme modèle :**

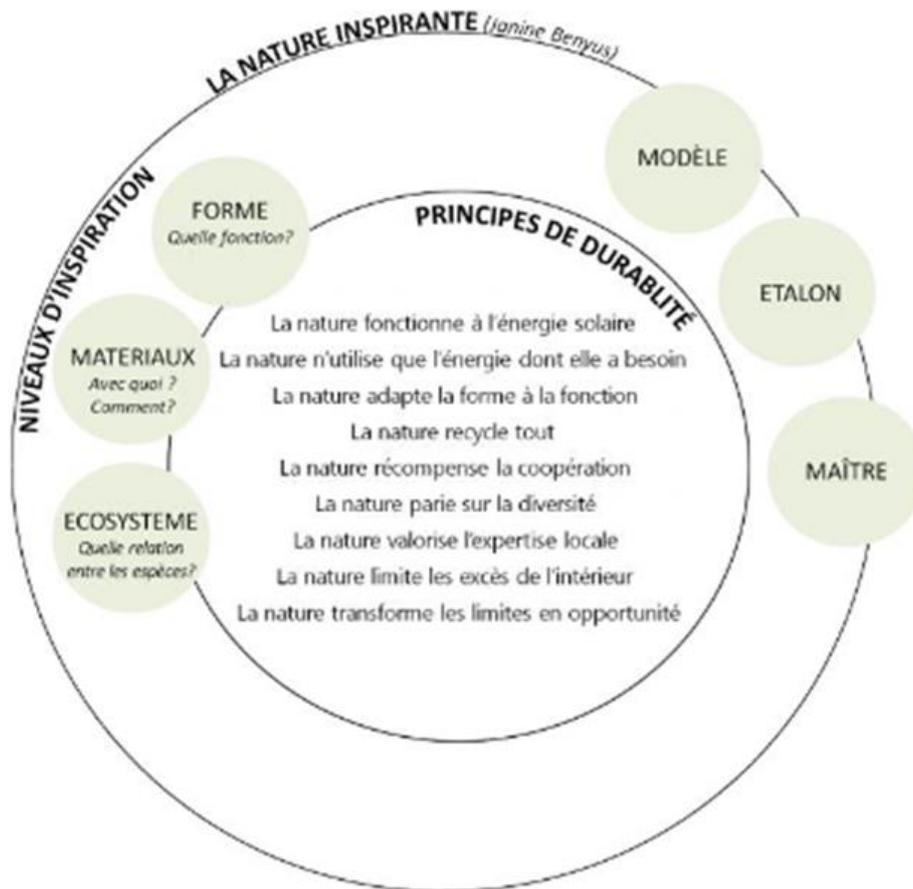
Le biomimétisme une nouvelle science qui étudie les modèles de la nature, puis imite ou s'inspire de leur forme et processus pour résoudre des problèmes humains.

**\*la nature comme mesure :**

Le biomimétisme propose d'utiliser les standards de l'écologie pour juger de la justesse de non innovations.

**\*la nature comme mentor :**

Le biomimétisme est une nouvelle technique, de considérer et d'apprécier la nature.



**Figure2:** Représentation schématique du biomimétisme basée sur les principes de Janine Benyus

### 2.3 Clarification des concepts

#### 2.3.1 Bio-inspiration

La bio-inspiration et le biomimétisme sont deux termes et concepts ayant de nombreux points communs, sans être des synonymes.

Pour Laure Magro, ingénieur du CEEBIOS « *La bio-inspiration recoupe tout ce qui inspire la nature, du vivant. Cela consiste à copier tout ou partie du vivant, tandis que le biomimétisme consiste davantage à observer d'une façon rigoureuse un phénomène naturel pour chercher ensuite à le reproduire, comprendre les mécanismes clés. Cette démarche scientifique est nécessaire pour le biomimétisme alors qu'elle ne l'est pas forcément pour la bio-inspiration* »

Gilles Bœuf préfère utiliser le terme de bio-inspiration, à celui de biomimétisme dont la traduction littérale, est l'imitant et ne reflète pas l'approche plus large de l'inspiration « on ne copie pas la nature, on s'en inspire »

#### 2.3.2 Biomimétique

« Coopération interdisciplinaire de la biologie et de la technologie ou d'autres domaines d'innovation dans le but de résoudre des problèmes pratiques par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles, ainsi que le transfert et l'application de ces modèles à la solution. » (iso/TC266 ,2015b).

Avant tout c'est une discipline scientifique, principalement utilisée dans les différentes recherches par des chercheurs et ingénieurs de la biochimie, biophysique dans le but de choisir un modèle scientifique pour développer des technologies.

### 2.4 Fondements du biomimétisme

Une démarche biomimétique obéit à une triple intention : éthos, (re) connecter et émuler.

- **Ethos :**

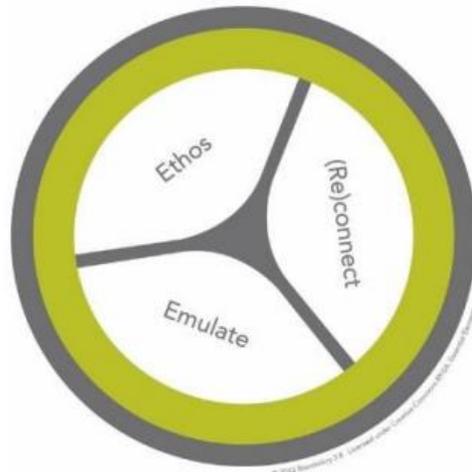
Constitue l'essence de leur éthique, leurs intentions et philosophie sous-jacente derrière leur pratique du biomimétisme, respectueuse et responsable face à chaque forme de vie, faisant écho aux considérations précédemment évoquées.

- **Re – connecter :**

Une pratique et une mentalité qui explore et approfondit la relation entre humains et non humains. À la recherche d'une modification des regards et perceptions sur le règne du vivant. La reconnexion est un moyen pour prendre la mesure de l'importance de s'insérer dans un système global.

- **Émuler :**

L'élément émuler est la recherche proactive des principes, des modèles, des stratégies et des fonctions issues de l'observation des phénomènes naturels, qui pourraient contribuer à un changement qualitatif de nos modes de production et de consommation, ainsi que de nos relations afin d'atteindre la vision des humains pour vivre durablement sur terre.



**Figure3:** Éléments essentiels du biomimétisme

### 3. Émergence de biomimétisme

Aller chercher l'inspiration dans la nature n'est pas une idée neuve. La pratique a été courante tout au long de l'histoire de l'humanité. La nature a toujours inspiré l'homme pour créer pour innover pour célébrer.

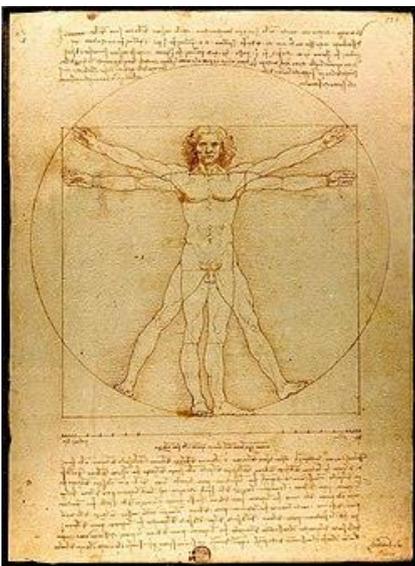
#### 3.1 Les précurseurs

Vitruve est le premier architecte romain (vécut au 1<sup>er</sup> siècle av J.C c'est de son traité « De architectura » que nous vient l'essentiel des connaissances sur les techniques de construction de l'antiquité classique) qui développe un système de proportions issu du corps humain, c'est un système de mesure basé sur le vivant. Un système déjà utilisé par les anciens, mais semble être le premier à l'écrire et à l'expliquer.

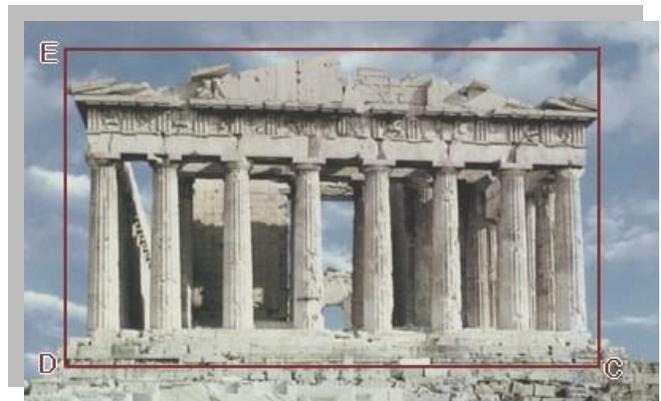
Au 14<sup>e</sup> siècle, l'homme de Vitruve a été dessiné par Léonard de Vinci sur la base des travaux de l'architecte romain Vitruve. L'homme de Vitruve est l'étude des proportions idéales de la forme humaine. L'idée des proportions de l'homme de Vitruve a été mise en œuvre dans les conceptions de Da Vinci et d'Andrea Palladio.

Léonard de Vinci, grand peintre et génie de la Renaissance, créa ses « folles » machines volantes en se basant sur l'étude du vol des oiseaux. D'autres exemples, tels que le développement du premier prototype d'avion par Clément Ader en 1890 dont les ailes ont été inspirées de celles des chauves-souris. Léonard de Vinci fut un grand interprète de la nature et

il l'a utilisée pour guider le développement de ses inventions. Au-delà de l'observation purement formelle ou fonctionnelle des éléments naturels, Léonard de Vinci pensait, de façon systémique, par l'interrelation des éléments qu'il observait. Par exemple, des remous dans l'eau l'ont incité à observer des formes similaires dans les turbulences de l'air, puis à approfondir l'étude sur la nature du son, la théorie de la musique et la configuration des instruments musicaux. La nouvelle approche empirique de la science développée par Léonard de Vinci exigeait une observation méthodique de la nature, un raisonnement logique et des formules mathématiques. La vision de Léonard de Vinci était en grande rupture avec la pensée rationaliste proposée par Aristote.



**Figure4:** l'homme de Vitruve



**Figure5:** le rectangle d'or Panthéon Grèce

Au 21<sup>e</sup> siècle, le Corbusier entreprend un système plus humain, un modèle architectural basé sur les proportions idéales de l'homme avec le nombre d'or. Le nombre d'or reflète le modèle de spirales croissantes dans la nature. Le nombre d'or est présent tout autour de nous : tournesols, dans les pétales de fleurs, les coquillages, les pommes de pin, les flèches d'ananas. Le nombre d'or a été utilisé pour concevoir le Parthénon, un temple destiné à vénérer Athéna dans l'Acropole de Grèce. La proportion du nombre d'or se retrouve en tout être vivant, y compris l'être humain.



Figure6: fleur de nombre d'or dans la nature

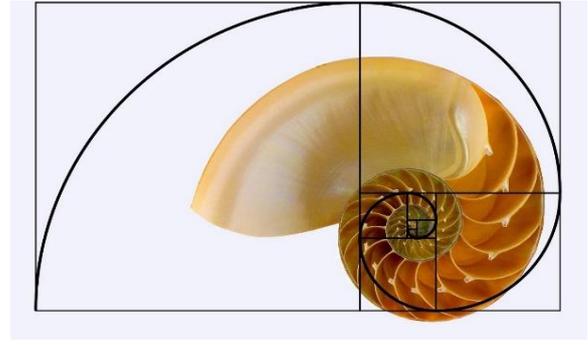


Figure7: Le nombre d'or dans la nature

### 3.2 Les courants inspirés de la nature

Durant l'histoire de l'art et de l'architecture, plusieurs courants vont s'inspirer de manière plus ou moins importante de la nature.

#### A. L'Art Nouveau

L'Art Nouveau est un mouvement artistique de la fin du **XIX<sup>e</sup>** siècle et du début du **XX<sup>e</sup>** siècle, s'appuie sur l'esthétique des lignes courbes inspirées des formes de la nature. C'est la représentation symbolique de la nature : ornementation inspirées des arbres, des fleurs, des insectes, des animaux, on peut dire que la représentation de celle-ci sert essentiellement de décoration même si une dimension architectonique va émerger progressivement. L'imitation y est purement esthétique.

La Casa Batillo Gaudi tente une nouvelle approche des colonnes alors que les Grecs imitaient les arbres, lui, il imitait les os.

L'initiateur du mouvement serait **Ernst Haeckel** 1904 l'un des premiers qui à dessiner une multitude de coquillages, fleurs, méduses, radiolaires, foraminifères, diatomées, etc.... dans un but scientifique. **Ernst Haeckel** considéré comme forte source d'inspiration de l'Art Nouveau .

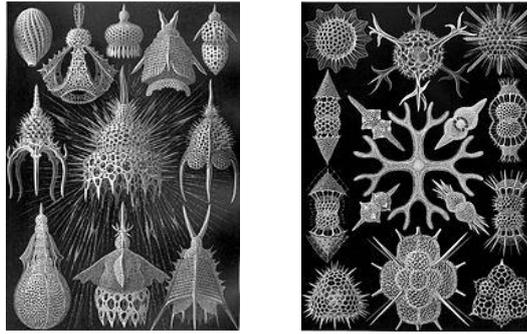
Les architectes représentants de l'Art Nouveau les plus connues sont Horta, Gaudi, Guimard.



Figure8: La Casa Batillo Façade



Figure 9: La Casa Batillo Gaudi intérieure



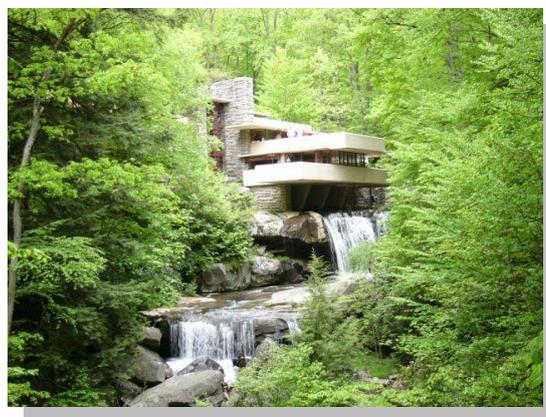
**Figure 10:** Extrait de travail d'Ernst Haeckel Clade des *Cyrtoidea*, Clade des *Spumellaria*

### **B. L'architecture organique :**

Le terme ‘organique’ signifie vivant. Le premier à l'avoir utilisé est Frank Lloyd Wright (1865-1959) qui considérait qu'une maison naissait de la rencontre des nécessités des gens et de l'esprit du lieu, à la manière d'un organisme vivant. Sa conviction était que les bâtiments influençaient profondément les personnes y habitant, y travaillant ou même y priant. Ainsi F.L.Wright définissait l'architecture organique « une architecture qui se développe de l'intérieur vers l'extérieur en harmonie avec les conditions de son existence, ce qui la distingue d'une architecture appliquée de l'extérieur ».

L'architecture organique est donc une approche architectural que cherche l'harmonie entre l'humain, la nature et l'environnement dans lequel elle d'inscrit, elle privilégie l'utilisation de matériau naturels tels que la terre, le bois, l'argile et les pierres .....

The Fallingwater house 1939 : F.L.Wright a choisi de préserver au maximum le caractère naturel et sauvage du lieu .la maison est construite tel un arbre avec un tronc et des branches qui rayonnent.



**Figure11:** The Fallingwater house 1939 F.L.Wright

### C. L'architecture Biomorphique

L'architecture Biomorphique est un type d'architecture qui apparut à la première moitié du **XX<sup>e</sup>** siècle et qui se définit par la reprise de formes naturelle organique (végétale, animale ou humaine). Comme son nom l'indique, ce courant artistique est purement formaliste (littéralement « forme du vivant »).

Voici quelques exemples de construction biomorphiques :

L'Aéroport de Saint -Exupéry de Santiago Calatrava imitant le vol d'un oiseau



**Figure12:** Photo de l'aéroport de Lyon Saint Exupéry



**Figure13:** Façades latérale aéroport de Lyon Saint Exupéry

Frank Gerhy peut compter parmi les architectes du biomorphisme .Gerhy est connu pour ces formes complexes et applique le zoomorphisme dans beaucoup dans ces conceptions, comme le El Peix à Barcelone cette sculpture en forme de poisson doré semble flotter au-dessus de la Méditerranée est devenu l'un des symboles de la Barcelone post-olympique.



**Figure14:** l'El Peix à Barcelone, Frank Gerhy

### D. Architecture bionique

L'architecture bionique est un mouvement de conception de bâtiment dont l'expression et les configurations constructives sont empruntées à la nature. Le mouvement bionique se

focalise sur le transfert des formes de la vie. Son but est la synthèse de la nature dans des technologies constructives modernes. Les pratiques bioniques de l'architecture donnent naissance à des nouvelles formes efficaces du point de vue fonctionnelle et originales dans leur qualité esthétique, mais sans tenir compte des principes de la nature ni nécessairement du développement durable.

Voici quelques exemples de construction bionique :

Un des grands précurseurs de l'architecture bionique est **Frey Otto** avec ces réalisations de structure inspirées de la nature .Cependant avec l'apparition des concepts du biomimétisme il pourrait faire partie des précurseurs du biomimétisme plus que la bionique.

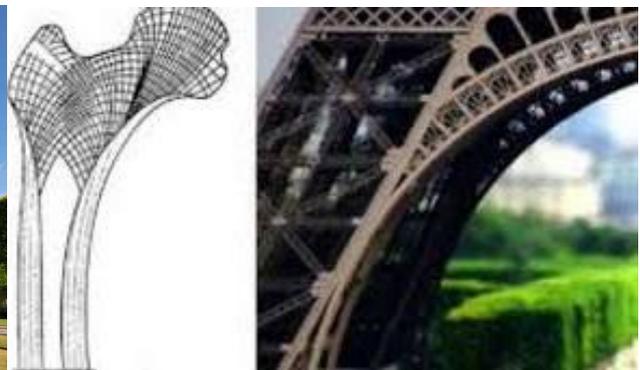


**Figure15:** Stade olympique de Munich, 1972, Otto Frey inspiré de la toile d'araignée

Gustave Eiffel, ingénieur français, s'est inspiré de la structure osseuse du fémur humain pour créer la Tour Eiffel structure métallique de 324m de haut (Vitalis, 2021).



**Figure16:** Tour Eiffel, Paris, France



**Figure17:** structure osseuse Tour Eiffel

### 3.3 Courants en relation avec la nature

D'autres courants en lien étroit avec la nature ou inspirés par la nature :

#### A. L'architecture Japonaise

L'architecture traditionnelle Japonaise se caractérise par l'intégration de la nature, la perméabilité entre intérieur et extérieur, l'utilisation minimale des matériaux naturels et légers et la notion d'impermanence de toute chose au rythme des saisons. L'architecture japonaise ne semble pas s'inspirer de la nature, mais cherche à relier l'homme à la nature comme une sorte de symbiose spirituelle.



Figure18: Intérieur d'une maison Japonaise

#### B. Architecture Ecologique

L'architecture écologique se réfère à la pratique de concevoir des bâtiments créant des environnements vivants. Ces environnements travaillent pour minimiser l'utilisation humaine des ressources. Cela se reflète à la fois dans les matériaux et les méthodes de construction d'un bâtiment. Il se reflète dans l'utilisation des ressources, telles que le chauffage, l'électricité, l'eau et le traitement des eaux usées.

Certains soutiennent que l'architecture écologique fait référence à un processus et à une attitude ou à un point de vue. La durabilité est « un processus de consommation responsable. Par conséquent les déchets sont minimisés et les bâtiments interagissent de manière équilibrée avec les environnements et les cycles naturels. Alors la durabilité équilibre les désirs et les activités de l'humanité dans l'intégrité et la capacité de charge de la nature. De plus elle réalise une stabilité, à long terme dans les limites de leur environnement local et mondial.

On peut distinguer plusieurs « lignes directrices » :

- le choix des matériaux, naturels et respectueux de la santé de l'homme ;

- le choix de la disposition des pièces (par exemple) pour favoriser les économies d'énergie en réduisant les besoins énergétiques ;
- le choix des méthodes d'apports énergétiques ;
- le choix du cadre de vie offert ensuite à l'homme (jardin...).



Figure 19: BedZED Zero Energy

### C. L'architecture vernaculaire

Le terme vernaculaire est synonyme de populaire, des valeurs partagées par une communauté ou un groupe social, propre à un pays à une région, à une population.

*« L'architecture vernaculaire est une architecture d'inspiration populaire qui a développé et développe ses caractéristiques propres dans une région spécifique ou souvent elle utilise les matériaux locaux, des façons de faire et des formes traditionnelles » (varin1)*

Une architecture vernaculaire répond aux trois piliers du développement durable qui sont le pilier social, économique et environnemental et favorisent les activités, aussi bien sociales que professionnelles au sein d'une ville. Les biens relevant de l'architecture vernaculaire sont construits avec les ressources que possède la région dans laquelle ils sont construits. De ce fait, ces bâtiments à l'architecture vernaculaire résistent très bien aux conditions météorologiques de la région.



Figure 20: Vallée du M'Zab, Ghardaïa, Algérie

### Conclusion

D'après le bref historique qu'on a vu, nous avons noté que le processus de conception pourrait avoir différents caractères. Il pourrait être bioinspiré dans la dimension et avant tout métaphorique ou analogique.

L'inspiration naturelle est loin d'être une nouveauté, dans l'histoire de l'architecture, les différents courants inspirés de la nature comme par exemple l'art nouveau revendiquent depuis plusieurs siècles déjà leurs filiations avec le vivant. Aussi l'architecture bionique qui donne naissance à des nouvelles formes efficaces du point de vue fonctionnel et original dans leur qualité esthétique, mais sans tenir compte des principes de la nature, ni nécessairement du développement durable, cependant le biomimétisme s'attache aux règles plutôt que forme et cherche à reproduire la capacité d'adaptation du vivant.

**CHAPITRE 2**  
**LE BIOMIMÉTISME EN TANT QUE DEMARCHE**  
**ARCHITECTURALE**

*« Plus notre monde fonctionne  
comme le monde naturel, plus  
nous avons de chances d'endurer  
cette maison qui est la nôtre, mais  
pas la nôtre seul »*

Janine M. Benyus

## CHAPITRE 2 : LE BIOMIMÉTISME EN TANT QUE DÉMARCHE ARCHITECTURALE

### Introduction

Par le passé, de nombreux architectes se sont inspirés de la nature pour en reproduire les formes. Aujourd'hui, les concepteurs vont plus loin et tentent de copier non seulement l'esthétique du monde biologique, mais également ses fonctionnalités et bien d'autres dimensions environnementales. Mis en perspective des autres mouvements architecturaux, le biomimétisme est un mouvement singulier qui opère à la fois une forme de synthèse contemporaine des courants développés au cours des siècles et apporte de nouveaux savoir-faire. Loin d'être un simple courant formaliste, l'approche biomimétique se perçoit véritablement comme une démarche de conception architecturale.

Dans ce qui va suivre dans le deuxième chapitre, les niveaux d'imitation possible et les différentes approches de la démarche biomimétique seront abordées avec quelques exemples de chaque une, puis on abordera les analogies entre le monde végétal ou bien animal et l'architecture, pour bien comprendre le transfert d'un mécanisme de la vie à des systèmes non vivants.

### 1. Démarche du biomimétisme en architecture

Les niveaux d'inspiration sont variables, les trois niveaux d'imitation sont nommés différemment selon les porte-paroles du biomimétisme :

Pour Janine Benyus	Pour Maibritt Pedern Zari	Pour Tarik Chekchak	Pour Olivier Scheffer
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forme</li> <li>• fonction</li> <li>• écosystème</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• organisme</li> <li>• comportement</li> <li>• écosystème</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• forme</li> <li>• procédée</li> <li>• écosystème</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• forme et structure</li> <li>• fonction</li> <li>• processus</li> </ul>

**Tableau1** : diffèrent démarches biomimétique

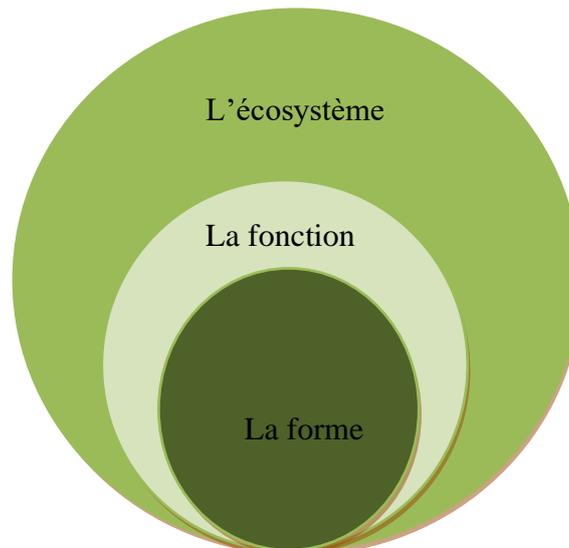
**Selon Janine Benyus** (Benyus, 1997)

Le biomimétisme en architecture peut s'appliquer sur plusieurs niveaux et à plusieurs échelles, de l'échelle d'un projet global à l'échelle d'un bâtiment. Janine Benyus considère trois niveaux d'application du biomimétisme: la forme, la fonction, les écosystèmes.

Le premier niveau de réflexion se réfère à un animal ou une plante spécifique et imite l'organisme dans son ensemble. Le second niveau imite le comportement ou la fonction d'un

organisme et inclut la façon dont celui-ci interagit avec son contexte. Enfin, le troisième niveau est l'imitation des écosystèmes et les principes généraux qui leur permettent de fonctionner avec succès. L'écosystème est le niveau étudié en profondeur car il peut servir de guide à une approche de conception durable.

- la forme: comment adapter la forme ?
- La fonction : quelle fonction remplie 'elle?
- L'écosystème: quelle relation entre les espèces vivantes ou des éléments extérieurs?



**Figure21:** Représentation schématique des 3 niveaux du biomimétisme

### 1.1 La forme

Appeler de même le bio mimétisme morphologique est la partie la plus visible de l'imitation de la nature. L'approche formelle n'est pas propre au biomimétisme, mais elle en constitue l'un des maillots explicatifs et descriptifs. la dimension morphologique n'est pas l'axe premier du biomimétisme, elle en serait plutôt une résultante. La forme est vue comme devant répondre à une ou plusieurs fonctions, répondant à une ou plusieurs problématiques architecturales ou structurales...etc. Donc dans le biomimétisme, la forme n'a pas de but purement stylistique, esthétique et symbolique; c'est ce qui distingue le biomimétisme des courants strictement formalistes (Ricard, Septembre 2015).

### 1.2 la fonction

L'étude de la reproduction ou de l'exploitation des fonctions assurées par des organismes constitue un des grands domaines de recherches biomimétiques. Il regroupe tout système présent dans la nature qui vient remplir un rôle précis : se nourrir, se protéger des prédateurs, filtrer l'eau, se ventiler, etc..... .

### 1.3 Écosystème

Le niveau écosystème correspond à un biomimétisme cherchant à imiter des écosystèmes présents dans la nature. Il s'agit de comprendre comment les relations entre des espèces et leur environnement produisent un écosystème stable dans le temps et donc durable. En effet, dans la nature, tous les déchets générés par des animaux et des plantes constituent un apport pour d'autres animaux et d'autres végétaux. Un bâtiment qui serait capable d'imiter ce processus naturel pourrait fonctionner de manière autonome et durable.

## 2. L'Analogie comme processus de conception biomimétique

L'analogie prétend mettre l'accent sur les parallélismes entre l'architecture et le biomimétisme. En général, il s'agit de niveau formel, ou fonctionnel ou écosystémique. Elle consiste à rechercher les relations homologues ou les similitudes qui existent entre les deux mondes, architectoniques, et le vivant que ce soit végétale ou animale.

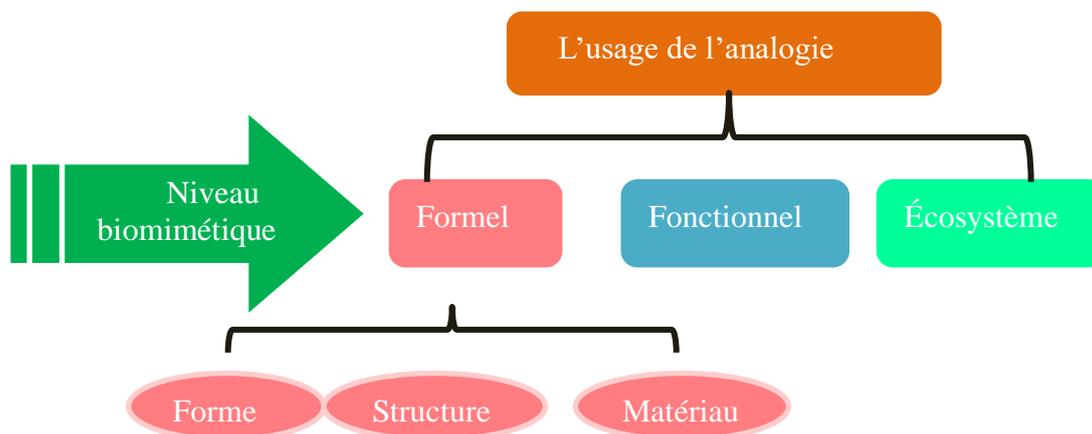


Figure22 : L'Analogie comme processus de conception biomimétique

### 2.1 Le niveau formel

Le niveau formel présenté ci-après regroupe trois dimensions : l'esthétique architecturale - la structure- le matériau.

#### 2.1.1 La forme

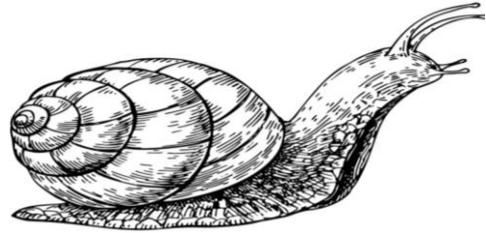
Les architectes adoptent des formes animales et végétales pour donner une valeur symbolique. L'analogie se caractérise par quelques curvilignes qui faut penser à la nature sans la représenter directement.

Le biomimétisme cherche à travers les spécificités morphologiques de l'animal ou du végétal à résoudre un problème architectural particulier (exemple : aérodynamisme du tour). En ce sens, la représentation formelle d'un organisme vivant n'induit pas un biomimétisme au

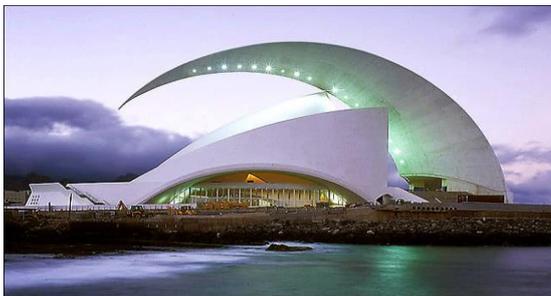
sens donné dans les paragraphes précédents. Au contraire, l'optimisation de la forme cherchant à répondre à une problématique qui s'inscrit dans une démarche biomimétique.



**Figure23:** Musée des sciences de Glasgow



**Figure24:**source d'inspiration



**Figure25:** Auditorium de Tenerife  
Espagne



**Figure26:** Image de fou de bassan



**Figure27:** Le Temple du Lotus à Delhi



**Figure28:** Image d'une fleur de lotus

### 2.1.2 La structure

Pour plusieurs architectes, la nature a été une source créative visant à résoudre des problèmes de structure, ils ont donc fait référence à la nature pour développer leur système constructif. La nature génère des structures résistantes avec le moins de matière possible, dans un souci d'économie des ressources. En architecture, l'étude de ces structures pourrait nous permettre de réaliser des bâtiments légers sur la base de forme plus organique, avec moins de matière, mais en conservant une grande résistance aux éléments extérieurs comme le vent ou les séismes.



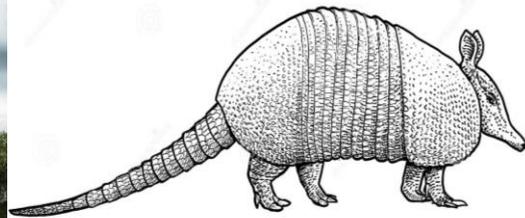
**Figure29:** Gare Routière Régionale de Casar de Cáceres



**Figure30:** Image du coquillage



**Figure31:** Eden projet



**Figure32:**Image de l'animal Tatou



**Figure33:** le nid d'oiseaux



**Figure34:** Stade National de Pékin

Les exemples montrent l'usage de l'analogie structurelle, ils sont inspirés de coquillage, carapace, nid oiseau.

### 2.1.3 Les matériaux

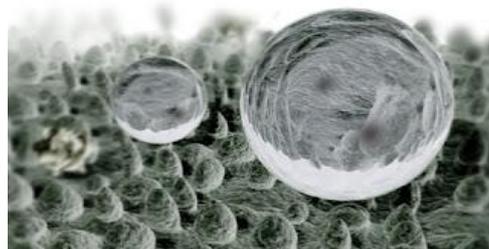
Le champ d'études des matériaux est un domaine biomimétique très promoteur, et qui connaît aujourd'hui le plus grand intérêt des scientifiques parmi tous les domaines de recherche. En effet, bon nombre de recherches ont vu le jour ces deux dernières décennies afin de tenter de comprendre et reproduire des matériaux aux caractéristiques incroyables et avec un fort potentiel pour l'utilisation à notre échelle. La nature comporte des matériaux aux structures et propriétés étonnantes, qui se sont développées et ont évolué pendant des milliards d'années. La perfection atteinte par certains d'autres constitue un large panel de possibilités pour l'être humain.

Les éléments naturels ont, dans la majorité des cas une surface hydrophobe. La nature est extrêmement économe, il n'y a rien de superflus en elle, tout élément a sa fonction propre et remplit même plusieurs simultanément.

Le Lotus est une plante très particulière, en effet, rien n'adhère à sa surface : ni l'eau, ni la colle. Cela est dû au fait que la feuille du Lotus est recouverte de microscopiques cristaux de cire. Désormais cette structure matérielle est reprise pour des peintures de façade aux textiles non salissants, on utilisant des peintures basées sur le principe de la feuille de Lotus, on pourrait revêtir les façades d'un enduit hydrophobes et surtout l'effet lotus n'est que la première d'une des applications du bio mimétisme qui pourrait changer notre quotidien.



**Figure 35:** Effet Lotus avec des gouttes d'eau tombent sur la surface



**Figure 36:** Image générée par ordinateur de l'effet Lotus avec les gouttes d'eau

Une espèce animale en particulier intéresse les scientifiques : les araignées. En effet la toile ultra résistante des araignées ou des vers à soie est considéré comme un des miracles de la nature, sa fabrication passe par un procédé très sophistiqué, elles ont quelque chose d'absolument étonnant et de très élaboré : un appareil à tisser microscopique contenue dans leur abdomen. Le seul solvant qu'elles utilisent est de l'eau. Dans le domaine de l'architecture ce matériau étonnant nous permettrait de réaliser des structures légères et ultra résistante. Nous disposerions d'une technologie naturelle intégrer dans le cycle de la matière et qui pourra être exploitée dans la fabrication de nombreux produits de construction.



**Figure 37:** Le bâtiment du centre des expositions Fiera Milano à Milan



**Figure 38:** Toile d'araignée

Aussi on a comme exemple le centre commercial, le groupe d'architectes s'inspire la façade de la mue des serpents , la caractéristique principale de cette façade sont les 4330 disques de verre qui recouvrent toute la structure comme une deuxième peau .C'est disque juxtaposés comme des écailles contiennent de l'aluminium irisant , un matériau qui produit un changement continu des couleurs de façade et de ce fait engendre des vues différentes en fonction de l'incidence de la lumière naturelle ou artificielle, Selon la position de l'observateur, le moment de la journée et les variations climatiques. Le spectacle de cette surface vivante est fascinant. La nuit, la façade s'adapte pour des occasions spéciales comme peuvent l'être des événements commerciaux ou des installations artistiques. (Alejandro and Patricia, 2007).

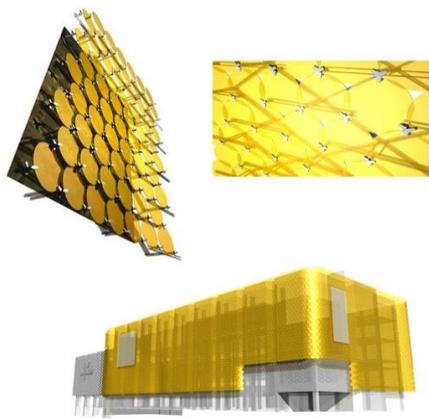


Figure39: Détaille de la façade

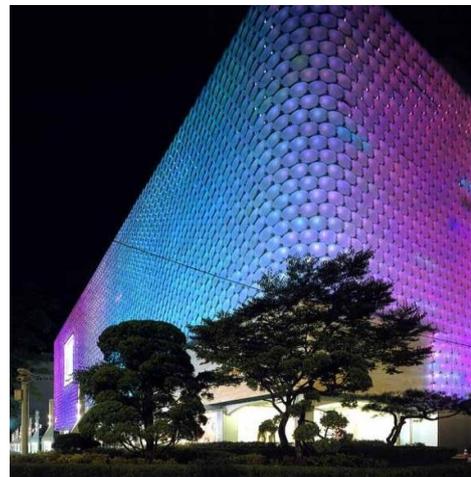


Figure40: Galleries Hall West

## 2.2 Le niveau fonctionnel

Il s'agit d'exploité les fonctions naturelles et l'adapter au projet selon le besoin : Les organismes vivants et les écosystèmes parviennent à assurer, à température ambiante et dépenses énergétiques quasi nulles, des fonctions telles que la régulation thermique, le nettoyage de surfaces, la collecte d'eau de rosée, ou encore l'adhésion à sec. Inspiré du fonctionnement des termitières. En fait, les termites réussissent à contrôler les flux d'air à travers l'ouverture ou la fermeture de tunnels à l'intérieur de la termitière en réponse à un changement de température.(Silva, 2021)

Swiss Re Headquarter inspiré de l'Euplectella aspergillum appelée Corbeille de fleurs de Vénus ou l'éponge de verre. La structure extérieure du Swiss Re Headquarter imite le squelette de l'Euplectella et permet de résoudre de manière similaire à l'animal les questions de circulation d'air et de ventilation.

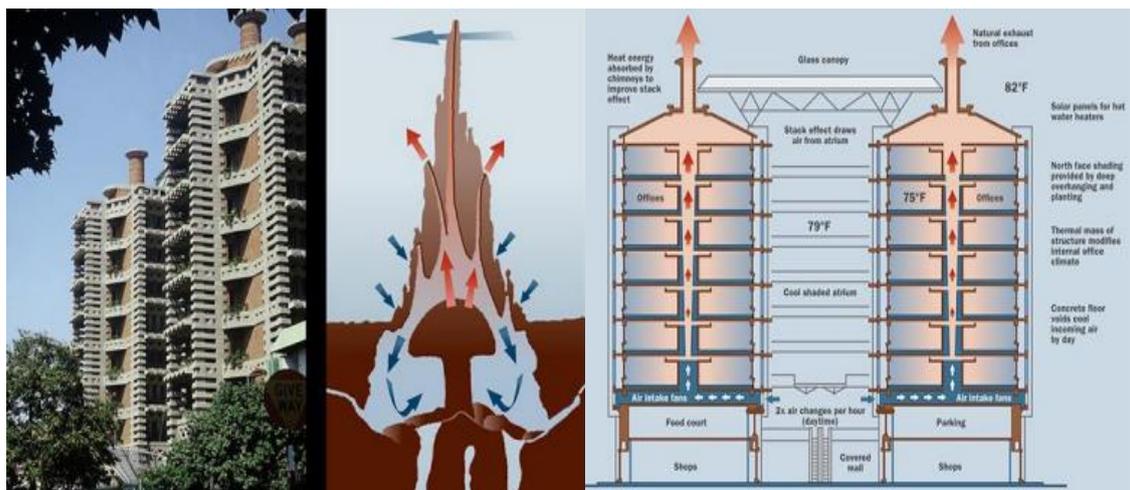


Figure 41: L'Eastgate Building et le système de ventilation des termitières



Figure 42: Le Swiss Re Headquarter inspiré par la Corbeille de fleurs de Vénus.

### 2.3 Le niveau écosystémique

Ce troisième niveau du biomimétisme enseigne que les principes du « vivant » peuvent être des règles de conception pour l'architecture (recours aux énergies gratuites, utilisation des rétroactions, circuits en boucle, recyclage ; promotion de la coopération ; absence de toxicité rémanente ou non biodégradable...). L'architecture n'est plus comprise comme un élément statique mais dynamique, le bâtiment devient facilitateur dans les relations avec son environnement. Pour cette approche, plutôt que de parler biomimétisme, le terme d'écomimétisme paraîtrait plus adapté tant il s'agit de dépasser la logique d'un organisme vivant particulier pour s'inspirer des propriétés essentielles d'un ou plusieurs systèmes écologiques pour résoudre des problèmes humains.

Quel que soit le niveau de mise en œuvre du biomimétisme, il existe des stratégies fréquemment observées dans la nature et qui sont à la base de la persistance des écosystèmes.

Ces stratégies sont à considérer lors de l'application de la démarche biomimétique dans un processus de conception architecturale.

### 3. La métaphore comme processus de conception biomimétique

La métaphore s'agit-il de niveau formel, fonctionnel ou écosystémique. Elle consiste à rechercher les relations qui existent entre les deux mondes, architectoniques, et le vivant que ce soit végétale ou animale.

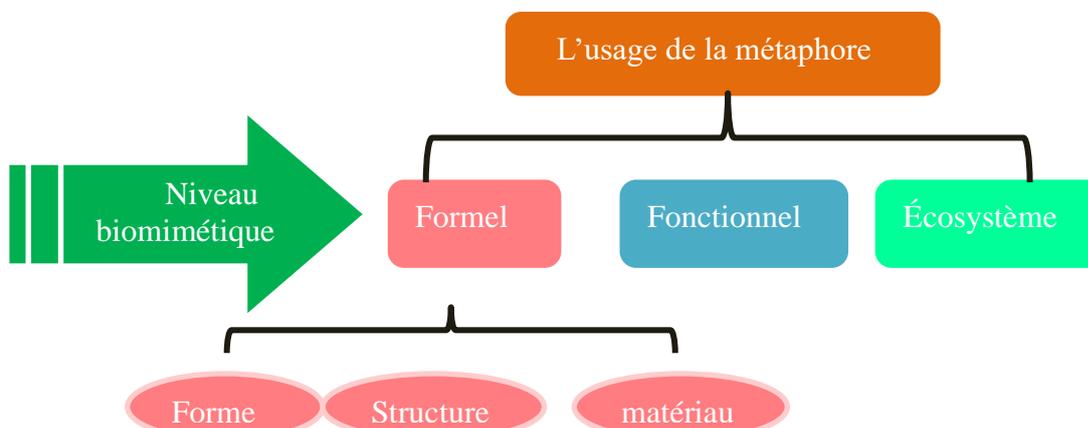


Figure43 : La métaphore comme processus de conception biomimétique

#### 3.1 Le niveau formel

L'usage de la métaphore peut se révéler une source intarissable de créativité. Elle peut être employée à différents stades de processus de la conception biomimétique, inspirée de la nature, et doit être intangible. (difficilement détectable).

##### 3.1.1 La forme

L'adaptation des formes aux exigences fonctionnelles et environnementales.



Figure44: musée des juifs

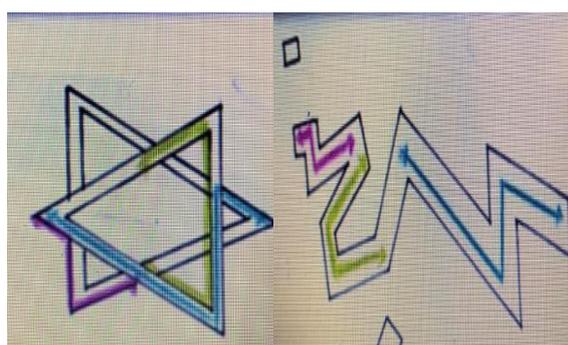


Figure45: l'idée conceptuelle

L'utilisation d'une métaphore formelle, qui incarne la torture et les cassures du peuple juif.

##### 3.1.2 La structure

Une métaphore structurel, en cherchant la structure sous-jacente et en la transformant géométriquement d'arriver à des configurations intéressantes.

Le Buga Wood Pavillon, à Heilbronn: une structure inspirée d'un squelette d'oursin. Il est l'un des plus fameux emblèmes d'architecture inspirée du vivant.



**Figure46:** Le Buga Wood Pavillon, à Heilbronn



**Figure47:** source d'inspiration

### 3.1.3 Le matériau

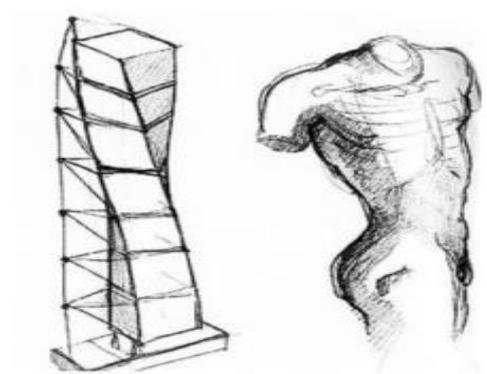
La métaphore suivre le même chemin de l'analogie dans le champ d'étude des matériaux, qui connaît aujourd'hui le plus grand intérêt des scientifique. La production des matériaux aux textures, couleurs et propriétés étonnantes, inspiré de la nature pour l'utilisation à notre échelle.

### 3.2 Le niveau fonctionnel

Des meilleurs résultats dans ce niveau, la métaphore ici suit le principe connue : moins une métaphore est facilement détectable, plus elle gagne en valeur artistique et esthétique.



**Figure48:** source d'inspirationTurning Torso



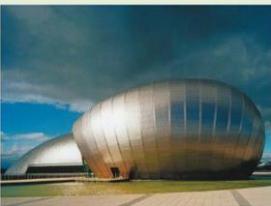
**Figure49:** Turning Torso, Calatrava, Malmö (Suede)

Un immeuble s'inspire de la colonne vertébrale. Le mouvement humain est exprimé par une suite de cubes formant une spirale encerclant le noyau structurel.

### 3.3 Le niveau écosystème

A ce niveau-là, on remarque une certaine ressemblance entre l'analogie et la métaphore, l'architecture n'est plus comprise comme un élément statique mais dynamique, le bâtiment devient facilitateur dans les relations avec son environnement.

#### 4. Tableau récapitulatif des exemples architecturaux biomimétiques

Projet	Architecte	Source d'inspiration	Analogie			La métaphore		
			Forme	fonction	Ecosystème	Forme	fonction	Ecosystème
 <p>Musée des sciences de Glasgow, Grande Bretagne</p>	Building Design Partnership	Escargot	X					
 <p>Auditorium de Tenerife, Espagne</p>	Santiago Calatrava	un bec ouvert d'oiseau	X					
 <p>Le Temple du Lotus à Delhi</p>	Fariborz Sahba	La fleur de lotus	X					
 <p>centre d'exposition et de conférence d'Ecosse, Grande Bretagne</p>	Norman Foster	Carapace de tatou	X	X				

 <p>centre des expositions Fiera Milano à Mila</p>	<p>Massimilian o Fuksas</p>	<p>Toile d'araignée</p>	<p>X</p>	<p>X</p>				
 <p>Swiss Re Headquarter</p>	<p>Normen Foster</p>	<p>la Corbeille de fleurs de Vénus</p>	<p>X</p>	<p>X</p>				
 <p>l'Eastgate Building au Zimbabwe</p>	<p>Mick Pearce</p>	<p>fonctionne ment des termitières</p>		<p>X</p>				
 <p>Stade National de Pékin</p>	<p>Herzog &amp; de Meuron</p>	<p>Le nid D'oiseau</p>	<p>X</p>	<p>X</p>				
 <p>Gare Routière Régionale de Casar de Caceres, Espagne</p>	<p>Justo Garcia Rubio</p>	<p>coquillage</p>	<p>X</p>	<p>X</p>				
 <p>Galerie Hall West à Séoul en Corée</p>	<p>UN Studio</p>	<p>façade inspire des écailles</p>		<p>X</p>				

 <p><b>Turning Torso, Malmö (Suède)</b></p>	Calatrava	la colonne vertébrale				X		
 <p><b>Muse des juifs</b></p>	Daniel Libeskind	Inspiré de				X		
 <p><b>Le Buga Wood Pavilion, à Heilbronn</b></p>		Inspiré du squelette d'oursin				X	X	

**Tableau2** : Tableau récapitulatif des projets architectural biomimétique

## Conclusion

La nature est un laboratoire immense de stratégies performantes et de procédés adaptés aux perturbations. La conception biomimétique suit le concept analogie ou métaphore consiste à identifier, comprendre et imiter ce qu'elle fait de mieux pour concevoir des produits, des procédés, ou des systèmes innovants. Cette démarche vise à produire des biens et des services de manière durable, et à rendre les sociétés humaines compatibles avec la biosphère.

**CHAPITRE 3:**  
**ETUDE DES EXEMPLES BIOMIMETIQUE**

## CHAPITRE 3 : ETUDE DES EXEMPLES BIOMIMETIQUE

### Introduction

La nature nous fournit de nombreux échantillons où à chaque fois nous choisissons les solutions les plus favorables. Le concept de biomimétisme a été introduit par Otto H. Schmitt en 1969, en tant qu'une «*approche scientifique qui étudie les systèmes, les processus et les modèles dans la nature, et les imite pour résoudre des problèmes* ».

Le biomimétique n'est pas une simple imitation de la nature qu'elle soit esthétique ou fonctionnelle ; il est un concept qui implique la compréhension des structures et processus biologiques et leur application et méthode de fonctionnement. On parle alors de « construction biomimétique », qui traite des problèmes existants, en apportant des solutions qui se trouvent dans la nature. Dans ce chapitre nous allons étudier des différents exemples de la conception architecturale biomimétique.

**Exemple 1 : Le Centre international de recherche sur le cancer CIRC**



**Figure 50** : CIRC de Lyon

### 1.1 L'idée du projet

Le principe est simple et s'inspire du monde végétal. Pour se protéger de la surchauffe due à l'ensoleillement, l'idée est de concevoir une façade qui réagit comme un organisme vivant, c'est-à-dire de manière autonome, grâce à ses seules propriétés physiques et à l'interaction avec son environnement. Le concept du projet est né de l'observation des mécanismes qui s'opèrent dans le monde végétal au niveau des stomates, les orifices présents dans l'épiderme des végétaux. Le stomate s'ouvre pour les échanges gazeux entre la plante et l'air ambiant quand celle-ci en a besoin et se ferme lorsque l'apport est suffisant. L'idée est de reproduire ce phénomène automatique à l'échelle de l'architecture. Intervient à ce moment la notion de technologie, au travers de l'étude sur la bilame, soit deux lames d'alliages différents, souples, soudées l'une contre l'autre par laminage à froid. Le coefficient de dilatation des deux métaux étant différent,

l'objet se déforme avec les variations de température, et retrouve systématiquement sa forme d'origine. Cette propriété mécanique – la déflexion – étant inhérente à sa constitution physique, le processus est illimité dans le temps. De là naît l'idée de concevoir une façade composée de brise-soleil à mémoire de forme qui s'activent sous la seule impulsion de la chaleur due à l'ensoleillement, sans aucune action humaine ni motorisée. La géométrie de ses composants

fait directement écho à un autre phénomène biologique qui s'opère sur certaines fleurs, la nyctinastie, fermeture des pétales qui résulte d'une réaction vis-à-vis d'une stimulation extérieure, la baisse de luminosité et de température. Le brise-soleil est, de la même manière, naturellement fermée pour permettre les échanges lumineux entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment, et s'ouvre automatiquement lorsque la chaleur monte pour le protéger des apports calorifiques et de la surchauffe une façade qui change d'aspect de manière autonome, tel un organisme vivant. La technologie au service de l'efficacité énergétique se mue alors en métaphore poétique dans l'espace public..(Blanco et al., 2020)

## 1.2 Présentation du projet

**Situation** : biodistrict de Garland, Lyon, France

**Statut du projet** : En construction

**Type** : Centre de recherche

**Date de livraison** : 2022

**Surface totale du projet** : 17442m<sup>2</sup>

**Cout final du projet** : 32,9M d'euros

**Architects**: Art and build architects/unanime architects

**Mandations Entreprise général**: demathieu bard

**BET structure et fluides** : WSP France

**BET environnement** : inddingo

**Certifications** : visée certification WELL Silve



Figure 51 : CIRC de Lyon



Figure 52 : entrée du CIRC

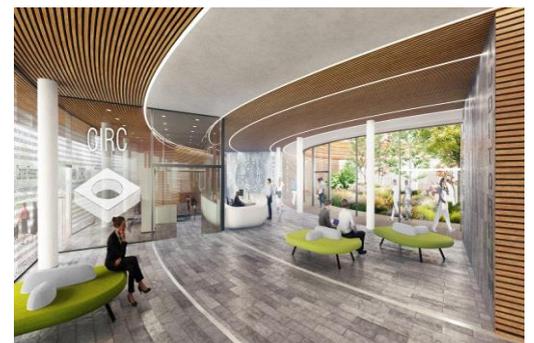


Figure 53 : CIRC de Lyon



Figure 54 : salle d'exposition



Figure55 : espace en double hauteur

Le centre international de recherche sur le cancer est une agence de recherche coordonnée par l'Organisation mondiale de la santé. Cet investissement important s'explique notamment par une forte ambition d'allier design et fonctionnalité, mais aussi sécurité, du fait de son caractère

Onusien. L'arrivée de l'OMS à Lyon viendra donner au CIRC son caractère international de par ses milliers de chercheurs venus du monde entier.

Le nouveau bâtiment a été pensé pour s'insérer dans le contexte urbain du bio-district de Garland. Grâce notamment à une conception bio-inspirée, il se démarque par sa performance énergétique exceptionnelle, sa programmation dans le court, moyen et long terme, ainsi que par sa prouesse technique avec l'intégration des innovations biomimétiques. Ce projet créera non seulement une nouvelle référence environnementale, il renforcera et régènera également le tissu urbain et économique de ce quartier central au cœur de Lyon. (Blanco et al., 2020)

### 1.3 Analyse du projet

Une architecture de forme simple géométrique, L'architecture incorpore la biodiversité au cœur du patio et se différencie par sa conception bioclimatique, et ses façades biomimétique. Deux techniques innovantes sont déployées, pour fournir une protection solaire passive au bâtiment, à la fois activée et entraînée uniquement par l'énergie solaire, et assurer le confort thermique du bâtiment.



Figure 56 : vue en haut de circ

**Une analogie bien claire sur la façade intérieure ;** par l'utilisation des matériaux à mémoire de forme inspirés de la forme des pétales de fleurs (approche formelle), et leur fonctions qui s'ouvrent et se ferment sous l'action de l'ensoleillement (approche fonctionnelle) (**façade pho'liage**).



Figure 57: vue sur le patio



Figure 58 : model inséré sur la façade



Figure 59 : pétale de fleur en métal

**Une analogie formelle sur la façade extérieure** : l'utilisation des lames en verre thermo chromique crée une couche protectrice, cette technologie s'inspire des peaux de certaines espèces qui se teignent pour se protéger des irradiations solaires lorsqu'elles deviennent trop intenses. ce dispositif change de couleur en fonction de la température de l'environnement. (Blanco et al., 2020)



Figure60 : façade extérieur

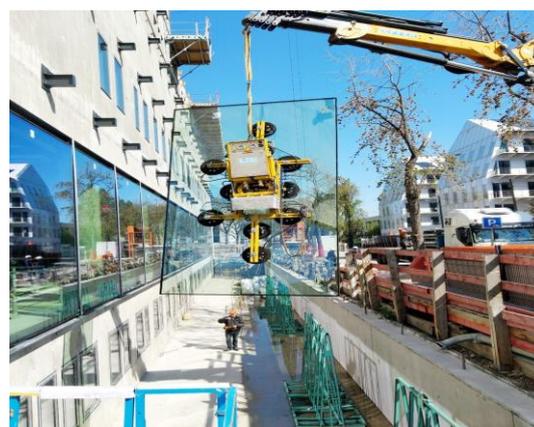


Figure61: la pose des 1 500 m² de façades vitrées et de murs rideaux

Les deux techniques sont autonomes et indépendants, s'inspire de l'intelligence e des stratégies du vivant, activées uniquement par l'énergie du soleil, réduisant la consommation D'énergie et les couts d'entretien, améliorant ainsi le bien-être des usagers, ainsi que les habitants du quartier .

Façade pho'liage : est composée d'un vitrage devant ce vitrage est positionné le système de brise soleil.(Edition, 2017)

### 1.4 La démarche biomimétique



Figure 62: trifolium

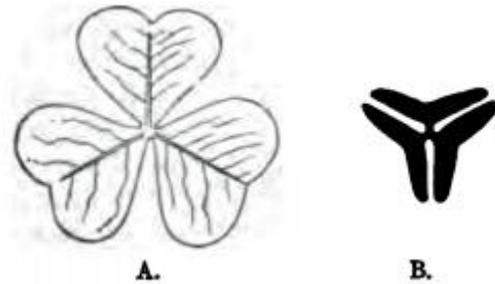


Figure 63: diagramme de trifolium

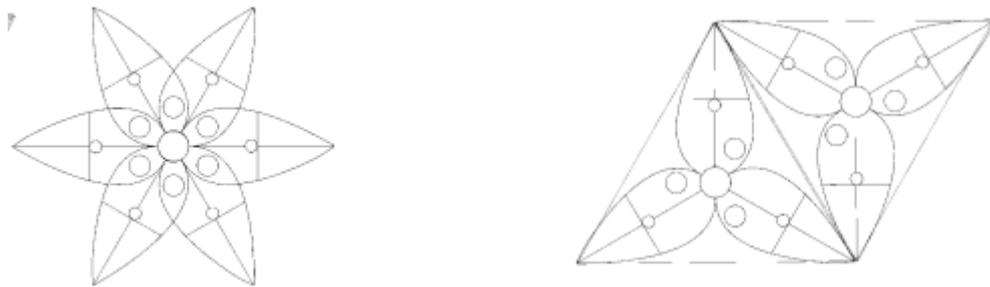


Figure 64: prototype perforé

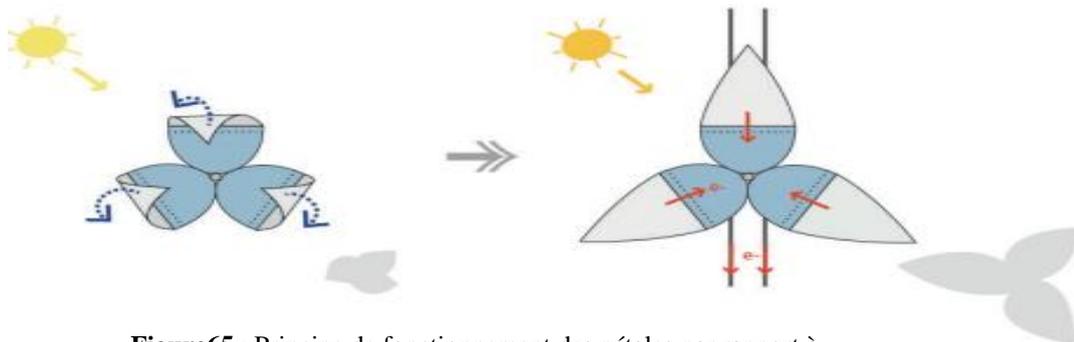
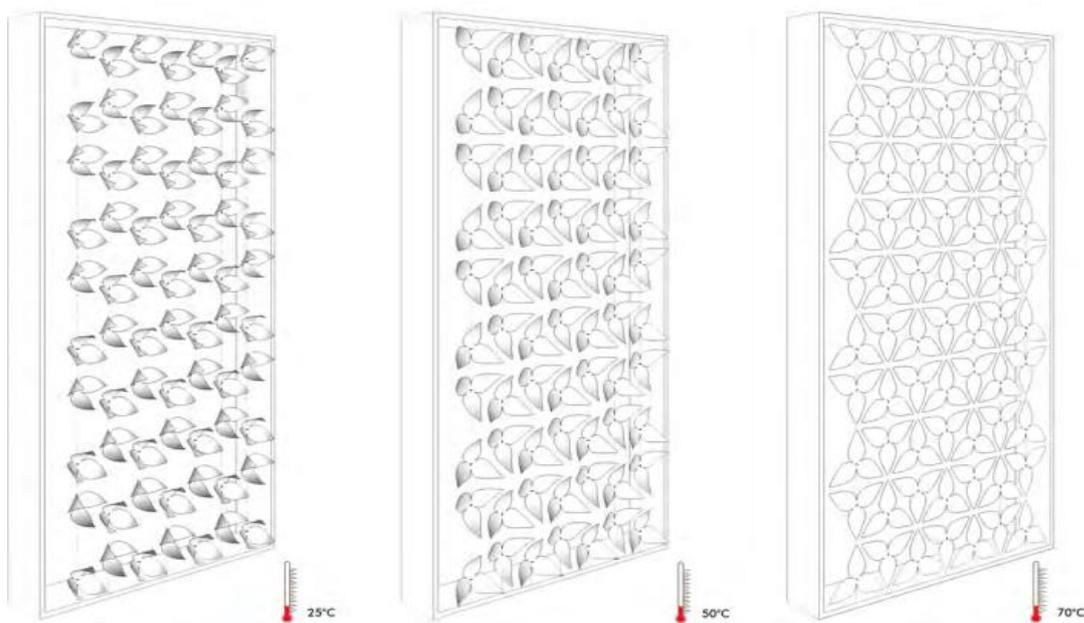


Figure65 : Principe de fonctionnement des pétales par rapport à Température de l'extérieur



**Figure 66** : prototype non perforé. Changement de forme en fonction des variations de température

Nouveau CIRC met en œuvre des solutions innovantes, issues de plusieurs années de recherche et développement. La fabrication des phototypes, les essais sur la performance des matériaux et les études de conformité face aux contraintes normatives confèrent un caractère expérimental au bâtiment. Le monitoring de la vie du bâtiment sera capital pour les futures applications des solutions choisies.

La solution technologique à mémoire de forme est issue d'un projet de recherche mené par Art&Build. La réflexion initiale est basée sur le développement de brises soleil fixes qui se déforment de manière passive. Le projet démarre par l'identification de formes simples, puis explore différentes formes et tailles qui prennent en compte la force du vent et les déformations possibles. Le projet vise à optimiser la cinétique et la durée de vie du système. Pour ce faire, ABlab, le groupe de travail créé par Art&Build autour de ce projet de recherche, a réalisé de nombreux prototypes avant de proposer le système « Pho'liage » intégré au CIRC.(Jarjat et al.)

### 1.5 Conclusion

Une conception au cœur des solutions biomimétique : des façades bio-inspirées intelligentes avec plusieurs prototypes et tests avant son intégration dans le projet, représente une solution qui répond aux problèmes de réchauffement des bâtiments et leur consommation énergétique ainsi que leur adaptation avec son l'environnement.

<b>processus de conception</b>	<b>Analogie</b>
<b>Approche biomimétique</b>	axée sur les problèmes
<b>niveau d'inspiration</b>	Forme et fonction
<b>types de modèles inspirants</b>	plante: trifolium
<b>performance ciblées</b>	confort thermique et le confort visuel
<b>échelle d'intégration</b>	système façade/toit/ sol
<b>contrainte</b>	intégration du système au projet

**Tableau3:** tableau de démarche biomimétique du CIRC

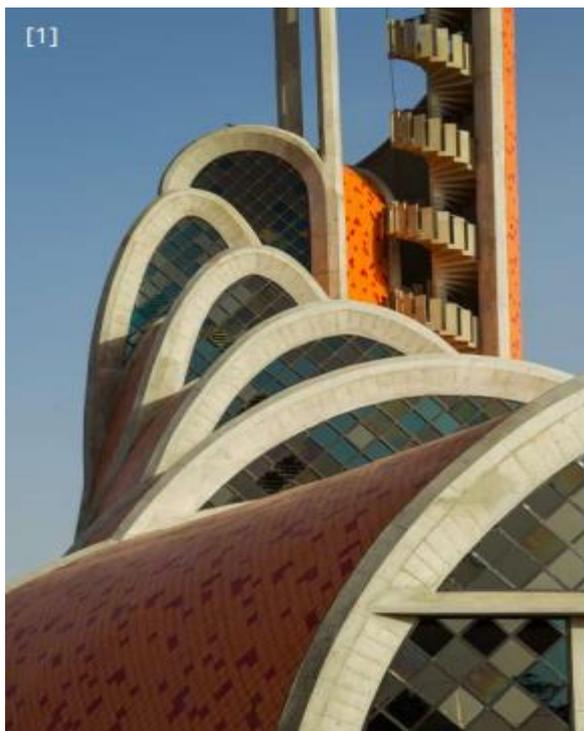
**Exemple2 : L'église de l'épiphanie**



**Figure 67 : 3D de l'église**

## 2.1 Présentation du projet

Le cahier des charges défini par la maîtrise d'ouvrage dans le cadre de ce concours privé lancé en 2010 demandait à la maîtrise d'œuvre la réalisation d'une église d'environ 1000 places sur la parcelle mitoyenne du presbytère de Nianing. Cela tient donc compte de la création d'une nef avec cœur, d'une sacristie, de toilettes a accessible et d'une esplanade extérieure permettant d'accueillir 500 personnes supplémentaires. C'est en 2014 que la première pierre de cette église a été posée pour une livraison en 2019.(No23296, 2019)



Situation : Nianing, Sénégal

Statut du projet : construit

Type : lieu de culte

Date de conception : 2014

Surface totale du projet : 457m<sup>2</sup>

Cout final du projet : 1059799 d'euros

Architectes: Nicolas Vernoux (in situ architecture)

BET structure : ETECS

BET acoustique impedance

Entreprise TCE : EIFFAGE

Relai de maîtrise d'œuvre locale : GA2D

**Figure68** : l'église de l'Epiphanie

Ce projet se situe à Nianing à une centaine de kilomètres au sud de Dakar sur la « cote aux coquillages ». À cette forme a été ensuite architecturées en fonction des contraintes constructives du programme et selon une orientation bioclimatique optimale. Orienté vers l'est et élané ver le ciel, l'édifice se referme au nord et au sud pour se protéger du soleil et du vent du désert de le harmattan. L'édifice s'ouvre à l'ouest pour capter la fraîcheur des alizés par un jeu de volume décomposé en sept voutes avec un clocher qui culmine à 45 mètres et qui joue le rôle à la fois de Signal et de cheminée de ventilation. Afin de mettre en place une ventilation passive naturelle, le projet s'inspire du fonctionnement de la termitière africaine qui est un modèle extrêmement efficace de régulation thermique. Le clocher est conçu comme une « cheminée de ventilation » qui assure un tirage thermique naturel et régulier tout au long de la journée et assure à l'édifice une fraîcheur constante.(Blanco et al., 2020)



**Figure69** : vue en haut



**Figure 70**: façade principale



**Figure71** : intérieur de l'église



**Figure 72** : cloche de 45m

## 2.2 Analyse du projet

L'édifice est fondé sur micropieux avec des longrines et une dalle portée. La superstructure est en béton armé hydrofugé. Les arches sont coffrées par panneaux de contreplaqué de 2000mm alors que les voutes sont coffrées par voliges horizontales de 150mm. Les baies et menuiseries extérieures sont en acier finition peinture noire. Les carreaux de verres se déclinent selon trois couleurs : le bleu clair, le bleu foncé et l'incolore. Les carreaux qui recouvrent l'extérieur des voutes sont émaillés et se déclinent selon deux couleurs : l'orange et le rouge. Enfin les sols sont en ciment coquillé approvisionné localement sur la plage de Nianing. À l'instar des costumes des Cérémonies, l'édifice se drape à l'extérieur d'un « boubou » aux couleurs vives qui fait écho aux couleurs dominantes de la terre et du paysage : le rouge et l'orange. A l'intérieur les couleurs s'effacent complètement pour favoriser le recueillement.(Blanco et al., 2020)

## 2.3 La démarche biomimétique

Située dans une zone tropicale sèche, a été conçue afin d'assurer le confort thermique du bâtiment à ses usagers. L'un des enjeux majeurs de ce projet était de trouver un moyen de rafraichir en permanence l'édifice, de façon passive, sans recours à aucun système mécanique.



Figure 73 : trémère africaine

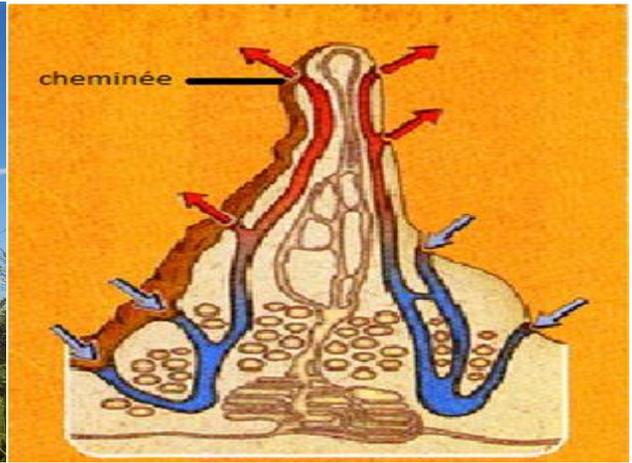


Figure 74 : l'auto régulation de la termitière

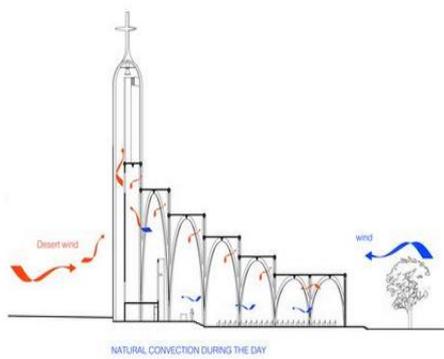


Figure 75 : le flux de vent le jour

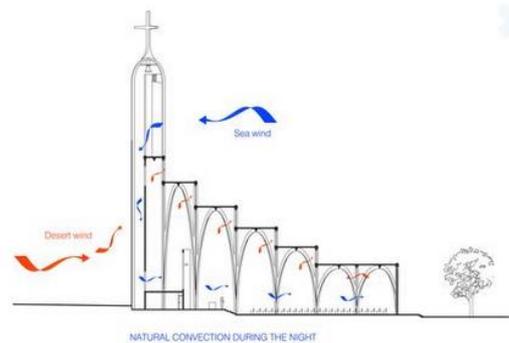


Figure 76: le flux de vent la nuit

**Une analogie formelle montrée sur le volume:** La présence à proximité du site, de termitières de forme très verticale a interrogé les architectes qui ont alors essayé de comprendre le fonctionnement de ce modèle biologique.

**Une analogie fonctionnelle :** Le projet s'inspire du fonctionnement de la termitière africaine. Le clocher est conçu comme « un cheminée de ventilation » qui assure un tirage thermique naturel et régulier tout au long de la journée **orientée vers l'est et élané ver le ciel** .Au final c'est la combinaison entre le modèle de fonctionnement de la termitière et les caractéristiques géoclimatiques du site qui permet à création d'une sur ventilation par effet ascendant qui rafraîchit l'édifice.(Blanco et al., 2020)

## 2.4 Conclusion

Une démarche biomimétique assai intéressante fournit un moyen de ventilation naturel de façon passive inspirée de fonctionnement de la termitière, sans recours à aucun système mécanique.

<b>processus de conception</b>	<b>Analogie</b>
<b>Approche biomimétique</b>	axée sur les problèmes
<b>niveau d'inspiration</b>	Forme et fonction
<b>types de modèles inspirants</b>	animale: termitière
<b>performance ciblées</b>	confort thermique confort de l'air intérieur adaptation au climat
<b>échelle d'intégration</b>	bâtiment
<b>contrainte</b>	utilisation d'outils biomimétique problème technique

**Tableau 4** : tableau démarche biomimétique de l'église

**Exemple3 : L'institut du monde arabe**



**Figure 77** : l'institut du monde arabe

### 3.1 Présentation du projet

L'un des conceptions biomimétiques, qui inspire du vivant d'une façon très intelligente, quand on regarde le bâtiment on a l'impression que c'est lui qui nous regarde, ainsi une inspiration du monde islamique, des Moucharabiehs photosensibles, qui caractériser sa façade et qui donne de l'importance au projet. « *Une architecture intelligente et caractérisée, marquée comme un signe révélateur des savoir-faire et des préoccupations esthétique et pratique* ». Jean Nouvel

L'institut du monde arabe : institut culturel parisien dédié au monde arabe, une conception architecturale moderne du dialogue entre la culture occidentale et le monde arabe ; « *le bâtiment et le symbole enferment une idée majeure. L'idée est celle, au meilleur sens de terme, d'une vitrine du monde arabe, l'institut démontrer comment une longue tradition se réalise aujourd'hui, comment les permanences de langue, de civilisation et de culture prennent les airs et les habits de notre temps* ». André Miquel



Figure 78 : IMA

Architecte : Jean Nouvel et architecte studio  
Bureau d'étude :  
Date d'achèvement : 1987  
Programme : musée, bibliothèque, auditorium  
Cout de construction : 341 millions de francs  
Superficie : 26900 m<sup>2</sup>  
Longueur : 77m  
Largeur : 35m  
Hauteur : 32m

En plein cœur de Paris, face à l'île Saint Louis, l'Institut du Monde arabe entretient un rapport dialectique à plusieurs aspects contextuels entre le vieux Paris et l'exemple remarquable d'architecture moderne de la Faculté de Jussieu. À l'extrémité est du Boulevard Saint-

Germain, l'institut suture un tissu urbain mixte et trône sur les rives de la Seine. Le projet a pour ambition de représenter la culture arabe sur le territoire français et d'offrir une interprétation symbolique de l'histoire entre ces deux civilisations. Conçu comme un lieu d'expositions dédié à l'art et la civilisation arabes, il regroupe un musée, des salles d'exposition, une médiathèque et un auditorium de 350 places. (Natasha Chayaamor-Heil et al., 2018, arabe)

L'Institut du Monde arabe s'inscrit dans un contexte hybride et sert de transition entre un tissu historique et un urbanisme plus moderne. Son architecture iconique, de verre et d'acier, en a fait l'un des bâtiments les plus célèbres du monde grâce à une interprétation contemporaine et technologique du moucharabieh traditionnel.

### 3.2 Analyse du projet

L'Institut du Monde arabe participe à l'activation du quartier en absorbant deux morphologies urbaines opposées, entre continuité d'un tissu historique et discontinuité d'un urbanisme plus récent. Le bâtiment se découpe en deux volumes regroupant respectivement les activités du musée et de la bibliothèque. Épousant la forme du quai Saint-Bernard au Nord, le bâtiment du musée est orienté vers le centre de Paris et s'érige comme une vitrine sur la ville exposant les objets à travers une façade entièrement vitrée. Au Sud, l'entité de la bibliothèque s'aligne aux gabarits des masses bâties voisines et libère une grande place orthogonale transformée en parvis. La célèbre façade qui domine l'esplanade est une interprétation contemporaine et technologique du traditionnel moucharabieh. Des panneaux en aluminium aux motifs géométriques arabesques sont équipés de diaphragmes dont l'ouverture graduelle, actionnée par des cellules photoélectriques, dépend de la luminosité extérieure. Cet écran mécanique et hybride s'étend sur toute la hauteur du bâtiment comme un quadrillage de verre et d'acier dont la finesse de chaque élément renvoie à l'esthétique du moucharabieh. La toiture, accessible, offre un panorama exceptionnel sur la ville et le fleuve. L'architecture du bâtiment associe ouverture et intimité, rigueur des analyses formelles et diversité des façades. Elle fait jouer, au-dedans comme au-dehors, la luminosité des matériaux dans la monochromie des gris. (arabe)

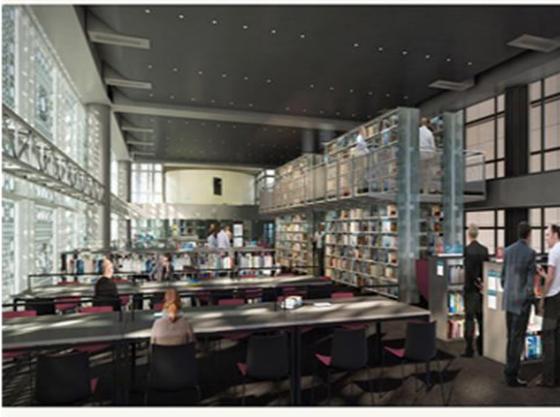


Figure 79 : bibliothèque



Figure 80 : bibliothèque

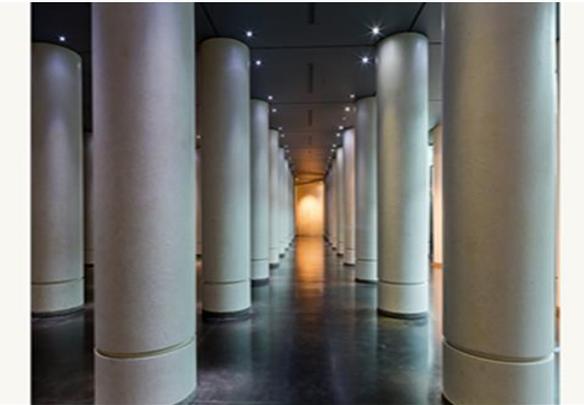


Figure81 : salle hypostyle



Figure 82 : fumeur

### 3.3 La démarche biomimétique

**une métaphore** utilisée dans la technique d'enveloppe adaptative, inspirée de l'adaptation de la pupille de l'œil humain à la lumière.

**Une approche fonctionnelle** sur La façade qui fonctionne comme un système interactif en boucle fermée, des capteurs sont répartis le long de la façade pour recueillir des données sur le niveau de rayonnement. Des petits moteurs fonctionnent pour contrôler le niveau d'ouverture des volets et par conséquent, la lumière autorisée à pénétrer dans l'espace.

Au niveau de l'exploitation, ce système de façade développée s'est avéré inefficace en raison de problèmes mécaniques. De nombreuses pièces du système mécanique étaient cassées et leur Maintenance et remplacement n'est pas facile. Par conséquent, ce délicat système d'inspiration ne fonctionne plus. (arabe, 2001)

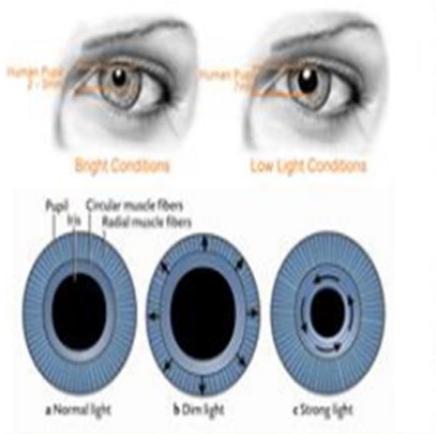


Figure 83 : source d'inspiration

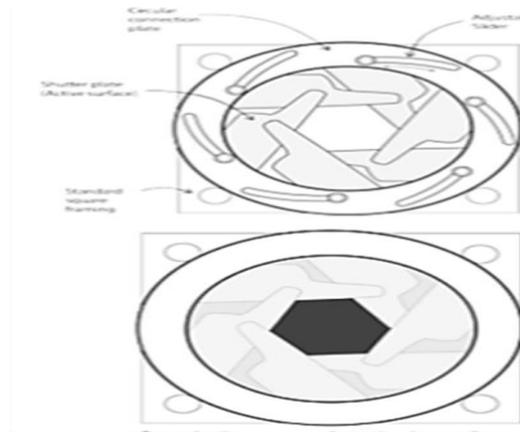


Figure 84 : motif de moucharabieh



Figure85: motif moucharabieh



Figure86: façade sud

La façade sud est constituée d'une grille de 240 unités carrées de 24\*10 volets photosensibles circulaires centraux fonctionnant comme un Moucharabieh qui contrôle la pénétration du rayonnement solaire.

### 3.4 Conclusion

L'exemple présenté dans ce document met en évidence la relation entre les domaines architecturaux et les domaines techniques/technologiques pour aboutir à des habillages interactifs des bâtiments. Un habillage de façades donne référence à la civilisation du monde arabe avec une touche contemporaine, basée sur un principe intelligent qui donne de l'importance au projet.

processus de conception	Métaphore
<b>Approche biomimétique</b>	axée sur les problèmes
<b>niveau d'inspiration</b>	Forme et fonction
<b>types de modèles inspirants</b>	pupille de l'œil humain
<b>performance ciblée</b>	confort visuel
<b>échelle d'intégration</b>	système façade
<b>contrainte</b>	problème technique

**Tableau 5** : tableau démarche biomimétique de l'IMA

## Conclusion

La conception biomimétique est une tendance multidisciplinaire révolutionnaire en architecture. Elle a modifié la conception d'un bâtiment pour la production un être interactif vivant qui ouvre des nouvelles innovations et les créativité des architectes.

Ces exemples montrent un cadre de travail pour l'architecture réactive basée sur le biomimétisme. Ils représentent une vision globale pour corréliser l'énoncé du problème de conception, les défis de la peau du bâtiment, l'exécution technique et enfin l'évolution.

Cela montre également que, pour la même inspiration naturelle, des expressions architecturales illimitées peuvent être atteintes. S'inspirer du vivant dans l'architecture, c'est :

- \* Imiter les formes structurelles pour abriter en toute légèreté
- \* Exploiter les fonctions naturelles pour un habitat plus frugal
- \* Recréer les équilibres naturels au sein d'écosystèmes urbains
- \* S'inspirer des processus biologiques pour une nouvelle espèce urbaine

**CHAPITRE 4**  
**INTEGRATION DU BIOMIMÉTISME DANS**  
**LE PROCESSUS DE CONCEPTION**  
**ARCHITECTURALE**

*« Le principe du biomimétisme est d'étudier les œuvre de la nature (photosynthèse, auto assemblage, sélection naturelle, écosystème, constitution et fonctionnement des yeux et des oreilles, de la peau et tes carapaces, communication neuronale, remède naturel, etc....) puis de reproduire ces schémas et procédés de fabrication pour résoudre un certain nombre de problèmes quotidiens..... »*  
Janine Benyus

## CHAPITRE 4 : INTEGRATION DU BIOMIMETISME DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION ARCHITECTURAL

### Introduction

L'objectif d'opter pour le concept « Biomimétisme » est de nous faire comprendre qu'au lieu d'essayer de dompter la nature à notre guise, de vouloir à tout prix la dominer, nous devrions adopter une attitude plus humble, grâce à une observation et une étude constructive des éléments naturels. En effet, certains organismes vivants misent sur des systèmes et des techniques très développés, remarquablement ingénieux, conservés par la sélection naturelle.

Ce chapitre trace un essai de démarche d'un processus de conception biomimétique, nous espérons apporter un appui aux concepteurs intéressés par le biomimétisme dans le domaine de la conception architecturale à travers ce modeste travail.

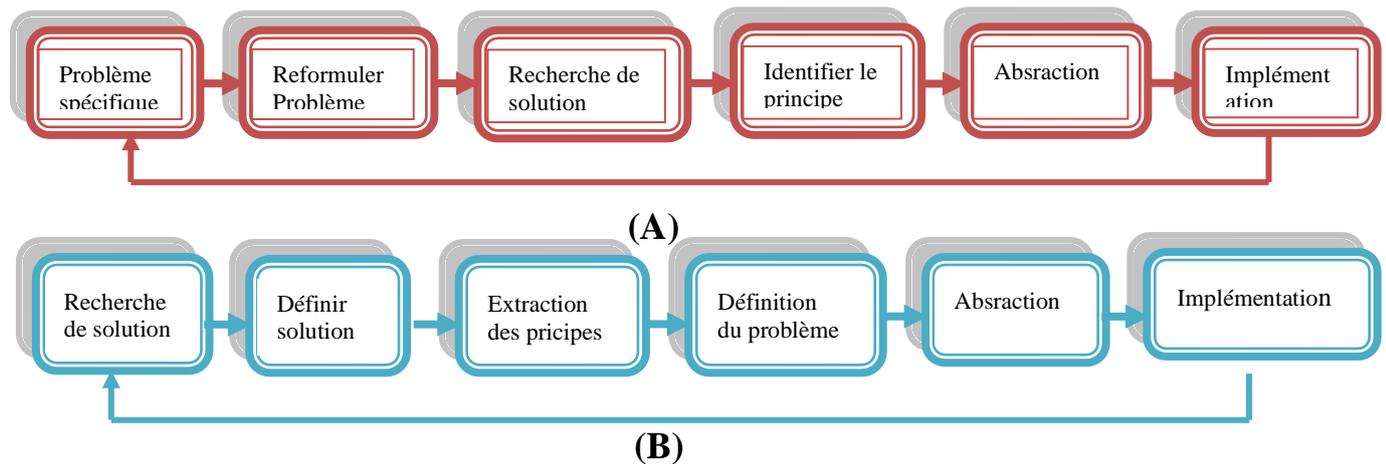
### 1. Proposition d'une démarche pour une intégration du biomimétisme dans la conception architecturale

L'approche du biomimétisme appliquée à l'architecture représente un changement de paradigme dans la manière de concevoir les édifices. En effet, le biomimétisme peut conduire à des innovations afin de concevoir un environnement bâti soutenable à différents niveaux, que ce soit une maison, un bâtiment, un quartier ou une ville durable (Natasha Chayaamor-Heil et al., 2018). À cet égard, les principes et stratégies rencontrés dans les écosystèmes naturels sont transférés aux projets d'architecture en vue de concevoir des projets en harmonie avec le fonctionnement de la nature, en ce qui concerne leurs matériaux, leurs formes et leur fonctionnement. Janine invite les architectes à explorer la richesse de la nature en vue de changer leur paradigme de conception, non seulement pour améliorer la fonctionnalité et les valeurs esthétiques des projets, mais aussi pour interpréter des stratégies et des méthodologies durables par intégration de la nature (Anneline et al., 2018).

### 2. Le processus de conception biomimétique

Si nous considérons le processus de conception biomimétique dans son ensemble, de l'idée initiale au produit final, deux démarches ont été identifiées. La première part d'un besoin humain ou d'un problème de conception puis examine les façons dont des organismes ou écosystèmes présents dans la nature résolvent ce problème. Il s'agit d'une démarche orientée **problème (Top-down ou design looking to biology)**. Cette approche est effectivement menée par des concepteurs qui, après avoir identifié les objectifs initiaux et les paramètres de la conception, cherchent des solutions dans le monde végétal ou animal figure (A) .

La seconde démarche consiste à identifier une caractéristique particulière, un comportement ou une fonction dans un organisme ou un écosystème, puis à rechercher à quel problème de conception cela pourrait répondre. Il s'agit d'une démarche orientée **solution (Bottom-up ou biology influencing design)**. Cette démarche est celle où les connaissances en biologie influencent la conception humaine. Elle est menée par des personnes ayant une connaissance scientifique de la nature et qui recherchent des applications possibles pertinentes pour la conception figure (B).



**Figure87:** Séquences de processus dans la recherche biomimétique. (A) Processus orienté problème, (B) Processus orienté solution

### 3. La démarche biomimétique/ analogie orientée problème (Top-down)

Cette démarche biomimétique est conceptualisée dans les étapes suivantes :

1. Analyse du contexte
2. Identification claire du problème. Le concepteur devra aborder le problème à résoudre sous des angles différents et préciser le niveau du problème (forme, matériau, structure, fonction, écosystème)
3. analyse des systèmes biologiques : observation et découverte des stratégies mises en œuvre par les organismes vivants pour résoudre le problème, dans cette étape, les spécialistes recommandent notamment de s'entourer de biologistes afin que les équipes de conception deviennent multidisciplinaires. Les bases de données comme **AskNature**, élaborée et mise à jour par le **Biomimicry Institute**, (Biomimicry Institut, 2016), constituent également un bon point de départ à la conception bio-inspirées. C'est un catalogue en ligne librement accessible, décrivent les solutions techniques et les organismes vivants l'ayant inspirée. Elles sont un outil intéressant pour identifier les stratégies de la nature et permettent de faire le lien entre la biologie et différents domaines d'innovation.

4. La recherche d'une analogie dans le monde du vivant : selon les approches biomimétique : **approche formelle**, **approche fonctionnelle** et **approche écosystémique**

On va transposer la problématique dans le domaine du vivant et identifier les modèles biologiques pertinents

5. abstraction de ces systèmes en un modèle : il s'agit de traduire, "par un effort d'abstraction, les modèles biologiques analysés en concepts soit par **analogie** ou par **métaphore**. (l'imagination et créativité)

Cette étape vise la compréhension du fonctionnement des stratégies biologiques et le transfert de ces concepts à travers l'analogie ou la métaphore. Il s'agit d'une étape exploratoire où les stratégies naturelles seront analysées dans le but de trouver des concepts préliminaires qui seront utilisés dans la conception.

6. L'étape suivante consiste à s'approprier la solution en mettant les principes en application, en simulant ou testant les stratégies en répondant à un besoin défini.

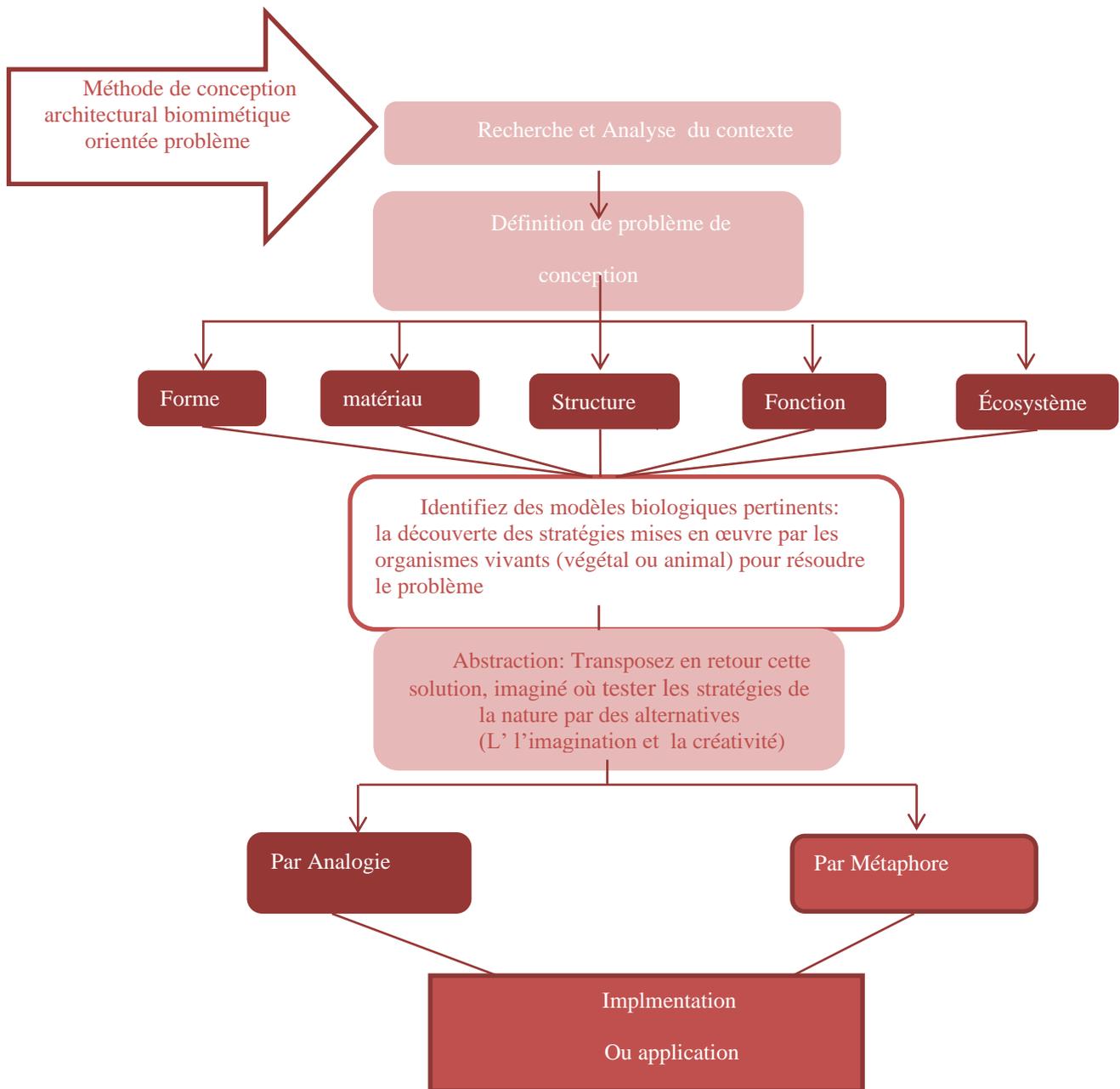


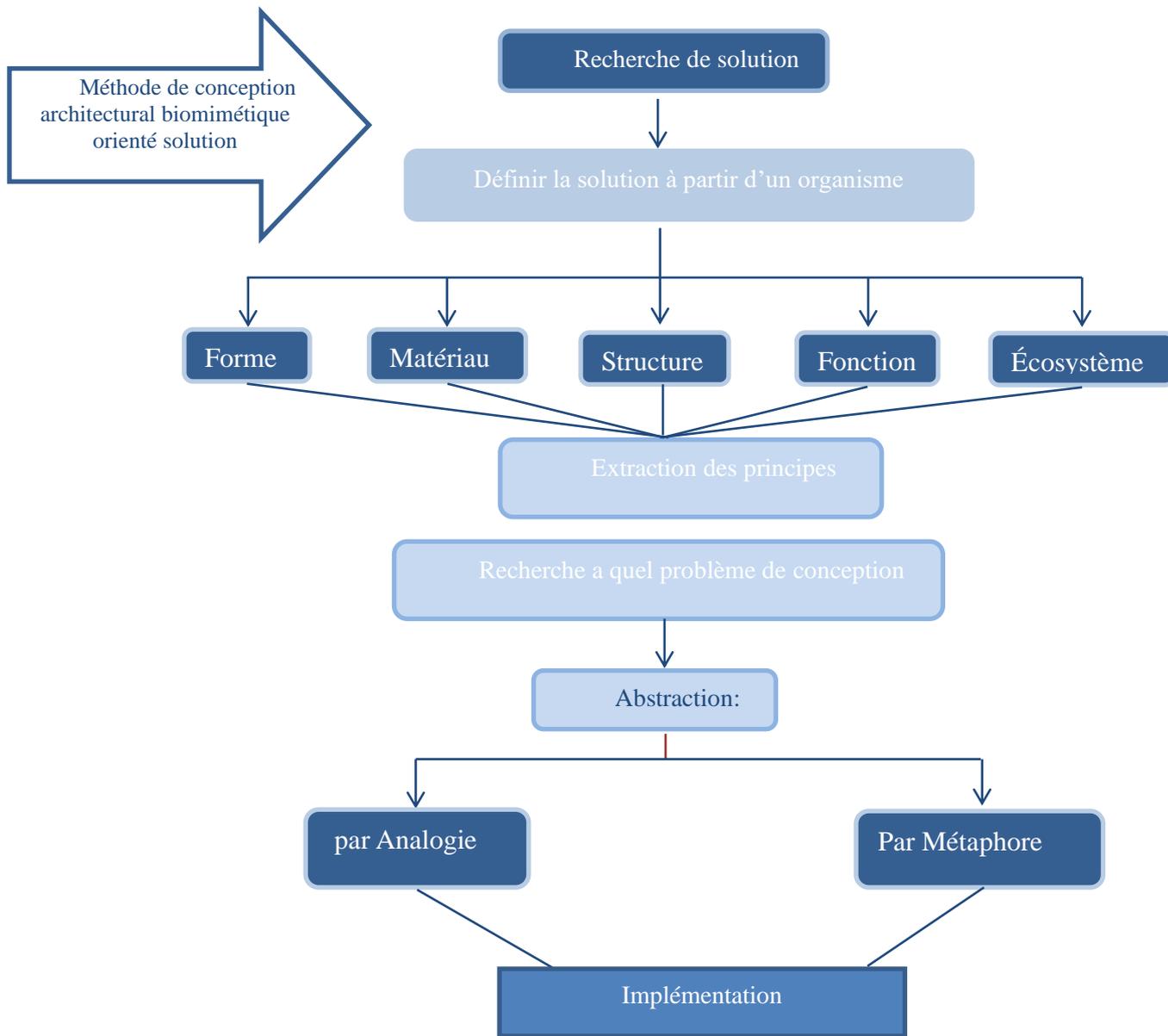
Figure88 : séquence de conception par biomimétisme orientée problème (Top-down)

#### 4. La démarche biomimétique orientée solution (Bottom-up)

Cette démarche biomimétique est conceptualisée dans les étapes suivantes :

1. Recherche de solution
2. Définir la solution à partir d'un organisme vivant : identifier une caractéristique particulière, ou un comportement spatiale ou une structure efficace et léger, (forme, matériau, structure, fonction, écosystème) .
3. Extraction des principes.
4. Recherche a quel problème de conception cela pourrait répondre

- 5. Abstraction
- 6. L'application



**Figure89** : séquence de conception par biomimétisme orientée solution (Bottom-up)

## 5. Intérêts et complexités de l'introduction du concept « biomimétisme » à la création architecturale :

L'adoption du biomimétisme présente plusieurs intérêts au projet architectural, ainsi il nous donnera un bol d'oxygène pour traiter les différents problèmes dans des nombreux secteurs de l'activité humaine notamment de la conception architecturale. A cet égard, on pourrait énumérer les points suivants :

- Un outil de développement durable répondre aux défis de société en vue d'une meilleure harmonie entre l'homme et la nature.
- Le biomimétisme propose des alternatives de développement durable innovantes, qui soient potentiellement bénéfique pour l'homme et son environnement.
- l'utilisation des énergies renouvelables qui sert à la production d'énergie, et minimise la consommation des énergies fossiles du bâtiment.
- L'intégration du projet à son environnement en respectant les normes environnementales, et donne l'importance au confort et la qualité de vie des utilisateurs.
- Donne l'importance à l'esthétique qui fait référence à la nature.
- des innovations et solutions technologiques qui améliorent la performance environnementale du bâtiment tel que les systèmes autonomes et indépendants réduisant la consommation d'énergie et les couts d'entretien, améliorant ainsi le bien-être des usagers.

Néanmoins, et malgré la grande disponibilité d'exemples de systèmes naturels qui pourraient être utilisés pour concevoir des édifices biomimétique, il en résulte une grande complexité liée à :

- La compréhension et l'imitation de ces systèmes. En fait, l'imitation des formes et structures complexes présentées dans la nature ne peut se faire sans l'aide de la **technologie**. Les outils technologiques ainsi que l'utilisation d'ordinateurs à travers des algorithmes complexes pourraient aider à mieux reproduire le fonctionnement de la nature.
- L'absence d'une méthodologie solide capable de garantir l'efficacité du biomimétisme en architecture demeure une des barrières à l'utilisation de cette approche.
- La production des matériaux et de prototype, nécessite des professionnels qualifiés, *«Il existe des limites complexes en relation aux matériaux. La nature a un portfolio de matériaux absolument génial. Le vivant est une chose qui est encore loin d'être*

*dominée et comprise. Alors, il me semble que l'une des principales limitations, c'est que plusieurs solutions naturelles dépendent de matériaux que nous ne pouvons pas développer. Suivre en regardant ces matériaux, ces solutions... »* citée par Janine Benyus.

- Les techniques de conception sont difficiles à maîtriser et très précises.
- le coût des ouvrages est assez élevé.
- la présence des panneaux qui nécessite un entretien à chaque fois.

### 6. Enjeux du biomimétisme en architecture

L'objectif de l'architecture biomimétique ne consiste plus uniquement à donner forme et mesure à l'espace, mais aussi à développer des relations synergiques entre le construit et son environnement. L'approche heuristique du biomimétisme consiste à apporter à l'architecture le « vitalisme » au-delà de la seule vision mécaniste de la vie. L'architecture biomimétique pourrait être à l'origine d'une transformation du rôle de l'architecte évoluant du contrôle de la nature vers une participation durable avec la nature.

- **Les enjeux environnementaux**

Face à la crise tant économique qu'écologique liée à la surexploitation des ressources naturelles, de nombreux chercheurs, architectes, industriels, prospectivistes et certains gouvernements estiment que le biomimétisme pourrait aussi être un vecteur de mutation, d'une économie « carbonée », très polluante et consommatrice d'espace, d'énergie et de ressources naturelles minérales vers une « économie verte » s'appuyant sur des technologies simples, propres, sûres et sobres, une transition énergétique, voire vers la transition écologique et sociale.

- **Les enjeux socioéconomiques**

Les enjeux sont aussi économiques (un rapport américain évalue à 1000 milliards de dollars en 2025 ce que pourrait être le marché du biomimétisme).

- **Les enjeux éthiques**

Le biomimétisme peut être source de progrès, mais il pourrait être aussi utilisé pour produire de nouvelles armes militaires ou économiques, ou contribuer à de nouveaux gaspillages de ressources. Des problèmes complexes d'éthique environnementale se posent, avec notamment le partage des connaissances et des bénéfices face aux récentes possibilités de brevetage du vivant.

### CONCLUSION

A travers les âges nous avons petit à petit effacé la nature de notre environnement. Ces changements se sont réalisés dans l'optique d'apporter plus de confort. Nous sommes passés d'un paysage naturel à un environnement artificiel, formé par notre culture, nos objectifs de vie, nous nous retrouvons à présent avec la moitié de la population mondiale vivant dans des villes immenses et densément construites. Nous sommes arrivés à un moment où la question de la qualité de vie doit être réinterrogée. La réintroduction de la nature au sein de nos environnements construits peut être une solution à ce problème. Notre production architecturale et urbaine actuelle impacte fortement notre environnement par la perte massive d'espace naturel, la destruction de la biodiversité, l'exploitation minière massive ainsi que les consommations excessives d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, la production de déchets dû à une mauvaise gestion des ressources et de leur recyclage. L'architecture doit muter, pour s'adapter aux changements environnementaux causés par l'homme. La corrélation des deux disciplines que sont l'architecture et la biologie, permet également une meilleure compréhension des professionnels de la conception sur le fonctionnement de la nature, des écosystèmes et des enjeux pour notre futur. Notre développement technologique, bien qu'il fût néfaste pour notre environnement, nous permet aujourd'hui d'employer de nouvelles techniques de construction, de créer une architecture plus respectueuse de l'environnement sans sacrifier le confort et la qualité de vie des utilisateurs.

## **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion Générale

La nature a toujours constitué une base de réflexion en matière de conception et d'architecture en particulier. Si s'inspirait de la nature pour concevoir des projets architecturaux n'est pas une nouveauté, le biomimétisme est l'un de ces nouveaux courants qui connaissent un fort engouement depuis quelques années. L'attrait pour le biomimétisme architectural réside en sa considération pour les êtres vivants comme source d'enseignement (gestion durable -des ressources renouvelables- optimisation d'énergie.....ext).

À travers ce travail sur le biomimétisme, les études des exemples ont montré que pour les cas choisis, la posture biomimétique pouvait effectivement constituer un outil adéquat et une démarche bien structurée pour le processus de conception architecturale. Le biomimétisme ouvre une voie vers un équilibre entre les techniques modernes et l'environnement.

L'attention portée aux formes, aux fonctionnements, aux écosystèmes des organismes vivants est la particularité du biomimétisme laquelle constitue un guide dans la démarche architecturale. Au-delà de cela le biomimétisme change le regard pour apprendre à concevoir autrement, apprendre de la nature pour innover, réinventer nos systèmes de production et de nos modes de vie. Autant de thèmes sur lesquels les architectes doivent se pencher ou se confronter de près ou de loin. Il est important d'inclure que la nature soit une source perpétuelle d'innovation.

Différents bâtiments sont autant des sous-écosystèmes, le bâtiment n'est plus une simple machine à habiter isolée, mais un organisme inscrit dans un réseau d'échanges qui comprend des producteurs, des consommateurs et décomposeurs.

Cependant il apparaîtra des limites dans le biomimétisme, et le concept reste à délimiter, malgré une technologie avancée et performante, il subsiste des incertitudes. La nature est d'une immense richesse, mais il n'est pas toujours applicable aux systèmes humains, il faudra élaborer ces modèles, et trouver des alternatives pour faire en sorte que le biomimétisme soit non seulement respectueux de l'environnement en termes de matérialité, mais également permettre des économies à l'échelle de bâtiment tout entier.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- (s.d.). Récupéré sur STYLIANIDIS & ELEFThERIOS. 2017-2018
- (s.d.). Récupéré sur Source : [https://api.theatredelaville-paris.com/assets/w1500-h1500-q80/c4/institut\\_monde\\_arabe](https://api.theatredelaville-paris.com/assets/w1500-h1500-q80/c4/institut_monde_arabe)
- (s.d.). Récupéré sur [https://api.theatredelaville-paris.com/assets/w1500-h1500-q80/c4/institut\\_monde\\_arabe](https://api.theatredelaville-paris.com/assets/w1500-h1500-q80/c4/institut_monde_arabe)
- [su:https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT6hmfYDt897pYNkdu9CUNgzYfVPqvKRY3xg&usqp=CAU](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT6hmfYDt897pYNkdu9CUNgzYfVPqvKRY3xg&usqp=CAU)
- [tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRuIzg94FcKAnO2v8kv-L-UGAmQ87iqfGKE2jf7BjqlPh5tj2hG9QRmcwM4NdDKo5b4WLo&usqp=CAU](https://tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRuIzg94FcKAnO2v8kv-L-UGAmQ87iqfGKE2jf7BjqlPh5tj2hG9QRmcwM4NdDKo5b4WLo&usqp=CAU)
- [encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRfWwzeZlX2E9K\\_vq9yXfj00rhjTSOlyvKfiQ&usqp=CAU](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRfWwzeZlX2E9K_vq9yXfj00rhjTSOlyvKfiQ&usqp=CAU)
- (Natasha Chayaamor-Heil et al., 2. (s.d.).
- (Natasha Chayaamor-Heil et al., 2. (s.d.). Récupéré sur (Natasha Chayaamor-Heil et al., 2018)
- 2000., C. T. (s.d.). Récupéré sur <https://teteamodeler.ouest-france.fr/coloriage-2004/2022>, m. e. (s.d.). maths et tiques. Récupéré sur <https://www.maths-et-tiques.fr/index.php/histoire-des-maths/nombres/le-nombre-d-or>
- france info. (2012). Récupéré sur [https://www.francetvinfo.fr/sciences/non-les-filaments-tombes-du-ciel-a-angers-et-en-moselle-ne-sont-pas-des-residus-chimiques\\_726109.html](https://www.francetvinfo.fr/sciences/non-les-filaments-tombes-du-ciel-a-angers-et-en-moselle-ne-sont-pas-des-residus-chimiques_726109.html)
- 2020, C. ©. (2020). construction21. Récupéré sur <https://www.construction21.org/france/articles/h/24-le-contexte-de-l-eglise-de-nianing.html>
- (2022). Récupéré sur <https://www.out-the-box.fr/leonard-de-vinci-lemysterieuxhomme-de-vitruve-explique>.
- Static. (2022). Récupéré sur <https://static.latribune.fr/1363839/circ.jpg>
- 2022, ©. C. (s.d.). 7flammes. Récupéré sur <https://7flammes.com/fr/themes/267-are-these-space-museums-in-your-orbit>
- 2022, L. ©. (s.d.). Récupéré sur <https://www.lyon-entreprises.com/wp-content/uploads/vue-de.jpg>
- aiisha5. (s.d.). 123fr. Récupéré sur [https://fr.123rf.com/photo\\_86914955\\_tour-eiffel-sur-le-champs-de-mars-%C3%A0-paris-france.html](https://fr.123rf.com/photo_86914955_tour-eiffel-sur-le-champs-de-mars-%C3%A0-paris-france.html)

- archiguelma. (s.d.). slideshar. Récupéré sur <https://fr.slideshare.net/ArchiGuelma/de-lusage-de-la-metaphore-dans-la-cration-architecturale>
- artbuild. (2019). Récupéré sur [www.artbuild.com/lab/pholiage](http://www.artbuild.com/lab/pholiage)
- Cateloy, I. /. (s.d.). <https://www.imarabe.org/fr/architecture>. Récupéré sur <https://www.imarabe.org/fr/architecture>
- deco fr. (s.d.). Récupéré sur : <https://www.deco.fr/jardin-jardinage/plante-aquatique/lotus>
- ECTOR. (s.d.). Récupéré sur <https://www.ectorparking.com>
- freepng.fr. (s.d.). Récupéré sur : <https://www.freepng.fr/png-vw2pp0/>
- Ga2D. (s.d.). GA2D. Récupéré sur <https://ga2d.com/wpcontent/uploads/2020/07/EGLISE-NIANING-4-1-scaled.jpg>
- gauthier-menuiseri. (s.d.). Récupéré sur <https://www.gauthier-menuiserie.fr/wp-content/uploads/2021/04/CIRC-12.jpg>
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Haeckel](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernst_Haeckel), .: (2022). Récupéré sur : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Haeckel](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernst_Haeckel)
- IARC. (2022). Récupéré sur [https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/PG11\\_perspective\\_05\\_hall-e1542643898322.jpg](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/PG11_perspective_05_hall-e1542643898322.jpg)
- jeromehouix. (2013). histoire des arts. Récupéré sur <https://hdacollege.wordpress.com/2013/01/23/frank-lloyd-wright-fallingwater/>
- kulikova, t. (2014). Récupéré sur : <https://c8.alamy.com/compfr/jexj6g/un-squelette-d-oursin-ou-shell-close-up-isole-sur-fond-blanc-jexj6g.jpg>
- le temp. (s.d.). Récupéré sur <https://www.letemps.ch/sciences/nature-inspire-larchitecture>
- LES art plastique au lysée comt de foix. (s.d.). Récupéré sur : <http://artsplastiqueslcf.blogspot.com/2017/05/loeuvre-de-la-semaine-le-peix-dorat-de.html>
- LYON, C. (2022). Récupéré sur <https://www.lasa.fr/wp-content/uploads/2019/05/2017-CENTRE-INTERNATIONAL-DE-RECHERCHE-SUR-LE-CANCER-CIRC-LYON-L-1-1-555x370.jpg>
- mail, d. (s.d.). pinterst. Récupéré sur <https://www.pinterest.fr/pin/675821487846309540/>
- moniervinard, b. (2018). Récupéré sur [https://www.lepoint.fr/architecture/a-lyon-un-cercle-vert-pour-le-centre-international-de-recherche-contre-le-cancer-06-04-2018-2208661\\_3383.php](https://www.lepoint.fr/architecture/a-lyon-un-cercle-vert-pour-le-centre-international-de-recherche-contre-le-cancer-06-04-2018-2208661_3383.php)

- sam. (5021, 07 30). anoptique. Récupéré sur Source:<https://anoptique.org/comment-faire-entrer-le-style-japonais-dans-son-interieur/>
  - santiagocalatrava. (2015). Copyright ©2022. Récupéré sur <https://www.floornature.eu/ctbuh-10-year-award-winner-2015-santiago-calatrava-turning-torso-malmoe-suede-10882/>
  - Shields, A. (s.d.). le devoir. Récupéré sur <https://www.ledevoir.com/environnement/478697/grandeur-nature-fous-de-bassan-de-l-ile-bonaventure-une-colonie-fragilisee>
  - SI, ©. 2. (2022). Récupéré sur <https://arquitecturaviva.com/works/estacion-de-autobuses-6>
  - SL, D. d. (2020). Récupéré sur dosd: <https://www.dosde.com/discover/fr/casa-batllo/>
  - sortir a paris. (s.d.). Récupéré sur <https://cdn.sortiraparis.com/images/80/83517/421662-visuel-paris-institut-du-monde-arabe.jpg>
  - Static . (s.d.). Récupéré sur [https://static.lpnt.fr/images/2020/07/28/20581990lpw-20585125-libre-jpg\\_7257729.jpg](https://static.lpnt.fr/images/2020/07/28/20581990lpw-20585125-libre-jpg_7257729.jpg)
  - tpe biomimetisme. (s.d.). Récupéré sur : <https://biomimtisitesite.wordpress.com/4-la-toile-daraignee-dans-larchitecture/>
  - ver un avenir meilleur. (s.d.). Récupéré sur : <http://www.developpement-durable-lavenir.com/2006/12/11/effet-lotus>
  - wikipedia. (s.d.). Récupéré sur [https://fr.wikipedia.org/wiki/Stade\\_olympique\\_de\\_Munich](https://fr.wikipedia.org/wiki/Stade_olympique_de_Munich)
- A.KORICHI, S. K. 2013. *CONCEPTS EN ARCHITECTURE*. Faculté d'architecture et d'urbanisme Université 03 Constantine.
- ALEJANDRO, B. & PATRICIA, P. 2007. *Analogie Architecture Animale , analogie entre le monde animal et l'architecture contemporaine*
- ALEJANDRO, B., PATRICIA, P. & CAMPELLO, A. 2007. Analogies architecture végétale ,Analogie entre le monde végétal et l'architecture contemporaine
- ANNELINE, L., MARANZANA, N. & RASKIN, K. 2018. Design et biomimétisme : Quel rôle pour le designer ?
- ARABE, I. D. M. Available: <https://architecturestudio.fr/projets/pastb1-institut-du-monde-arabe/>.
- ARABE, I. D. M. (ed.) 2001.
- BENYUS, J. M. 1997. Biomimicry Innovation Inspired by Nature.
- BLANCO, E., LEQUETTE, C. & ROBERT, C. 2020. PROJETS URBAINS BIOINSPIRÉS Un état des lieux des projets français  
In: CEEBIOS (ed.).

- DESSART, M. 2016-2017. *Processus de conception et patrimoine: enjeux pour l'innovation architecturale*. Liège université library.
- EDITION, A.-A. S. 2017. Available: <https://www.artbuild.com/lab/archistorm-artbuild-special-edition>.
- HAMMOU, A. 2010 *Apropos de la conception architectural*.
- JARJAT, P., NENOV, T. & WARE, S. Pho'liageA Biomimetic Façade which increases Building Energy Efficiency
- LAROUSSE 2001. Dictionnaire Français. In: LAROUSSE, P. (ed.).
- LILLO, C. 2020. Architecture biomimétique : l'écosystème comme modèle.
- MARIN, P. 2018. *Exploration des mécanismes évolutionnaires appliqués à la conception architecturale : mise en oeuvre d'un algorithme génétique guidé par les qualités solaires passives de l'enveloppe*. Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL).
- NATASHA CHAYAAMOR-HEIL, FRANÇOIS GUÉNA & HANNACHI-BELKADI, N. 2018. Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*.
- NO23296, C. D. M. 2019.
- RICARD, P. Septembre 2015. Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement.
- SILVA, S. J. D. 2021. *Le biomimétisme au-delà de l'inspiration formelle : Recommandations aux designers de produits pour une intégration du biomimétisme dans le processus de développement de produits*. université Laval Québec, Canada.
- TICHKIEWITCH 2007. 16.
- TOUFIK, B. 2019/2020. Cours n°9 : Les techniques de conception architecturale (Partie 1) 3ième année Licence architecture – Module : Théorie de projet 6.
- VARIN1, F. L'architecture vernaculaire :une définition difficile à cerner
- VITALIS, L. 2020. *De la conception architecturale biomimétique*. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette.
- VITALIS, L. 2021. *Pier Luigi Nervi, l'architecture biomimétique avant la lettre ?*, ENSA - La Villette.



## Résumé

La nature a toujours constitué une base de réflexion en matière de conception et d'architecture en particulier. Si s'inspirait de la nature pour concevoir des projets architecturaux n'est pas une nouveauté, le biomimétisme est l'un de ces nouveaux courants qui connaissent un fort engouement depuis quelques années. Ce présent travail est une initiative visant à étudier et analyser le biomimétisme en tant qu'outil important pour la conception architecturale. Le biomimétisme, les bio-inspiration ou inspiré du vivant en termes simples, c'est l'imitation des formes, des matériaux, des processus et des écosystèmes créés dans la Nature. Où il peut conduire à des innovations pour concevoir un environnement bâti durable, comme il peut être une ligne de conduite pour accompagner la transition vers une nouvelle ère où l'homme est intégré dans l'écosystème de la biosphère. L'attention portée aux organismes vivants est la particularité du biomimétisme laquelle constituent un guide dans la démarche architecturale .Au-delà de cela le biomimétisme change le regard pour apprendre à concevoir autrement, apprendre de la nature pour innover, réinventer nos systèmes de production et nos modes de vie. L'objectif de notre travail est de montrer comment l'usage de la méthodologie biomimétique pourrait constitue un point de transformation dans le processus d'accès à ces méthodologies biomimétiques afin de construire leur futures projets.

**Mots clés** : Biomimétisme, La conception architecturale, Bio-inspiration, Le vivant, Ecosystèmes, La nature.

## ملخص

شكلت الطبيعة، مصدرا دائما، للتأمل والتفكير في إنجاز الأعمال الإبداعية والتصاميم في مختلف المجالات، وعلى رأسها الهندسة المعمارية. الاستلهام من الطبيعة، وكونه المحفزات الأساسية لإعداد تصاميم مشاريع العمران، ليس بالشيء الجديد، لأن ما يعرف (بالمحاكاة الاحيائية أو تقليد الطبيعة)، أصبح تيارا يستقطب الإقبال والاهتمام الشديد منذ سنوات. وهذا العمل الذي بين أيدينا، مبادرة تهدف إلى دراسة وتحليل "المحاكاة الاحيائية"، باعتبارها أداة هامة للتصميم الهندسي للمباني. تقليد الطبيعة، أو الاستلهام من الطبيعة أو الاستنباط من الكائنات الحية، هو بعبارة أدق تقليد وإعادة إنتاج الأشكال، المواد، الأنظمة والأنظمة البيئية الموجودة في الطبيعة. هذه المحاكاة يمكن أن تقود إلى ابتكارات لتصميم بيئة عمرانية مستدامة، مثلما يمكن أن تكون قاطرة لمرافقة التحول نحو عهد جديد. عهد يتيح للإنسان الاندماج في محيطه الحيوي. إن الاهتمام بالأنظمة الحيوية هي الميزة الأساسية لمحاكاة الطبيعة، والتي تشكل دليلا إرشاديا في المقاربة الهندسية. وإضافة إلى كل هذا، فقد تمكنت المحاكاة الإحيائية، من تصويب جل الأنظار نحو إتقان التصميم بطريقة أخرى، هي طريقة التعلم من الطبيعة ومن ثمة وإعادة تجديد النظم الإنتاجية ومعها الأنماط الحياتية. ان الهدف من عملنا هذا، هو إبراز منهجية محاكاة الطبيعية، وما تمثله كنقطة تحول في عملية التصميم الهندسي، عند استخدامها، ومنه يمكن للمهندسين المعماريين اعتمادها كأداة للولوج لمناهج المحاكاة الاحيائية لإعداد مشاريعهم المستقبلية.

**الكلمات المفتاحية :** التقليد الحيوي ، التصميم المعماري ، الإلهام الحيوي ، الحي ، النظم البيئية ، الطبيعة.

## **Abstract**

Nature has always been a basis for planning for design and architecture in particular. Getting inspired from nature in designing architectural projects is not a novelty. Biomimicry is one of the new currents that are experiencing strong enthusiasm in the last few years. This present work is an initiative aimed at studying and analyzing the biomimicry as an important tool for architectural design. Biomimicry, bio-inspired or inspired by life in simple terms, is the imitation of forms, materials, processes and ecosystems created in nature. It can lead to innovations to design a sustainable built environment. It can also lead to a transition to a new era where man is integrated into the ecosystem of the biosphere. What is particular in the biomimicry approach is the attention to living organisms, it changes the look towards learning to design, to innovate or reinvent our production systems and our lifestyles from nature. The objective of this work is to show how biomimetic methodology can be a point of transformation in architectural design. Architects can also use it as a means of access to these biomimetic methodologies in creating their projects.

**Key words:** Biomimicry, Architectural design, Bioinspiration, The living ecosystems, Nature.