الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : **Architecture**

Spécialité : **Architecture**

Option : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté par : **BENREDJEM Meriem**

Thème : Le Biomimétisme et la conception Biophilique comme stratégie durable pour une symbiose entre l'homme et son environnement.

Cas d'étude, la zone d'El Aouana - Jijel -

Projet : Cité des sciences et de la nature.

Sous la direction de : Mme Zerti Mouna

Juin 2023

Dédicace

Je rends grâce à dieu de m'avoir accordé la force et le courage durant toutes ces années et particulièrement cette année afin de mené à bien ce travail et d'arriver au à la fin de mon cursus universitaire au département d'architecture.

Du fond du cœur, je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers,

A celui qui m'a encouragé pour étudier la spécialité d'architecture, a qui m'a toujours apporté leur soutien moral et matériel depuis que j'ai connu le premier banc de l'école, jusqu'à la chaise de l'université, a celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu le garde. A mon cher père le professeur « **BENREDJEM Mohamed khemissi** ».

A ma très chère mère « **Fatima** » pour son soutien tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils. Puisse Allah, le tout puissant, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

Je dédie aussi ce travail à mes chères frères « **Oussama** » et « **Zakaria** » je ne saurais vous exprimer ma gratitude pour tout ce que vous avez fait pour moi, Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur

A ma chère sœur « **Maroua** » que dieu le protège.

A mes belles-sœurs « **Manel** » et « **Fatima** » qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études, je vous aime beaucoup.

A mes enseignants à qui je tiens à leur montrer que je suis et resterais toujours à la hauteur de leur espérance.

A tous mes amis, qui me rend tous les jours la vie belle par leur présence et surtout « **Manel** » et « **Chaima** » et à toutes les personnes qui m'ont prodigué des encouragements et se sont données la peine de me soutenir durant cette année.

Malgré les difficultés et les obstacles qu'on peut croire on finit toujours par y arriver « Self-belief and hard work will always earn you success ».

Remerciement

Au terme de ce travail, je tien à remercier le bon Dieu tout-puissant qui ma donnée la force, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

Mes sincères remerciements et ma grande reconnaissance à mon promotrice mon encadreur Madame « **Zerti Mouna** » qui m'a épaulée, soutenue, conseillée et guidée durant toute cette année et qui m'a offert une agréable ambiance de travail. Les résultats de ce travail témoignent de sa infatigable recherche de la perfection et sa acharnement quotidien à ma donner un enseignement de qualité.

Je tient à remercier l'ensemble des membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui m'ont fait l'honneur d'accepter l'évaluation de ce travail.

Mes remerciements et mes gratitude et reconnaissance à mon enseignante Madame « **Boutalba Sonia** » qui sans leur orientation et leur conseil précieux ce travail n'aurait pas été accompli.

Je tient aussi à remercier l'ensemble des enseignants du département d'architecture de l'université 8 mai 1945 et toute l'équipe Pédagogique qui ont contribué à mon formation tout au long de notre cursus, pour leur soutien, leurs conseils et leur dévouement.

Je tiens à remercier chaleureusement, tous mes proches et tous ceux qui, de près ou de Loin, m'ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail.

Résumé

Aujourd'hui le rapport homme-environnement, est devenu le sujet le plus débattus dans le monde, suite la dégradation alarmante de la biodiversité. Le souci de durabilité et d'équilibre éco systémique sont devenus une priorité dans tous les domaines y compris le domaine de la conception et l'architecture.

Le biomimétisme (s'inspirer de la nature) et la conception biophilique (amour de la nature) sont des démarches qui s'inscrit parmi les sujets de recherche actuelle qui vise l'écologie, l'innovation et le développement durable dans le secteur de la construction pour une concrétisation parfaite de la symbiose entre l'homme et la nature ou plutôt, la construction avec son environnement naturel.

Jijel ville touristique par excellence riche d'un potentiel naturel incommensurable, (mer, montagne, réserve naturelle, etc… manque d'infrastructure de formation de sensibilisation et de vulgarisation scientifique. Dans le cadre de notre travail nous nous sommes intéressés sur la zone d'El Aouana qui se situe au nord-ouest de la ville de Jijel, présente une grande diversité de paysages et de biotopes se caractérisant par son relief, son climat, sa géologie, etc., il présente une multitude de milieux naturels et écosystèmes mal exploitées.

C'est dans ce souci d'où la nécessité de concevoir une cité des sciences en s'appuyant sur la combinaison des deux démarches fondamentales, le biomimétisme et la biophilie afin de créer la symbiose entre l'homme et la nature.

L'objectif de cette recherche est de combiner les deux concepts clés le biomimétisme et la biophilie dans une conception architecturale à avoir la cité des sciences et de la nature dans le but d'attirer le public, les sensibiliser sur la protection et la préservation de l'environnement ; renforcer l'action pour la sauvegarde de la biodiversité, la culture, les savoirs faires, ainsi que la recherche scientifique au profit du thème.

Mots clés : biomimétisme, biophilie, durabilité, biodiversité, écosystème, cité des sciences, Jijel, Aouana.

Abstract

The relationship between man and the environment has become the most debated subject in the world, following the alarming degradation of biodiversity. The concern for sustainability and eco-systemic balance has become a priority in all fields, including design and architecture.

Biomimicry (inspired by nature) and biophilic design (love of nature) are approaches that are among the topics of current research aimed at ecology, innovation and sustainable development in the construction for a perfect realization of the symbiosis between man and nature or rather, construction with its natural environment.

Jijel is a tourist city par excellence with immeasurable natural potential (sea, mountains, nature reserves, etc.), but it lacks the infrastructure for training, awareness-raising and popularising science. Hence the need to design a science city based on the combination of two fundamental approaches, biomimicry and biophilia, in order to create a symbiosis between man and nature. As part of our work, we were interested in the area of El Aouana which is located northwest of the city of Jijel, presents a great diversity of landscapes and biotopes characterized by its relief, its climate, its geology, etc., it presents a multitude of poorly exploited natural environments and ecosystems.

It is in this concern that the need to design a city of sciences based on the combination of two fundamental approaches, biomimicry and biophilia in order to create the symbiosis between man and nature. The aim of this research is to combine the two key concepts of biomimicry and biophilia in the architectural design of the City of Science and nature in order to attract the public, raise awareness about the protection and preservation of the environment; strengthen action to safeguard biodiversity, culture, know-how, as well as scientific research for the benefit of the theme.

Keywords: biomimicry, biophilia, sustainability, ecosystem, sciences city, Jijel, Aouana.

ملخص

أصبحت العلاقة بين الإنسان والبيئة الموضوع الأكثر إثارة للجدل في العالم، بعد التدهور المقلق للتنوع البيولوجي والنظم البيئية. أصبح الاهتمام بالاستدامة وتوازن النظامي البيئي أولوية في جميع المجالات، بما في ذلك التصميم والهندسة المعمارية.

تعد محاكاة الطبيعة (الاستلهام من الطبيعة) والبيوفليا (حب الطبيعة) من بين موضوعات البحث الحالي التي تهدف إلى الإيكولوجيا والابتكار والتنمية المستدامة في البناء من أجل الإدراك التام للتعايش بين الإنسان والطبيعة أو بالأحرى ، البناء مع بيئته الطبيعية.

جيجل، مدينة سياحية بامتياز، غنية بإمكانيات طبيعية لا حصر لها (بحر، جبل، محمية طبيعية، إلخ.) تفتقر إلى التدريب التوعوي والبنية التحتية للتعميم العلمي. وكجزء من عملنا، كنا مهتمين بمنطقة العوانة التي تقع شمال غرب مدينة جيجل، تقدم تنوعًا كبيرًا في المناظر الطبيعية والبيئات الحيوية التي تتميز بتضاريسها ومناخها وجيولوجيتها، وما إلى ذلك، فهي تقدم العديد من البيئات الطبيعية والنظم البيئية المستغلة بشكل سيئ.

و من هذا السياق تكمن الحاجة إلى تصميم مدينة العلوم على أساس الجمع بين نهجين أساسيين، التقليد الحيوي والبيوفليا من أجل خلق التعايش بين الإنسان والطبيعة.

الهدف من هذا البحث هو الجمع بين المفهومين الرئيسيين التقليد الحيوي والبيوفليا في التصميم معماري لتكون مدينة العلوم والطبيعة منطلقا لجذب الجمهور وزيادة الوعي حول حماية البيئة والحفاظ عليها؛ و تعزيز العمل لحماية التنوع البيولوجي، والثقافة، والمعرفة، وكذلك البحث العلمي لصالح الموضوع.

الكلمات المفتاحية: التقليد الحيوي ، البيوفيليا ، الاستدامة ، التنوع البيولوجي ، النظام البيئي ، مدينة العلوم و الطبيعة ، جيجل ، العوانة.

Table des matières

Dédicace I
Remerciement II
Résumé III
Abstract IV
ملخص V
Table des matières VI
Liste des Figures XIII
Liste des Tableaux XX
Introduction générale 1
PROBLEMATIQUE 3
QUESTIONS DE RECHERCHE 4
HYPOTHESES 4
OBJECTIFS ET INTENTIONS 4
METHODOLOGIE DE TRAVAIL 5
STRUCTURE DU MEMOIRE 5

Première partie : Approche théorique et conceptuelle

Chapitre I : L'impact des activités humaines sur la dégradation de la biodiversité et les écosystèmes

Introduction : 9
I.1. Généralités sur la biodiversité : 9
I.1.1. Définition de la biodiversité biologique : 9
I.1.2. Les niveaux de la biodiversité : 10
I.1.3. Les Valeurs de la biodiversité : 10
I.1.3.1 Valeur écologique : 10
I.1.3.2 Valeur culturelle et sociale : 11
I.1.3.3 Valeur économique : 11
I.1.3.4 Valeur éthique : droit du vivant et patrimoine naturel mondial 12
I.1.3.5 Valeur Scientifique : Cumul de connaissances 12
I.1.3.6 Valeur éducative : Sensibilisation aux problématiques environnementales et construction de compétences 12
I.1.3.7 Valeur esthétique : La beauté du monde vivant 12
I.2. L'écosystème : 12

I.2.1. Un écosystème c'est quoi ? : 12
I.2.2. Les types des écosystèmes : 13
I.2.2.1. Les écosystèmes terrestres : 13
I.2.2.2. Les écosystèmes Aquatique : 14
I.2.3. Les services écosystémiques : 15
I.2.4. Les Caractéristiques des écosystèmes algériens : 16
I.3. L'impact de l'homme sur la dégradation et la perturbation de la biodiversité et les menaces des écosystèmes : 17
I.3.1. Quelle interaction entre homme - environnement ? : 17
I.3.2. On distingue différents types de menaces pour la biodiversité dues aux activités humaines : 19
I.3.3. La nécessité de protéger les écosystèmes : 21
1.3.4. Cadre institutionnelle et règlementaire de la protection de la biodiversité et les écosystèmes en Algérie: 21
Conclusion : 22
Chapitre II : Le biomimétisme et la conception biophilique pour une architecture durable qui relier l'homme avec son environnement
Introduction: 24
II.1-L'architecture biomimétique une innovation durable veut valoriser la nature. 24
II.1.1 Etymologie et définition du biomimétisme : 24
II.1.2 L'Emergence du biomimétisme (Origine et évolution) : 25
II.1.3 Les principes de biomimétisme : 26
II.1.4 Les étapes principales de la démarche biomimétique : 27
II.1.5 L'architecture biomimétique : 28
II.1.5.1 Définition : 28
II.1.5.2 L'évolution de l'architecture biomimétique : Bref histoire : 28
II.1.5.3 Les principes de l'architecture biomimétique : 32
II.1.5.4 Les Niveaux de l'architecture biomimétiques (les dimensions) : 32
II.1.5.5 L'architecture biomimétique une nouvelle tendance de l'architecture durable : 38
II.2-La Conception Biophilique une nouvelle stratégie pour concrétiser les liens : Homme, Nature, et Architecture. 39
II.2-1 La définition de la biophilie : 39
II.2-2 L'évolution de la biophilie : 39
II.2-3 La conception biophilique : 40

II.2-3-1 Les objectifs de la conception biophilique : 41
II.2-3-2 Les avantages de la conception biophilique : 41
II.2-3-3 Les principes (modelés) de la conception biophilique : 42
II.2-3-4 La conception biophilique est une extension pour la durabilité : 48
Conclusion :..... 50

Chapiter III: Approche thematique & Analytique

Introduction : 52
III .1 Motivation du Choix du thème : 52
III.2 Présentation du thème: 53
III.2-1 Définition des notions de bases : 53
III.2-2 Définition de la Cité des sciences et de la nature : 54
III.2-3 Aperçu historique de la Cité des sciences : 54
III.2-4 Les objectifs de la Cité des sciences et de la nature : 55
III.3 Analyse des Exemples Référentiels:..... 55
III.3-1 Exemple 01: Cité des arts et des sciences (Ciudad de las Artes y las Ciencias 1995-2009) Valence, Espagne. 56
III.3-1-1 Motivation du choix du projet: 56
III.3-1-2 Presentation du projet: 56
III.3-1-3 Le contexte du projet: 56
III.3-1-4 L'Environment immédiat:..... 57
III.3-1-5 L'accessibilité: 57
III.3-1-6 l'étude de plan de masse:..... 58
III.3-1-7 le fonctionnement interieur:..... 59
III.3-2 Exemple 02: Les Jardins de la baie de Singapore « une fusion de la nature et de la technologie » (2006-2012) Singapour, Asie. 65
III.3-2-1 Motivation du Choix:..... 65
III.3-2-2 Présentation du projet: 65
III.3-2-3 Situation de projet:..... 65
III.3-2-4 L'environnement immédiat:..... 66
III.3-2-5 Genèse et Principe: 66
III.3-2-6 l'Accessibilité: 67
III.3-2-7 Analyse de plan de masse: 67
III.3-2-8 Analyse architectural: 68
A-Les serres bioclimatiques: 68

B. Les super-arbres : 70
C. Les jardins patrimoine et le monde de planètes : 72
D. Les Jardins d'enfant et les aires de jeux : 73
III.3.2.9. L'approche Biophilique dans les jardins de la bais : 74
III.3.2.10. Le Fonctionnement technique des Jardins de la baie de Singapour : 75
III.3-3.Exemple 03: L'académie des sciences de Californie (2005-2008) Etats-Unis, San Francisco. 76
III.3-3-1 Motivation du choix: 76
III.3-3-2 Presentation du projet: 76
III.3-3-3 La situation du projet: 76
III.3-3-4 Genese et principes: 77
III.3-3-5 Implantation du projet: 77
III.3-3-6 L'Accessibilité: 78
III.3-3-7 L'Environnement immédiat : 78
III.3-3-8 La façade: 78
III.3-3-9 Les coupes: 79
III.3-3-10 La Volumétrie: 79
III.3-3-11 L'organisation fonctionnelles: 80
III.3-3-12 Les proceeds bioclimatiques utilisées dans le projet: 81
III.3-3-13 Le toit vegetale un toit vivant qui applique l'approche biomimétique au niveau ecosystémique: 82
III.3-4 Exemple 04: La cite des sciences et de l'industrie la Villette France -Paris- 83
III.3-4-1 Motivation du choix: 84
III.3-4-2 Presentation de projet: 84
III.3-4-3 Analyse architectural de projet: 84
III.3-4-4 L'organisation fonctionnelle de projet: 85
Conclusion : 87

Deuxième partie : Partie Pratique

Chapitre IV : Approche Programmatique

Introduction : 90
IV.1-Objectif : 90
IV.2-Le Programme comparative des Exemples analysées : 91
IV.3-Le Programme quantitatif : 91
IV.4-Le Programme qualitatif des espaces principales : 95

Chapitre V: Approche Contextuelle

Introduction : 99
V.1-Motivation du Choix de la ville de Jijel : 99
V.2- Présentation de la ville de Jijel : 100
V.3- Situation géographique et limites : 100
V.4- Analyse SWOT (AFOM) sur la ville de Jijel : 101
V.5- L'Analyse climatique de la région de Jijel : 103
V.5-1- Le Climat de Jijel : 103
V.6- Analyse Bioclimatique de la ville de Jijel : 103
V.6-1 La Température : 103
V.6-2 La précipitation : 104
V.6-3 L'humidité : 105
V.6-4 L'Ensoleillement (Lux) : 105
V.6-5 Le diagramme solaire : 106
V.6-5-1 La Solstice d'hiver : 106
V.6-5-2 La Solstice d'été : 106
V.6-5-3 La Solstice d'automne-printemps : 107
V.6-6 La vitesse du vent (m/s) 107
V.6-7 La Rose des vents : 107
V.6-8 Le diagramme psychométrique de GIVONI : 108
V.7- La Zone d'étude : El Aouana : 109
V.7-1 Critère de choix de site de la zone d'El Aouana : 109
V.7-2 La situation d'El Aouana : 110
V.7-3 Les limites d'El Aouana : 111
V.8- Le terrain d'intervention : 111
V.8-1 La morphologie : 111
V.8-2 La topographie : 111
V.8-3 L'analyse bioclimatique : 112
V.8-3-1 L'ensoleillement/les vents : 112
V.8-3-2 L'ombre : 113
V.8-3-3 Les limites : 113
V.8-3-4 L'Accessibilité : 114
V.8-4 Analyse Historique : (le contexte urbain) : 114
V.8-5 Le cadre Bati/Non Bati : 115

V.8-6 L'Analyse Environnementale :(Contexte environnementale et naturel) : 115
V.8-6-1 La Faune : 116
V.8-6-2 La Flore : 117
V.8-6-3 La pollution : 117
V.8-7 L'Analyse Sensorielle et technique : 118
V.8-7-1 Le Confort Acoustique : 118
V.8-7-2 Le Confort Visuelle : 118
Conclusion : 120

Chapitre VI:Approche Architecturale

Introduction : 122
VI-1 La philosophie du projet : 122
VI-2 Principes et concepts : 123
VI-2-1 L'intégration au site : 123
VI-2-2 La Centralité : 123
VI-2-3 La variété : 124
VI-2-4 Articulation et unicité : 124
VI-2-5 Le mouvement : 124
VI-2-6 La Fluidité : 124
VI-2-7 La richesse visuelle : 124
VI-2-8 Le paysagisme : 124
VI-2-9 La lisibilité de la forme. 124
VI-2-10 La polyvalence. 124
VI-3 La Genèse du projet: 124
VI-4 Cadre conceptuelle basé sur l'approche biomimétique et biophilique pour une conception architectural durable : 129
VI-5 Outils de simulation : 134
VI-5-1 Définition de la simulation : 134
VI-5-2 La simulation thermique dynamique : 134
VI-5-3 La simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale : 135
VI-5-4 Les logicielles utilisé pour faire une simulation thermique..... 136
VI-5-5 Présentation du logiciel « ArchiWIZARD » : 139
VI-6 Système technique et constructif : 141
VI-6-1-Choix du système constructif : 141

VI-6-1-1-La structure métallique : 141
VI-6-1-2-La Structure Tridimensionnelle : 142
VI-6-1-3-La structure organique : 143
VI-6-2- Gros œuvres : 143
Conclusion générale 152
Bibliographie : 154

Liste des figures

Figure I. 1: Panorama de la Biodiversité Naturelle. 9
Figure I. 2 : Les différents niveaux de la Biodiversité. 10
Figure I. 3: Les composantes d'un écosystème. 13
Figure I. 4: Les interactions entre les différents composants d'un écosystème. 13
Figure I. 5 : Représentation simplifiée de l'ecosysteme forestier d'après P. Duvigneaud. 14
Figure I. 6: Différentes parties de l'écosystème marin. 15
Figure I. 7: Les liens entre les services d'origines éco systémiques et le bien-être de l'homme. 16
Figure I. 8: Carte des différents climats en Algérie. 17
Figure I. 9: Sourat al Rum 18
Figure I. 10: Les principaux causes du changement climatique. 19
Figure I. 11 : Fragmantation des habitats. 19
Figure I. 12: Photographie illustrant l'extinction d'une espèce (Le dernier souffle du dernier rhinocéros blanc). 20
Figure I. 13 : L'eutrophisation d'un millieu aquatique. 20
Figure II. 1: La machine volante de Leonardo Da Vinci. 25
Figure II. 2: Les premieres vols des freres wright. 25
Figure II. 3: Voiture bionique de Daimler Chrysler inspirée des schémas de croissance des poissons-boîtes et des arbres. 26
Figure II. 4: Les principes de biomimétisme 27
Figure II. 5: La spirale itérative de la demarche biomimétique. 27
Figure II. 6: Musée des sciences de Glasgow inspiré de l'escargo. 28
Figure II. 7: Le temple du Lotus à Delhi inspirée de la fleur de lotus. 28
Figure II. 8: Colonnes du temple de Philae inspirées des plantes 29
Figure II. 9: Le nombre d'or dans l'ancien Pharthénon grec. 29
Figure II. 10: Tour Eiffel inspirée du Fémur. 29
Figure II. 11: Colonnes de la façade Casa Batllo, et la sagrada familia 30
Figure II. 12:Hexagones dans la nature 31
Figure II. 13:Nouveau stade de Busra. 31
Figure II. 14: Jenny Sabin Studio « Lumen » 31
Figure II. 15: LILYPAD Ecopolis 32
Figure II. 16: Les dimensions de l'architecture biomimétique 33

Figure II. 17: Le centre d'art de Singapore inspire du Peau de fruit de Durian..... 33
Figure II. 18: Le marché de Royan de Louis Simon inspire de coquillage. 33
Figure II. 19: La hiérarchisation de systeme voirie de la Ville de Ghardaia inspirée de la ramification d'une feuille d'arbre. 33
Figure II. 20: Le village Olympique de Barcelone, architecte Franck Gehry. 34
Figure II. 21: Aéroport Lyon Saint-Exupery, architecte Santiago Calatrava. 34
Figure II. 22: The yellow lost dog, architecte François Scali. 34
Figure II. 23: La squelette du radiolaire pour la dome géodésique de Richard Buckminster 34
Figure II. 24: La toile d'araignée pour la structure tendue du stade Olympique de Frei Otto 34
Figure II. 25: Le Bambou ; Forme recherchée pour l'économie du matériau 35
Figure II. 26: Système de ventilation naturelle d'une termitière. 36
Figure II. 27: Fonctionnement de l'Estgate Center ; architecte Mike Pearce. 36
Figure II. 28: Dragonfly, un projet de biomimétisme écosystémique de Vincent Callebaut. . 37
Figure II. 29: L'Auerworld palace (Auerstedt, Allemagne). 37
Figure II. 30: Les Jardins de Babylone. 40
Figure II. 31: Le palais Alhambra. 40
Figure II. 32: Central Park de New-York. 40
Figure II. 33: les objectifs de la conception biophilique. 41
Figure II. 34: La maison forestière de Kuba Architecture 43
Figure II. 35: L'eau comme element sonsoriel dans la cascade dans falling water house 43
Figure II. 36: Coup de Lien invisible avec la nature. 43
Figure II. 37: Le musée de la geologie : un dialogue urbain souterrain. 44
Figure II.38: Coupe montrant le renouvellement d'air. House of Light & Wind / Ray Architecture Viet Nam. 44
Figure II. 39: L'effet de l'eau a l'interieur. 45
Figure II. 40 : La pénétration des rayons solaire 45
Figure II. 41: Le changement saisonnière. 45
Figure II. 42 : Exemple des formes biomorphique 46
Figure II. 43 : Sunny Hills Japan dessert shop-Tokyo- 46
Figure II. 44: Bureau de pont d'Issy développée par Altarea Cogedim 47
Figure II. 45: Nasu Teppee house a Japon 47
Figure II. 46 : La sensation du mystere 48
Figure II. 47: Nasu Teppee house a Japon 48

Figure II. 48 : Cadre conceptuel basé sur la nature pour une conception architecturale durable 50
Figure III. 1 : Cité des Arts et des sciences, Valence. 56
Figure III. 2: La situation de la cite d'art et des sciences par rapport la région,..... 57
Figure III. 3: la situation de de la cité d'art et des sciences par rapport la ville, ... 57
Figure III. 4: Plan de situation de la cité d'art sciences de valence par rapport la ville, ... 57
Figure III. 5: L'environnement immédiate 57
Figure III. 6: L'accessibilité de projet..... 58
Figure III. 7: Le plan de masse de la cité de valence..... 59
Figure III. 8: L'Hémisphérique..... 59
Figure III. 9: plan RDC de l'hémisphère..... 59
Figure III. 10: La façade de l'hémisphère 60
Figure III. 11: Le volume de l'hémisphère. 60
Figure III. 12: La structure de l'hémisphère..... 60
Figure III. 13: Le Palais des Arts Reine Sofia 61
Figure III. 14: les plans de palais des arts Reine Sofia..... 61
Figure III. 15: La façade de palais des arts Reine Sofia. 61
Figure III. 16: La structure de palais 61
Figure III. 17: le musée des arts prince Felipe. 61
Figure III. 18: les plans de musée des arts prince Felipe..... 62
Figure III. 19 : la façade Nord du musée des arts prince Felipe..... 62
Figure III. 20: la façade sud de musée des arts prince Felipe..... 62
Figure III. 21: la volumétrie de musée des arts prince Felipe 62
Figure III. 22: La structure de musée des arts prince Felipe 62
Figure III. 23: L'umbracle de la cite des science de valence..... 63
Figure III. 24: la façade de L'umbracle de la cite des sciences de valence. 63
Figure III. 25: la volumetrie de L'umbracle de la cite des science de valence..... 63
Figure III. 26: L'océanographique de cite des science de valence. 63
Figure III. 27: la facade de L'Océanographique de Valence (Félix Candela)..... 64
Figure III. 28: la structure de L'océanographique de cite des sciences de valence. 64
Figure III. 29: la volumetrie de L'océanographique de cite des sciences de valence..... 64
Figure III. 30: vue d'ensemble du jardin de la baie de Singapour..... 65
Figure III. 31: Plan de situation à l'échelle de la ville..... 65
Figure III. 32: Plan de situation à l'échelle du quartier. 65

Figure III. 33: Plan de situation des jardins de la baie de Singapour 65
Figure III. 34 : Plan de situation à l'échelle de la ville..... 66
Figure III. 35: les jardins sous la forme d'une fleur. 66
Figure III. 36 : L'accessibilité des jardins. 67
Figure III. 37 : Le plan de masse des jardins de la bais. 67
Figure III. 38: Les serres bioclimatiques des jardins de la baie..... 68
Figure III. 39: L'intérieur Serre des fleurs des régions méditerranéennes..... 68
Figure III. 40 : L'intérieur Serre des fleurs des régions montagnardes tropical 68
Figure III. 41 : La façade Postérieur..... 69
Figure III. 42 : La façade Latérales 69
Figure III. 43 : Coupe transversale. 69
Figure III. 44 : Coupe longitudinale 69
Figure III. 45: Les Stores..... 69
Figure III. 46: Le grillage. 70
Figure III. 47: La structure des serres..... 70
Figure III. 48 : le principe de transfert de chaleur à l'intérieur des serre 70
Figure III. 49 : Le plan de masse des supers-arbres 71
Figure III. 50 : Les supers-arbres..... 71
Figure III. 51 : la diversité des espèces et l'adaptation aux changements de saisons constituent le core des super-terres 71
Figure III. 52 : Imitation des super-arbres de mêmes principes d'arbre..... 72
Figure III. 53: durabilité environnementale: Récupération des eaux de pluie..... 72
Figure III. 54: durabilité environnementale: énergie solaire. 72
Figure III. 55 : plan de masse des jardins patremoinielle. 73
Figure III. 56 : Les jardins patremoinielle. 73
Figure III. 57 : plan de masse des jardins patremoinielle. 74
Figure III. 58: Les elements biophilique dans les Jardins de la baie 74
Figure III. 59 : Coupe schématique sur l'utilisation d'énergie biomasse dans les jardins de la baie 75
Figure III. 60: L'Académie des sciences de Californie. 76
Figure III. 61: Situation de l'académie des sciences à l'échelle de la ville..... 77
Figure III. 62 : Situation de l'académie des sciences à l'échelle du quartier 77
Figure III. 63 : l'académie des sciences de California. 77
Figure III. 64 : Les Collines de San Francisco. 77

Figure III. 65 : L'Académie des sciences de Californie 77
Figure III. 66: plan de mass de L'Académie des sciences de Californie 77
Figure III. 67 : les accès de L'Académie des sciences de Californie 78
Figure III. 68 : L'environnement immédiate de L'Académie des sciences de Californie 78
Figure III. 69 : La façade principale de l'académie + Réadaptée par auteur..... 78
Figure III. 70: La coupe A-A de l'académie + Réadaptée par auteur. 79
Figure III. 71: La coupe B-B de l'académie + Réadaptée par auteur. 79
Figure III. 72 : La volumétrie de l'académie..... 79
Figure III. 73: Plan sous-sole..... 80
Figure III. 74: Plan RDC 80
Figure III. 75 : Plan 1er étage..... 80
Figure III. 76 : Plan 2eme étage 81
Figure III. 77 : Plan de toiture 81
Figure III. 78 : Les proceeds bioclimatiques utilisees dans le projet. 82
Figure III. 79: Le toit écosytèmique de l'academie..... 83
Figure III. 80: La Cité des sciences et de l'industrie la Villette 83
Figure III. 81: Plan sous-sol -2 85
Figure III. 82 : Plan sous-sol -1 85
Figure III. 83: Plan RDC 85
Figure III. 84 : Plan 1er Etage 86
Figure III. 85 : Plan 2éme Etage..... 86
Figure IV. 1: Schéma explicatif du programme. 90
Figure IV. 2: Le Programme comparative des Exemples analysées 91
Figure V. 1: La ville de JIJEL. 99
Figure V. 2: Carte de répartition des 34 hotspots de la biodiversité mondiale..... 100
Figure V. 3: Les parcs nationaux en Algérie 100
Figure V. 4: les limites de la willaya de Jijel..... 101
Figure V. 5: carte des ensembles bioclimatique en Algérie 103
Figure V. 6: Le graphe de température de la willaya de Jijel. 104
Figure V. 7: Taux de précipitation de la willaya de Jijel. 104
Figure V. 8: l'humidité de la willaya de Jijel. 105
Figure V. 9: l'ensoliellement (lux) de la willaya de Jijel. 105
Figure V. 10: Le Diagramme solaire de la willaya de Jijel. (Hiver) 106
Figure V. 11: Le Diagramme solaire de la willaya de Jijel. (été)..... 106

Figure V. 12: Le Diagramme solaire de la willaya de Jijel. (Automne-printemps) 107
Figure V. 13: la vitesse du vent de la willaya de Jijel. 107
Figure V. 14: la rose des vents de la willaya de jijel. 108
Figure V. 15: Le diagramme bioclimatique de GIVONI. 109
Figure V. 16: El Aouana. 109
Figure V. 17: La situation d'El Aouana. 110
Figure V. 18: Les limites d'El Aouana. 111
Figure V. 19**:** La Morphologie de terrain d'intervention. 111
Figure V. 20: La coupe A-A. 112
Figure V. 21: La coupe B-B. 112
Figure V. 22: L'ensolliement et les vents du terrain d'intervention 112
Figure V. 23: la projection d'ombre sur le terrain. 113
Figure V. 24: la projection d'ombre sur le terrain. 113
Figure V. 25: L'accessibilité vers le terrain. 114
Figure V. 26: Phénomène d'étalement urbain et extension urbaine sur les espaces naturelle de l'ACL. 115
Figure V. 27: Carte illustrant le système bâti et non bâti de la région d'el Aouana. 115
Figure V. 28: la création des corridors écologique entre les différents écosystèmes et la profusion de la nature en ville. 116
Figure V. 29: la biodiversité de la faune dans la région d'El Aouana. 116
Figure V. 30: la biodiversité de la flore dans la région d'El Aouana. 117
Figure V. 31: la biodiversité de la flore dans la région d'El Aouana. 117
Figure V. 32: les Niveaux de nuisances sonores dans notre terrain. 118
Figure V. 33: différentes vues et panorama à partir du terrain. 118
Figure VI. 1 : Étapes de croissance du projet. 122
Figure VI. 2: Étapes de croissance du projet. 123
Figure VI. 3: Etape01-Les Axes- 124
Figure VI. 4: Étape 02-Les Axes- 125
Figure VI. 5: Étape 03-Le cycle de respiration. 125
Figure VI. 6: Étape 04-Le cycle de Krebs. 126
Figure VI. 7: Étape 05-L'imitation formelle 126
Figure VI. 8: Étape 07 128
Figure VI. 9: plan de masse prealable 128
Figure VI. 10: Simulation thermique dynamique (ArchiWizard). 135

Figure VI. 11: Schéma montre le rôle de la simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale 136
Figure VI. 12: logiciel de simulation Archiwizard. 139
Figure VI. 13: Les outils d'ArchiWIZARD. 140
Figure VI. 14: Bâtiment a structure métallique. 141
Figure VI. 15 : sphère en structure tridimensionnelle. 142
Figure VI. 16 : Structure tridimensionnelle ; vue intérieure Rendu Showcase 2014. 142
Figure VI. 17 : Structure tridimensionnelle ; coupe transversale Rendu Showcase 2014. ... 142
Figure VI. 18: La structure tridimensionnelle de notre projet (Entité planétarium). 142
Figure VI. 19: exemples de structure organique. 143

Liste des tableaux

Tableau IV. 1: Le Programme quantitatif 91
Tableau IV. 2: Le Programme qualitatif des espaces principales 95
Tableau V. 1: Analyse SWOT (AFOM) sur la ville de Jijel 101
Tableau V. 2: Les avantages et les incontinents de notre terrain d'intervention. .. 119
Tableau VI. 1: Cadre conceptuelle basé sur l'approche biomimétique et biophilique pour une conception architectural durable 129
Tableau VI. 2: Interopérabilité des quelques logicielles de simulation thermique dynamique. 137

CHAPITRE INTRODUCTIF

« Encourager la vie n'est pas une option mais un passage obligé pour tout organisme qui prévoit de rester ici à long terme. Si nous voulons continuer à vivre ici, nous devons apprendre de nos prédécesseurs comment filtrer l'air, purifier l'eau et enrichir le sol- préserver la richesse et la viabilité de notre habitat. C'est la réglé d'or du bon voisinage ». ***(Gauthier Chapelle).***

Introduction générale

« *La Nature est un professeur universel et sûr pour celui qui l 'observe.* » **Carlo Goldoni.**

Depuis longtemps la nature présente une source d'inspiration inépuisable et inestimable aux êtres vivants. 3,8 milliards d'années de recherche et de développement, d'adaptations et d'optimisations continues, avec un génie et une efficacité extraordinaire, qui bien souvent nous dépasse, nous impressionne, et nous émerveille, à partir de ce constat l'homme commence à observer, chercher et scruter des issues de survie et bienheureusement pour lui, la nature lui a mainte fois servi de guide, Abris, nourriture, matériaux et bien d'autres ressources lui ont permis d'évoluer jusqu'à ce jour.

L'homme a par ailleurs a constaté que la biodiversité et ses services écosystémiques lui sont indispensables pour maintenir sa vie sur terre, il a remarqué que les organismes naturels interagissent avec l'environnement pendant des millions d'années et conçoivent des systèmes biologiques très efficaces pour s'adapter aux conditions environnementales afin de surmonter les défis « Les différentes espèces animales ou végétales ont dû et résoudre de manière efficace, depuis 3,8 milliards d'années, des problèmes auxquels les hommes sont confrontés »[1].

A l'heure actuelle, lorsque l'industrie a étendu son influence sur la vie humaine, l'homme s'appuie de plus en plus sur la technologie pour son divertissement et son confort au point d'en oublier son environnement direct [2]. La dégradation graduelle de l'environnement naturel est alarmante, du fait de la surexploitation massive et à un rythme effréné des ressources naturelles, la déforestation à grande échelle ainsi que la pollution des écosystèmes et le dérèglement des services écosystémiques. Cela a imposé la nécessité absolue d'une prise de conscience et de la prise de mesures pour la sauvegarde et la préservation des espèces animales et végétales hautement menacées. « *Nous ne pouvons plus ignorer la nature, sa biodiversité, sa fragilité, sous peine de nous détruire nous-même. L'homme doit se penser dans son immanence vis-à-vis de son milieu* ». [3]

C'est dans ces conditions que la vision écologique est apparue, obligeant la société à revoir complètement son rapport avec son environnement, longtemps marginalisé ou traité indépendamment, alors qu'ils forment en ensemble un écosystème. En fait, cette approche, ne cesse à se développer en touchant de multiples domaines diversifiés dont celui de durabilité.[4]

[1] MONFORT-WINDELS Fabienne, Le bio mimétisme :la nature formidable source d'inspiration, SIRRIS Centre collectif de l'industrie technologique belge.P.91.
[2] Rania Mnif 2019, Quand l'architecture écoute la nature.P.05.
[3] Bigner G, « Architecture et écologie, comment partager le monde habité ? », Edition Eyrolles, 2012, p24.
[4] CLAUDE VALLEE, Biophilie : le contact avec mes plantes, essentiel à la santé ,2021.

La durabilité dont les bâtiments ont des répercussions sur le quotidien des citoyens, et génèrent l'empreinte sur l'environnement, d'où l'architecte est l'un des acteurs majeurs, des questions environnementales et de durabilité comme le dit **Antonio Gaudi** « *L'architecte du futur construira en imitant la nature parce que c'est la plus rationnelle, durable et économique des méthodes* » [5]. C'est pour ça que la réconciliation **nature-architecture** a était toujours l'objectif des architectes dans le contexte actuel.

En se sense des nouvelles pratiques et démarches sont apparues avec des solutions plus intelligentes pour approprier avec plus d'accointance les questions environnementales dans l'architecture et qui expriment leur rôle dans la réalisation d'un environnement durable à partir de la nature. Parmi celles-ci le biomimétisme *(s'inspirer de la nature)* et la conception biophilique *(amour de la nature).*

Le Biomimétisme 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 « *Le biomimétique est une conception durable de l'architecture dont les solutions proviennent de la nature* ».[6] Dans le même principe la conception biophilique est utilisée pour désigner de manière générale l'incorporation d'éléments naturels (l'air, l'eau, la végétation, les couleurs et la lumière…) dans le contexte qui est nécessaire pour concevoir des bâtiments et des paysages qui entretiennent un lien plus harmonieux entre l'homme et la nature. « *Le penchant pour la nature et l'incorporation d'éléments biophiliques dans l'environnement bâti s'observe dans plusieurs cultures et représente une pratique courante depuis les débuts de l'architecture* » [7].

En effet les concepts de biophilie et de biomimétisme se concentrent sur la relation humaine à la nature, basée sur la conviction qu'en comprenant mieux les processus d'adaptation évolutive, nous serons en mesure d'utiliser ces connaissances pour faire avancer les intérêts humains, en particulier dans la conception de l'environnement bâti et dans la promotion d'un monde plus durable, 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. Ont changé notre regard vers le monde naturel et montrent que la nature est la principale source pour atteindre la durabilité dans la conception architecturale.

[5] MONFORT-WINDELS Fabienne, « Le bio mimétisme, la Nature formidable source d'inspiration ».P.29.
[6] Micheal Pawlyn, « Biomimicry in Architecture », London, RIBA publishing, 2011
[7] Nelly Ramzy, « sustainable spaces with psychological connotation: historical architecture as reference book for biomimetic models with biophilic qualities », Journal international de recherche architecturale,2015, Vol 09,n°2,P 251.

PROBLEMATIQUE

L'Algérie se situe parmi les pays méditerranéens qui présentent une diversité écologique et écosystémique, sans égal sur les plans bioclimatique, morphologique, floristique et faunistique. Une telle diversité se traduit par une richesse de paysages et de milieux naturels de grande qualité, qui lui confère une valeur patrimoniale exceptionnelle dans le domaine de l'environnement naturel.[8]

Jijel, comme wilaya côtière, est considérée comme l'une des zones littorales les plus attractives du pays, possède un potentiel écologique important en biodiversité et espaces naturels, d'une corniche paradisiaque, une chaîne montagneuse qui représentent 82% du territoire de la wilaya, des lacs naturels et les grottes merveilleuses, un potentiel en terres à haute valeur agricole (plaines littorales et vallées : la plaine d'El-Aouana, Chekfa .... etc.). Ces milieux naturels sont très diversifiés et marqués par : des écosystèmes forestiers, écosystèmes marins, zones humides…etc. Comme le parc national de Taza qui a une importance en matière de diversité biologique a été classé réserve de biosphère par l'UNESCO en 2004, en raison de l'importance de sa diversité biologique[9]. Elle renferme des écosystèmes marins et terrestres au niveau desquels on dénombre plusieurs espèces protégées.

Malgré cette richesse endémique et rare, la ville connait une mauvaise exploitation des potentialités naturelles et une mauvaise planification littorale. La nature subit plusieurs formes d'agression causées essentiellement par l'homme ce qui a conduit à la régression et à la disparition de plusieurs espèces végétales et animales. Ainsi que la conception architecturale appliqué aux différentes constructions dans la ville est presque typifiée, ce qui a engendré une contradiction avec la nature locale qui est très diversifiée, aggravant ainsi le phénomène de rupture entre l'architecture et l'environnement dans lequel elle s'insère.

Nous avons pris la zone **d'El Aouana** à l'ouest de la région de Jijel, comme échantillon représentatif vue qu'elle occupe une situation stratégique importante dans les perspectives du développement de l'EST algérien, cette zone représente un exemple pertinent qui relève de la problématique de la préservation durable de la nature et des écosystèmes côtiers en Algérie , il est donc important de s'intéresser à l'investissement dans l'inspiration de la nature, en la revalorisant par une architecture respectueuse à son environnement.

[8] Claude Vallée 《 Biophilie : le contact avec mes plantes, essentiel a la santé » (2021).
[9] MAB : Programme UNESCO « l'Homme et la Biosphère » (2014).

QUESTIONS DE RECHERCHE

En guise de recherche de solutions, une question principale de recherche peut être soulevée :

- **Dans quelle mesure le biomimétisme et la conception biophilique qui ont fait leurs preuves face à des problèmes de toute sorte dans la nature peuvent assurent la durabilité de la relation de l'homme à son environnement dans un projet architectural scientifique intégrée dans un site présentant un patrimoine naturel?**

D'autres questions complémentaires peuvent être soulevées :

- **Comment rendre la zone d'El Aouana une unité vivante dans la ville de Jijel et faire profiter le public de sa patrimoine naturel ?**
- **Comment intégrer un projet architectural dans un site présentant un patrimoine naturel en péril tout en préservant ses valeurs biologiques (la faune et flore) et s'inscrivant dans une démarche respectueuse de l'écologie et de l'écosystème ?**
- **Comment vulgariser le savoir scientifique comme un outil de sensibilisation des gens ?**

HYPOTHESES

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

- ✓ L'utilisation de la conception biophilique et biomimétique pourrait être des outils adéquats pour créer une symbiose entre l'homme et son environnement naturel et bâti, de sorte que la nature dans la diversité de ses formes, procédés et stratégies, constitue une source infinie d'expérimentation, d'inspiration et d'innovation pour nos systèmes humains.
- ✓ La création d'une cité des sciences et de la nature peut être servira le trait d'union entre l'homme et son environnement.

OBJECTIFS ET INTENTIONS

- ✓ La mise en valeur du patrimoine naturel de la région de Jijel particulièrement la zone d'el Aouana et exploiter sa richesse naturelle à travers un projet de la culture scientifique.
- ✓ La Sensibilisation du public sur les questions environnementales pour développer un esprit responsable.

METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Pour atteindre les objectifs tracés et en vue d'apporter des réponses satisfaisantes aux questions soulevées dans la problématique, nous avons adopté la méthode de travail suivante qui va déterminer le sens de développement de notre recherche. Notre démarche méthodologique se décline en plusieurs étapes présentées comme suit :

- Approche théorique : La recherche dans cette partie comprend la collecte de documents, d'ouvrages, de revues, de travaux de recherche, d'articles de journaux, d'actes de séminaires ou colloques en plus de l'exploitation d'articles sur internet pour une lecture synthèse des notions en relation avec les éléments du thème choisi.
- L'analyse S.W.O.T sur la ville de Jijel.
- Approche opérationnelle : Comprenant la simulation à l'aide du logiciel informatique « Archiwizard », Analyse climatique de la ville de Jijel a travers le logiciel de climat consultant.

STRUCTURE DU MEMOIRE

Généralement, un projet d'étude obéit à un processus de développement bien défini pour assurer une succession logique, une cohésion et une continuité entre les différentes étapes théorique et analytique qui constituent le fond de ce travail, nous avons adopté une structure qui va déterminer la progression et le sens de développement de notre travail qui va se développer en quatre parties qui sont comme suit :

Partie Introductive :

Comporte une introduction générale présente notre thème de recherche, Ensuite une problématique dans laquelle plusieurs questions relatives au sujet sont soulevées. On a essayé de répondre aux différentes questions posées par de multiples hypothèses qui retracent les objectifs mentionnés, après cela vient la démarche générale qui explique les méthodes et les outils avec laquelle nous avons entrepris notre recherche.

Partie théorique et conceptuelle : Cette partie subdiviser on trois chapitres :

- **Chapitre I** : A travers ce chapitre nous abordons les bases de connaissance théoriques autour du sujet, traite des différents concepts de la biodiversité et l'écosystème et ses notions connexes, ensuit on va montrer les différents les différents impactes de l'homme sur l'environnement.
- **Chapitre II** : Dans ce chapitre, nous étudierons les concepts de biomimétisme et de la conception biophilique d'en faire sommairement sont historique, et d'exposer sont

principes, modelés et objectifs et d'en présenter sont applications en architecture et un cadre basé sur pour atteindre la durabilité.

- **Chapitre III** : Ce chapitre portera sur l'approche thématique, permet de définir notre thème de projet qui est la cité des sciences et de la nature ainsi que la culture scientifique et la sensibilisation de la nature. En second lieu, une l'analyse qui englobe quatre exemples de référence des cités des sciences et de la nature et voir comment introduire les principes biomimétiques et biophiliques dans ces exemples.

Partie Pratique :

Englobe trois chapitres :

- **Chapitre IV** : Portera sur l'approche programmatique et l'élaboration d'un programme quantitatif et qualitatif de notre projet.
- **Chapitre V** : Consiste sur l'approche contextuelle dont on procèdera par la présentation de la ville de Jijel, l'analyse de la zone d'étude (El Aouana), puis l'analyse de la zone d'intervention sur le plan géographique urbain et climatique.
- **Chapitre VI** : Consiste en la création du projet architectural allant du processus de conception, tenant compte des recommandations des approches analysées précédemment, passant par une simulation de projet et à la description des détails constructifs.

Conclusion Générale.

Première partie :

Approche théorique et conceptuelle

Chapitre I :

L'impact des activités humaines sur la dégradation de la biodiversité et les écosystèmes

A thing is right when it tends to preserve the integrity, stability, and beauty of the biotic community. It is wrong when it tends otherwise.

—Aldo Leopold, author of A Sand County Almanac-

Introduction :

Cette partie est composée de deux chapitres. Nous allons essayer de définir les différents concepts qui caractérise la relation de l'homme et son environnement. Il s'agit d'abord d'appréhender les concepts de la biodiversité et l'écosystème, ainsi que les problèmes effectues par l'homme a son environnement. Ensuite le biomimétisme et la biophilie dans le domaine de la conception en architecture.

L'objectif de ce chapitre est tout d'abord mettre un spot light sur les concepts utilisés et relevé toutes les ambiguïtés puis trouver les articulations entre ces différents concepts afin qu'ils deviennent une feuille de route pour l'élaboration de notre projet architectural.

I.1. Généralités sur la biodiversité :

I.1.1. Définition de la biodiversité biologique :

Le terme biodiversité contraction de biodiversité biologique a été introduit au milieu des années 1980 par des naturalistes s'inquiétant de la destruction rapide des milieux naturels et des forêts humides tropicales en particulier. Selon Edward O. Wilson (inventeur du mot « biodiversity ») : « la totalité de toutes les variations de tout le vivant ».[10]

Une définition officielle : la convention sur la diversité biologique définit la diversité biologique comme étant la « La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. ».[11]

Figure I. 1: Panorama de la Biodiversité Naturelle.
Source : https://www.asef-asso.fr/notre-sante/mon-jardin-2/notre-seminaire-sante-biodiv/

[10] Sylvie Alexandre et al ;(juin 2010) ; « la stratégie nationale pour la biodiversité : bilan et perspective » ; p.05.

[11] Christian Lévêque : op.cit. p.16-17.

I.1.2. Les niveaux de la biodiversité :

La biodiversité reflète le nombre, la variété et la diversité des organismes vivants aussi bien sur terre, dans le sol que dans l'eau. Elle comprend tous les organismes, depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux animaux et aux plantes plus complexes.

La biodiversité est habituellement subdivisée en trois niveaux :

- **La diversité génétique :** au sein des espèces. Elle se rapporte à la variété des gènes chez les plantes, animaux, champignons et micro-organismes.
- **La diversité des espèces :** qui fait référence à la variété des différentes espèces (plantes, animaux, champignons et micro-organismes)
- **La diversité des écosystèmes :** Elle fait référence à tous les différents habitats - ou endroits - qui existent sur la Terre, comme les forêts tropicales ou tempérées, les déserts chauds ou froids, les zones humides, les rivières, les montagnes, les barrières de corail, etc.[12]

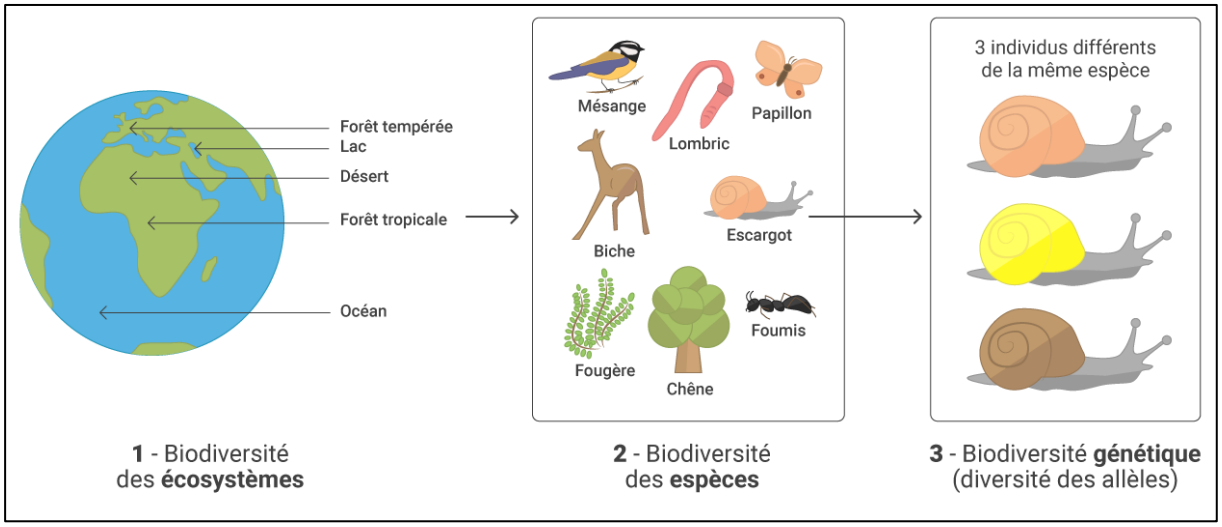


Figure I. 2 : Les différents niveaux de la Biodiversité.

Source : https://www.afterclasse.fr/fiche/287/la-biodiversite-resultat-et-etape-de-levolution/schema

I.1.3. Les Valeurs de la biodiversité :

La biodiversité participe à la stabilité et la résilience des systèmes naturels, ce qui nous incite à définir les différentes valeurs de la biodiversité :

I.1.3.1 Valeur écologique :

La biodiversité est le moteur de la résilience écologique car c'est une ressource naturelle

[12] Dr TEBANI Mohamed, « Cour de Conservation de la biodiversité et développement durable », Faculté des sciences de la nature et de la vie,2021. https://www.univ-chlef.dz/fsnv/wp-content/uploads/Cours-Conservation-de-la-Biodiversit%C3%A9-et-D%C3%A9veloppement-Durable-_-L3-Ecologie-et-environnement-Dr.-TEBANI-Mohamed_-1.pdf.

auto-entretenue directement utilisées par le système humain, participe au maintien des processus écologiques vitaux pour l'homme :

- Purification et détoxification : filtration, purification et détoxification de l'air de l'eau et du sol ;
- Processus cyclique : cycle des éléments nutritifs, fixation de l'azote, séquestration du carbone, formation des sols ;
- Régulation et stabilisation : lutte contre les ravageurs et les maladies, régulation du climat, atténuation des tempêtes et des inondations, contrôle de l'érosion, régulation des précipitations et de l'approvisionnement en eau ;
- Fourniture d'habitat : refuge pour les animaux et les plantes, entrepôt pour le matériel génétique ;
- Régénération et Production : production de biomasse fournissant matières premières et nourriture, pollinisation et dispersion des graines ;
- Information / Epanouissement : rôle esthétique, récréatif, culturel et spirituel, éducation et recherche. [13]

I.1.3.2 Valeur culturelle et sociale :

La biodiversité, patrimoine naturel vital pour chaque peuple et pays, est fortement liée aux besoins culturels et religieux (identité et patrimoine culturels, création artistique, croyances, coutumes, sites, paysages …). La biodiversité est aussi devenue un miroir de nos relations avec les autres espèces vivantes, une vue éthique avec des droits, des devoirs, et une nécessité éducative. [14]

I.1.3.3 Valeur économique :

La valeur économique de la biodiversité traduit son impact, en termes monétaires, sur le bien-être humain, ce qui tend à changer le comportement des humains vis-à-vis cette richesse, Par l'utilisation des espèces en tant que :

- Ressources pour la pharmacopée et pour la recherche
- Ressources alimentaires : gibier, poissons, céréales, fruits, plantes....
- Ressources génétiques pour les biotechnologies produites industriels : fabrication de fibres par le ver à soie, de laine, de bois, de coton, de parfums...

[13] BICHARI Thakur, « Social_Ecological_and_Economic_Values_of_Biodiversity »
[14] Pr Abdelkrim SI BACHIR, « Cour de Biodiversité : concept et outils de gestion », université de Batna, 2021. http://staff.univ-batna2.dz/sibachir_abdelkrim/classes/master-2-biologie-de-la-conservation.

I.1.3.4 Valeur éthique : droit du vivant et patrimoine naturel mondial

Le vivant est un patrimoine naturel issu d'un long processus évolutif dont nous avons hérité et qu'il serait de bonne intelligence de léguer aux générations futures afin qu'elles jouissent des mêmes bienfaits que nous actuellement.[15]

I.1.3.5 Valeur Scientifique : Cumul de connaissances

L'étude de la biodiversité par les scientifiques contribue au cumul de connaissances sur le monde. Parfois les études fondamentales peuvent même aboutir à des applications concrètes aux débouchés économiques non négligeables comme à travers les nombreux exemples de biomimétisme. [16]

I.1.3.6 Valeur éducative : Sensibilisation aux problématiques environnementales et construction de compétences

L'étude de la biodiversité permet de sensibiliser la population à l'importance de la biodiversité à travers ses valeurs :

- Savoir-faire ou Capacités : faire travailler sur la prise de notes et de photographies, la mise en forme d'une synthèse, la réalisation de comptes rendus, de posters, de maquettes…
- Savoir-être ou Attitudes : respecter l'environnement, développer l'esprit critique, adopter voire modifier des comportements (vis-à-vis des déchets, des amphibiens et serpents par exemples) …

I.1.3.7 Valeur esthétique : La beauté du monde vivant

Pour certains d'entre nous la seule beauté d'une espèce, d'un écosystème réside dans le plaisir et l'apaisement qu'elle procure, ce qui justifie qu'on conserve cette biodiversité.

I.2. L'écosystème :

« Eventually we'll realize that if we destroy the ecosystem, we destroy ourselves. »

– Jonas Salk -

I.2.1. Un écosystème c'est quoi ? :

« La notion d'écosystème est née de notre esprit cartésien, qui nous conduite à subdiviser tout système complexe, en l'occurrence la planète, en sous-ensembles d'apparence homogène». [17]

[15] Projet-Biodiv , L'éducation au service de la biodiversité , https://projet-biodiv.com/la-valeur-de-la-biodiversite/ , consulté le 15-10-2022 .
16 Projet-Biodiv , L'éducation au service de la biodiversité , https://projet-biodiv.com/la-valeur-de-la-biodiversite/ , consulté le 15-10-2022 .
[17] Faurie C., & al, « Ecologie approche scientifique et pratique », 6e édition, TEC ET DOC, p3

Un écosystème comprend un milieu, les êtres vivants qui le composent et toutes les relations qui peuvent exister et se développer à l'intérieur de ce système, il est composé de deux éléments « la biocénose » qui est l'ensemble des êtres vivants et le « biotope » qui est le milieu. C'est un ensemble de vie équilibré, autonome stable et complexe. « La diversité d'un écosystème est un indicateur de sa richesse et donc de sa capacité à résister ou à s'adapter aux changements en conservant une certaine spécificité, elle est ainsi perçue Comme une valeur positive ».[18]

Ce qui nous amène à comprendre que :

Écosystème = biotope + biocénose

Figure I. 3: Les composantes d'un écosystème.

Source : https://www4.ac-nancy-metz.fr/eedd88/wp-content/uploads/diaporama-la_biodiversite.pdf.

Les éléments constituants un écosystème développent un réseau d'échange d'énergie et de matière permettant le maintien et le développement de la vie.

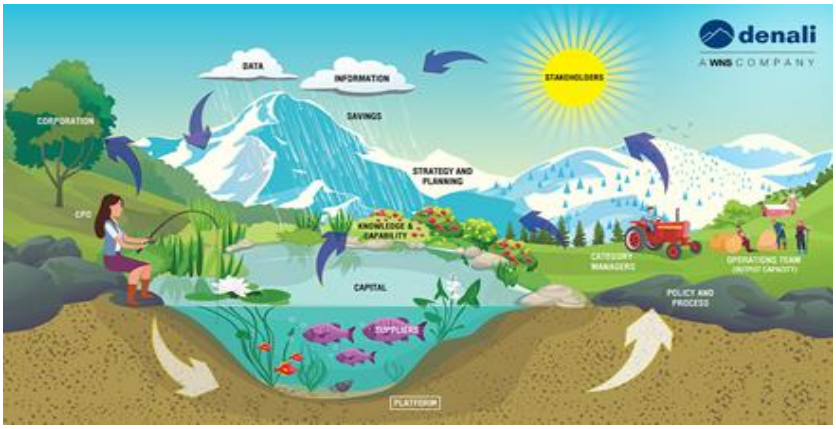


Figure I. 4: Les interactions entre les différents composants d'un écosystème.

Source : https://www.proprofs.com/quiz-school/story.php?title=interactions-in-ecosystem_2

I.2.2. Les types des écosystèmes :

I.2.2.1. Les écosystèmes terrestres :

Sont classés en différents types en fonction de la température et des précipitations annuelles. Quelques exemples d'écosystèmes terrestres sont énumérés ci-dessous :

- *L'écosystème désertique, L'écosystème des prairies, L'écosystème agricole,*

[18] Claude Vidal & Pol Marquer ; [2002] ; « Vers une agriculture européenne durable : outils et méthodes » ; Educagri Ed,p,34.

- ***L'écosystème forestier :***

Les forêts constituent des écosystèmes particulièrement précieux pour l'humanité. En effet la forêt est un réservoir de biodiversité végétale et animale [19] offre des services précieux (la régénération des sols, le recyclage des nutriments et la conservation de l'eau permettant le fonctionnement de l'écosystème provient essentiellement du soleil (énergies thermique et lumineuse, des échanges et transformations…).

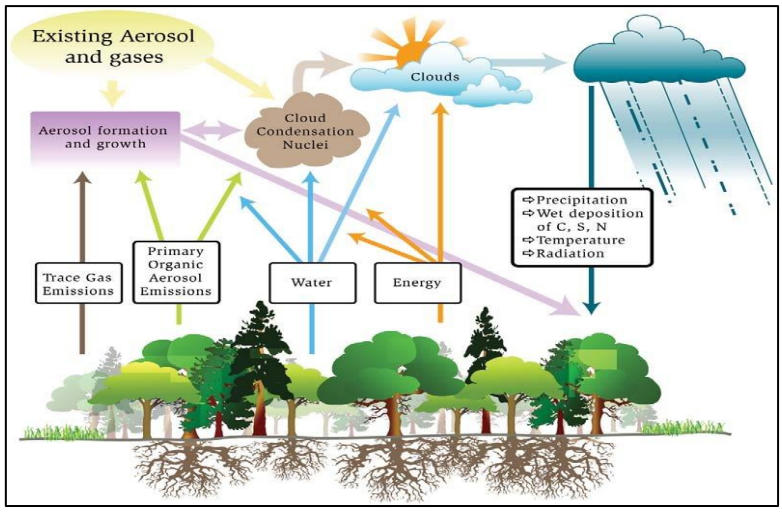


Figure I. 5 : Représentation simplifiée de l'ecosysteme forestier d'après P. Duvigneaud.

Source : Cours sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes de Mouquet N. Université de Montpelier, France.

I.2.2.2. Les écosystèmes Aquatique :

Les écosystèmes aquatiques sont principalement de deux types :

- ***L'écosystème d'eau douce : le Lentique et le Lotique.***
- ***L'écosystème marin :***

La biodiversité marine est l'un des plus grands réservoirs naturels de carbone. Assure ailleurs par un grand nombre des services que le recyclage écologique tels organique, l'utilisation de CO2 atmosphérique et la production d'oxygène par les algues marines. Il stocke 15 fois plus de CO2 que la biosphère terrestre et les sols en plus de jouer un rôle important dans la modération du climat.

[19] Drabo Ibrahima « Activités anthropiques et menaces sur la Biodiversité »2009, https://www.planetere.org/bulletin/2009/pdf-doc/Biodiversite-Drabo-Ibrahima.pdf

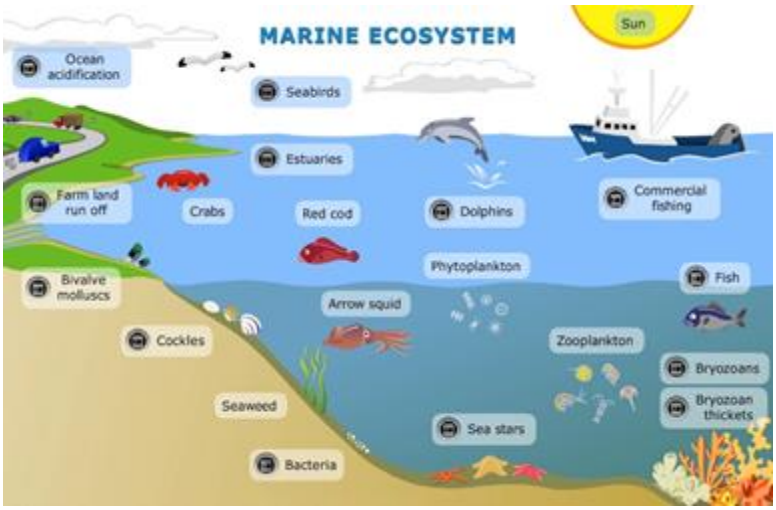


Figure I. 6: différentes parties de l'écosystème marin.
Source : https://www.sciencelearn.org.nz

I.2.3. Les services écosystémiques :

Quatre différentes sortes de services, tous indispensables à la santé et au bien-être humain ont été identifiés, à savoir :

- ***Les services d'assistance ou de soutien :*** formation du sol, photosynthèse et recyclage des substances fertilisantes, en l'absence desquels il n'y aurait ni croissance ni production. Ce sont les services qui assurent le maintien des conditions favorables à la vie sur terre.
- ***Les services d'approvisionnement :*** matières et matériaux fournis à l'homme par les écosystèmes, comme la nourriture, l'eau potable, les matériaux de construction, les combustibles, les fibres naturelles et des modelés qui ont servis à construire des agrosystèmes.
- **Les services de régulation :** dans des écosystèmes en équilibre il n'y a pas de catastrophes naturelles. D'une part, ils régulent le climat, les précipitations, l'épuration de l'eau, etc. D'autre part, ils régulent les populations ce qui éviterait les épidémies car il ne peut y avoir d'être vivants qui prédominent sur les autres.
- ***Les services culturels :*** étant les bénéfices immatériels issus des écosystèmes : beauté, inspiration, récréation et bien-être spirituel, etc.[20]

[20] Mle. ABROUS Imane, Mle. BATTOU Lynda (2019). Mézaïa's Ecorium ; pour la conservation et la gestion durable des écosystèmes. Mémoire de master. Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou.

Figure I. 7: Les liens entre les services d'origines éco systémiques et le bien-être de l'homme.
Source : Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire.

I.2.4. Les Caractéristiques des écosystèmes algériens :

De par sa grande superficie, l'Algérie dispose d'un climat varié : humide, subhumide, semi-aride et aride/saharien. Cette diversité bio climatologique est à l'origine de l'existence d'une diversité taxonomique, écosystémique et paysagère importante. « L'atelier du 23 Décembre 2014, a ramené le nombre d'écosystèmes à 6 ».[21]

Les écosystèmes typiques sont les suivants :

- ***Les écosystèmes marins et côtiers :*** Ils sont situés sur la frange littorale au Nord. Ils s'intègrent dans l'un des secteurs phytogéographiques les plus riches. Néanmoins, leur superficie est relativement faible (0,07 % de la superficie du pays).
- ***Les écosystèmes des zones humides :*** Ils s'étendent sur une superficie relativement importante, dont une grande partie est représentée par des chotts* et des sebkhas*, essentiellement salés et abiotiques dans l'essentiel de leur aire.
- ***Les écosystèmes montagneux/forestiers :*** Les écosystèmes montagneux (3,66 %) et forestiers (1,72 %) ne sont pas très étendus mais jouent un rôle important en Algérie en termes de biodiversité.

[21] Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnent, Projet MATE-PNUD-FEM, Etude diagnostique sur la biodiversité et les changements climatiques en Algérie, 2015.

- ***Les écosystèmes steppiques*** : Ils sont marqués quant à eux par une grande diversité paysagère en relation avec une grande variabilité des facteurs écologiques. Ils sont actuellement très dégradés.
- ***Les écosystèmes sahariens :*** Ils sont largement dominants (87% de la superficie de l'Algérie).
- ***Les écosystèmes agricoles :*** Les écosystèmes agricoles sont essentiellement localisés au niveau des hautes plaines agricoles ainsi que les plaines littorales. [22]

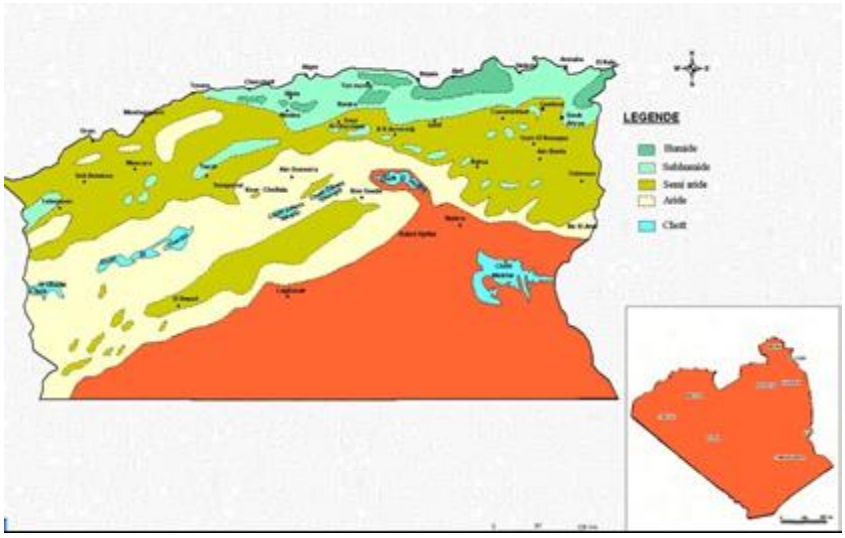


Figure I. 8: Carte des différents climats en Algérie.
Source : Agence nationale d'aménagement du territoire

I.3. L'impact de l'homme sur la dégradation et la perturbation de la biodiversité et les menaces des écosystèmes :

« We won't have a society if we destroy the environment. »

- Margaret Mead-

I.3.1. Quelle interaction entre homme - environnement ? :

Il se trouve qu'aujourd'hui que la relation entre l'homme et l'environnement ne sont plus guère soutenables, et c'est l'homme qui est le 1er responsable de le perturber, le coran dit depuis des siècles dans ce contexte :

[22] MATE, Ibid.

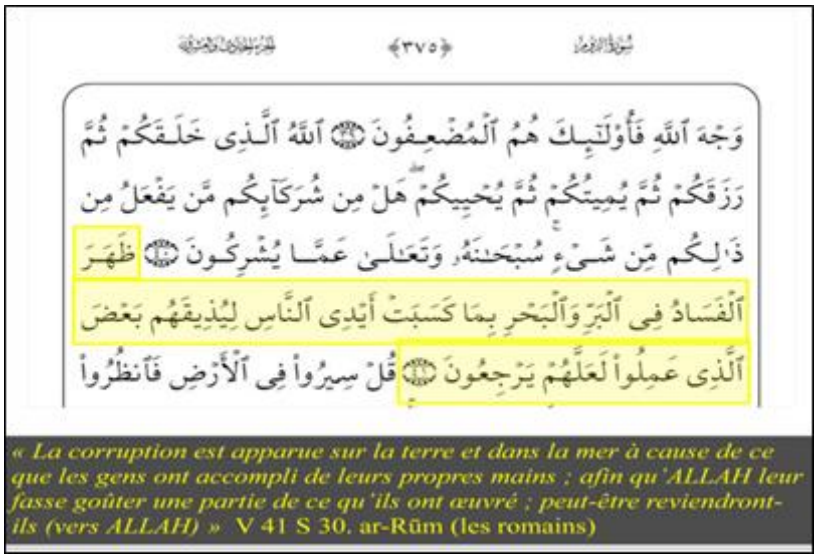


Figure I. 9: sourat al Rum

Source : Google image

En général, le milieu naturel procure à chaque espèce ce dont elle a besoin. Mais les activités humaines perturbent cet équilibre, et ce, parfois, à tel point que les conditions nécessaires à la survie des espèces ne sont plus remplies. En conséquence, certaines espèces ne sont plus en mesure de répondre à leurs besoins et déclinent. D'autres espèces sont affaiblies par ces perturbations et résistent moins bien aux situations critiques (pollution, réchauffement climatique, sécheresse, maladies, parasites, prédateurs...). [23]

Les activités humaines ont conduit le plus souvent à la destruction d'espaces naturels, leur fragmentation et de ce fait à une perte observée de la biodiversité. « La biodiversité apparait aujourd'hui comme un problème d'environnement globale nécessitant des solutions urgentes. Dans une certaine mesure, ce problème est de même nature que celui des changements climatiques, l'horme étant dans les deux cas responsables ! Tout un argumentaire a donc été développé pour montrer que la protection de la biodiversité est importante pour l'humanité ».[24]

[23] Les cahiers de développement durable, La biodiversité et les aspects environnementaux, http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/07-la-biodiversite-aspects-environnementaux/,Consulté le 25-10-2022.
[24] Christian Lévêque ; (2008) ; « La biodiversité au quotidien :Le développement durable à l'épreuve des faits »P.23.

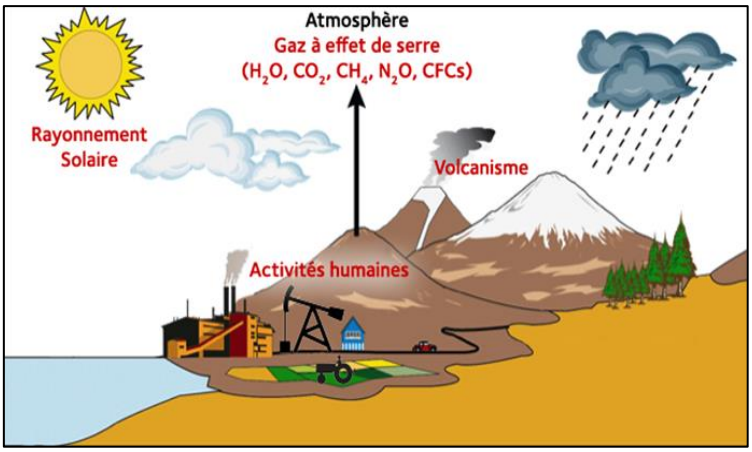


Figure I. 10: Les principaux causes du changement climatique.
Source : Équiterre, 2011

I.3.2. On distingue différents types de menaces pour la biodiversité dues aux activités humaines :

Aujourd'hui, les activités humaines ont un tel impact de l'homme sur les écosystèmes que l'on parle désormais « d'anthropocène pour qualifier la période à partir de laquelle l'influence de l'homme sur son milieu a commencé à le transformer radicalement »[25] .

- ***La disparition, fragmentation ou transformation des habitats :*** La fragmentation des habitats est une des atteintes majeures à la biodiversité.[26] L'intensification de nombreuses activités comme l'agriculture, la sylviculture, l'industrie, l'urbanisation, le tourisme, etc. entraîne la perte ou la dégradation des milieux naturels. Ainsi, certaines zones naturelles qui constituent l'habitat des animaux et des plantes ont été lourdement réduites ou carrément détruites. [27]

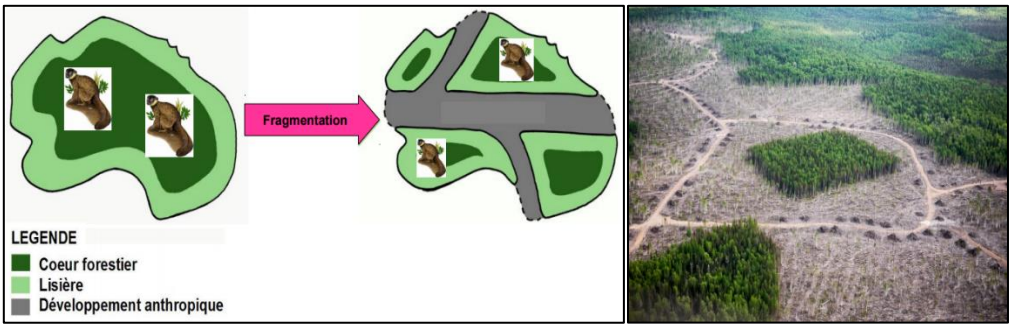


Figure I. 11 : Fragmantation des habitats.
Source : Antoine Rouillé 2018.

[25] La plateforme de l'engagement RSE et de développement durable : https://e rse.net/définitions/écosystème-définition-enjeux.
[26] Harrisson S. & Bruna E., 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? Ecography, 22, 225-232.
[27] Les cahiers de développement durable, La biodiversité et les aspects environnementaux, http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/07-la-biodiversite-aspects-environnementaux/,Consulté le 25-10-2022.

- ***La surexploitation des espèces (modification du couvert végétal par des exploitations anarchiques non contrôlé) :*** L'exploitation non durable des ressources naturelles dégrade des zones de vie des populations humaines et altère leur santé. Elle détruit aussi des écosystèmes entiers et perturbe leur fonctionnement global, ainsi que tous les services écosystémiques qu'ils assurent. Ces conséquences peuvent être irréversibles, du moins à l'échelle temporelle humaine (le réchauffement climatique par exemple). [28]

Figure I. 12: Photographie illustrant l'extinction d'une espèce (Le dernier souffle du dernier rhinocéros blanc).
Source : www.thetimes.com

- ***L'eutrophisation et l'acidification des océans :*** L'utilisation croissante d'engrais azotés et phosphatés dans l'agriculture favorise la prolifération des végétaux aquatiques qui épuisent rapidement l'oxygène dissous dans l'eau. C'est le phénomène d'eutrophisation. L'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone provoque l'acidification des océans, susceptible d'avoir des effets à grande échelle, en particulier sur les organismes à coquille et les récifs coralliens.[29]

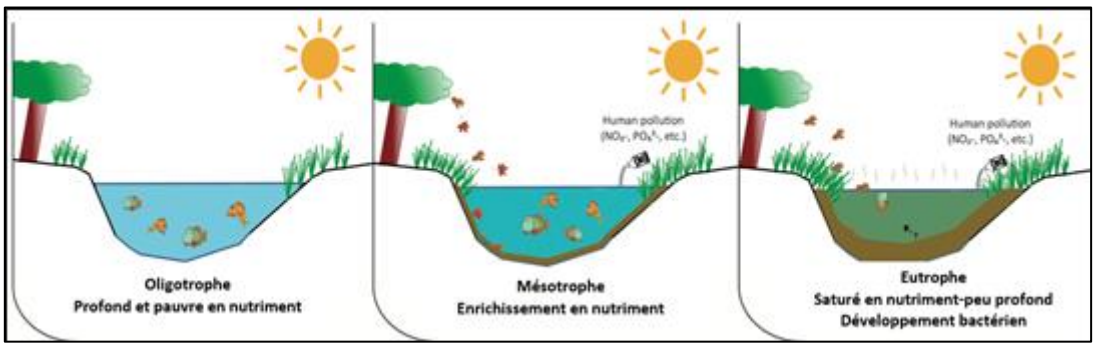


Figure I. 13 : L'eutrophisation d'un millieu aquatique.
Source : https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/

[28] Nature France, (Surexploitation des ressources Comment évoluent les pressions liées à la surexploitation des ressources ?), https://naturefrance.fr/surexploitation-des-ressources,Consulté le 25-10-2022.
[29] Les cahiers de développement durable, La biodiversité et les aspects environnementaux, http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/07-la-biodiversite-aspects-environnementaux/,Consulté le 25-10-2022.

I.3.3. La nécessité de protéger les écosystèmes :

Les écosystèmes, protégés et gérés durablement, apportent une large gamme de services indispensable aux populations humaines. En effet les écosystèmes jouent un rôle important dans le cycle global du carbone. « Ils absorbent environ la moitié des émissions de CO2 générée par les activités humaines chaque année. En captant et stockant le carbone, ils contribuent ainsi à l'atténuation des changements climatiques. Au contraire, leur disparition et leur dégradation contribue à l'augmentation des gaz à effet de serre. »[30]

De ce fait, plusieurs organismes veillent à leur protection parmi eux :

- **L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM) :** « Instaurée en 2001, elle a pour objectif d'évaluer les conséquences des changements écosystémiques sur le bien-être humain »[31] . Elle établit également la base scientifique pour mettre en œuvre les actions nécessaires à l'amélioration de la conservation et de l'utilisation durable de ces systèmes, ainsi que de leur contribution au bien-être humain.
- **L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) :** « Elle établit chaque année une liste rouge des écosystèmes menacés qui constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales ».[32] Elle s'appuie sur une série de critères précis pour évaluer le risque d'extinction de milliers d'espèces et sous-espèces. Ces critères s'appliquent à toutes les espèces et à toutes les parties du monde.

1.3.4. Cadre institutionnelle et règlementaire de la protection de la biodiversité et les écosystèmes en Algérie:

Dans le cadre de la contribution de l'Algérie à la Conférence des Nations Unies sur le Développement durable (Rio+20), plusieurs acquis en termes de sauvegarde de biodiversité ont été recensés, parmi eux:

- ✓ **Mise en œuvre de la CDB, la CCNUCC** (Convention Cadre des Nations Unis sur les Changements Climatiques) et la CLD (convention de la lutte contre la désertification) avec les SPANB (stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité) 2016-2030 (Projet MAT-PNUD-FEM, 2015).Cette approche a comme orientations :

-Adapter le cadre institutionnel, stratégique et législatif afin de mieux prendre en charge la biodiversité

[30] Blouin M., maitre de conférences à l'Université Paris Est de Créteil, reportage sur les écosystèmes menacés : https://www.youtube.com/watch?v=J0V70zcwDn8
[31] Site de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire : https://www.millenniumassessment.org/fr
[32] Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire, 2005, p5.

- Sensibiliser et communiquer sur l'importance de la biodiversité pour un développement durable inclusif

-Promouvoir la conservation et la restauration de la biodiversité afin de pérenniser et développer le capital naturel algérien

- Développer les filières clés de la biodiversité afin d'assurer la production durable des biens et services fournis par les écosystèmes naturels comme contribution à la croissance verte en Algérie (SPANB, 2016).

✓ **Sensibilisation et éducation à l'environnement**, ce volet est mis en œuvre en direction d'un large public, notamment des jeunes. Des centres d'éducation environnementale et de sensibilisation du public ainsi que des écomusées se multiplient à travers le pays, même s'ils restent encore peu nombreux (Projet MAT-PNUD-FEM, 2014).

✓ **Le schéma national de l'aménagement du territoire** prévoit d'ici une vingtaine d'années : la création de 24 aires marines et 25 aires terrestres. (Laouar, 2010). les écosystèmes littoraux figurent au tout premier rang de ceux qui nécessitent les plus urgentes et les plus drastiques mesures de conservation car ils cumulent le maximum de causes de dégradation (CDB Algeria, 1997).

✓ **La loi n 03-10 du 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable comprenant : le principe de préservation de la diversité biologique, selon lequel toute action évite d'avoir un effet préjudiciable notable sur la biodiversité et le principe de non-dégradation des ressources naturelles, selon lequel il évité de porter atteinte aux ressources naturelles telles que l'eau, l'air, le sol et le sous-sol.

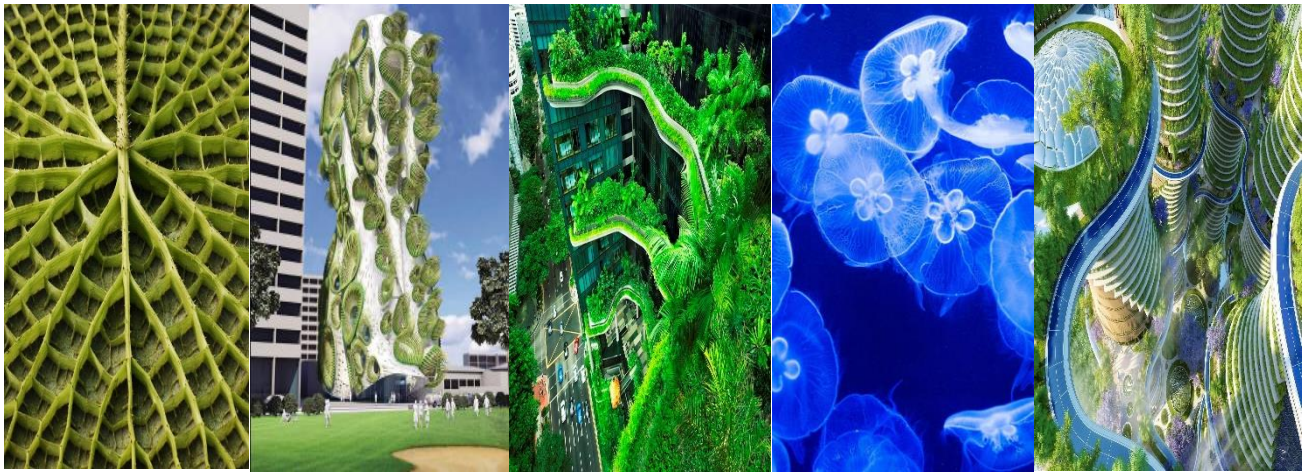
✓ **Conservation des espèces de faune sauvage** : des efforts significatifs ont été fournis en termes de réhabilitation concernant deux espèces d'antilopes (gazelle dorcas et leptotène) et des réintroductions ont été opérées en in situ du pays.

Conclusion :

L'Algérie possèdent une grande variété d'écosystèmes ayant de nombreux services directs et indirects permettant le bon fonctionnement de la nature. Toutefois, cette richesse naturelle est menacée, principalement par les activités humaines qui ne cessent de s'accroitre. Ces écosystèmes se dégradent et finissent donc par ne plus assurer leurs fonctions et les services qu'ils rendent aux sociétés humaines. On conclut donc que la biodiversité écologique représente une richesse naturelle qu'on doit absolument protéger et considérer afin de profiter de tous ses services indispensables à un mode de vie sain dans tous les domaines, parmi eux l'architecture, car en intégrant la biodiversité dans la conception, on réalise un équilibre écologique qui n'entrave pas à la vie existante et qui au contraire contribue à l'évolution de cette dernière.

Chapitre II :

Le biomimétisme et la conception biophilique pour une architecture durable qui relier l'homme avec son environnement



« Regardez au plus profond de la nature et vous trouverez la réponse ».

-Albert Einstein-

Introduction:

*« The more our world functions like the natural world, the more likely we are to endure on this home that is ours, but not ours alone. »***- Janine M. Benyus -**

La nature est considérée comme le professeur permanent et universel au cours de l'histoire et dans tous les domaines. Elle a fait évoluer ses systèmes pendant des milliards d'années et ils travaillent en harmonie les uns avec les autres. Les animaux, les plantes et les microbes sont des ingénieurs qualifiés. Ils ont trouvé ce qui fonctionne, ce qui est approprié, et ce qui dure.

La bio-inspiration pend le vivant pour model afin de recréer un rapport à la nature par l'architecture pour développer de nouvelles interactions entre l'homme et ses environnements.

Dans ce chapitre là on va construire une base théorique sur la bio-inspiration est évoqué les concepts du « Biomimétisme » et « la conception biophilique ». On va voir comment peut le génie de la nature influence l'architecture pour rependre aux enjeux environnementaux actuel et réduire la consommation énergétique dans le cadre d'une conception durable.

La bio-inspiration :

La bio-inspiration est la discipline dite « générale ». Il s'agit de s'inspirer de la nature et de la biologie afin de répondre à des problématiques humaines, la « bio-inspiration » : l'architecture biomorphique, l'architecture bionique ou encore l'architecture biophilique, une approche qui cherche à connecter plus étroitement les occupants des bâtiments avec la nature.[33]

La bio architecture utilise l'inspiration de la nature pour conduire le design, la fonction et la matérialité de l'architecture, elle cherche à intégrer la nature dans l'architecture. Elle englobe à la fois : la bio inspiration directe et la bio inspiration dérivée. La bio inspiration directe ne nécessite pas d'intervention de l'ingénierie.

II.1-L'architecture biomimétique une innovation durable veut valoriser la nature.

II.1.1 Etymologie et définition du biomimétisme :

Le terme biomimétisme « biomimicry » en anglais provient de la réunion de deux mots grecs : βίος bíos, signifiant la vie, et μίμησις mímêsis, signifiant imité.

Le bio mimétisme est une discipline qui étudie les meilleures idées de la nature pour ensuite les imiter et appliquer leurs concepts et processus aux problèmes humains, le processus de l'imitation est à la base de tout apprentissage, et imiter les autres espèces est un phénomène que l'on retrouve dans la plupart des cultures en contact étroit avec le monde vivant. [34]

[33] Natasha Chayaamor-Heil, *et al.,* « Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils ».
[34] SCHROETER D'orna, (2006). Introduction au biomimétisme, traduit par Rachid ROUBA.P.13.

« BIO = Nature, MIMETISME = Imitation » Biomimétisme = X+ biologie (X=architecture, ingénierie, design, chimie, gestion...).

Selon la biologiste américaine Janine Benyus dans son ouvrage (Biomimcry inspired by Nature) : « Le biomimétisme est une démarche d'innovation, qui fait appel au transfert et à l'adaptation des principes et stratégies élaborés par les organismes vivants et les écosystèmes, afin de produire des biens et des services de manière de l'inspiration au point que l'on parle aujourd'hui de bio-inspiration durable, et rendre les sociétés humaines compatibles avec la biosphère ».[35]

II.1.2 L'Emergence du biomimétisme (Origine et évolution) :

L'un des premiers exemples qui imite de la nature est l'étude de vol d'oiseaux par Abbas Ibn Fernas (810-887) qui cristallisant la fascination que l'homme a pour le vol aérien, n'aura eu e cesse, tout au long de sa vie, que de tenter de écrypter le mécanisme mis en œuvre par les oiseaux[36] . Puis par Leonardo Da Vinci (1452-1519) qui fut un grand interprète de la nature il l'a utilisée pour guider le développement de ses inventions, a appliqué le biomimétisme à l'étude des oiseaux dans le désir de permettre à l'homme de voler.[37], il créa ses « folles » machines volantes en se basant sur l'étude du vol des oiseaux, ce qui a mené au premier avion contrôlé par les frères Wright en 1903.

Figure II. 1: La machine volante de Leonardo Da Vinci.

Source : https://www.leonardo-da-vinci.net/fr/machine-volante/

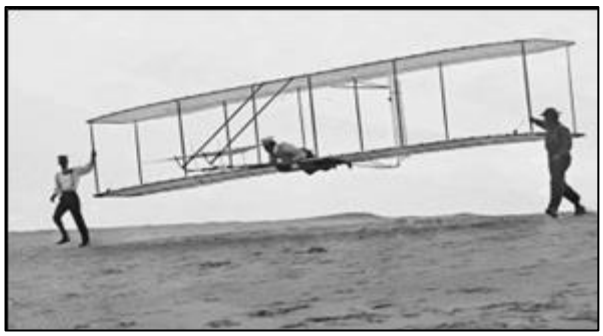


Figure II. 2: Les premieres vols des freres wright.

Source :https://fr.rayhaber.com/2020/10/Qui-sont-les-fr%C3%A8res-Wright/

Ensuite il Ya eu les travaux de Thompson en 1945 dans son ouvrage « on growth form ». Sont considérés parmi les premiers qui traitent les organismes vivants comme mod²èles pour les solutions d'ingénierie. Ceci dit la vraie pratique du biomimétisme est née avec le scientifique

[35] BENYUS Janine, (1997). « Biomimcry : Innovation inspired by nature », New York: William Morrow & Co.
[36] Jamsari, E. A., Nawi, M. A. M., Sulaiman, A., Sidik, R., Zaidi, Z., and Ashari, M. Z. A. H., "Ibn Firnas and his contribution to the aviation technology of the world," Advances in Natural and Applied Sciences, vol. 7, pp. 74-79, 2013.
[37] Pelcé, P.," New Visions on Form and Growth", Oxford, 2000.

Otto shmitt en 1950 avec la tentative de reproduction de l'action électrique d'un nerf, et son invention du terme : « biomimitic » qui a été employé pour la première fois en 1969. Janine Benyus, biologiste, auteur, consultante en innovation et autoproclamée « nature nerd » a popularisé le terme biomimétisme dans son livre intitulé « Biomimétisme, quand la nature inspire des innovations durables » en 1997 [38]**.** La notion de biomimétisme prit un second souffle.

En 2008, L'institut de biomimétisme Bryony Schwan a lancé Ask Nature.org, un site Web primé qui cherche à inspirer les concepteurs, les architectes, les stratèges commerciaux et autres innovateurs à l'information biologique pertinente à leurs défis de conception de service ou de produit de bio-inspiration[39] .

Aujourd'hui les avancées scientifiques et techniques ouvrent des nouveaux champs d'application par l'observation de la nature et de ses composants pour interpréter ses principes dans les transposer aux créations humaines.

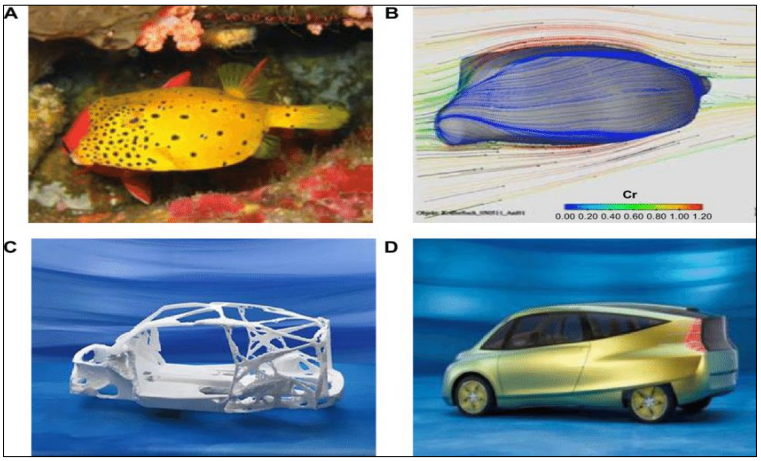


Figure II. 3: Voiture bionique de Daimler Chrysler inspirée des schémas de croissance des poissons-boîtes et des arbres.

Source : https://www.researchgate.net

II.1.3 Les principes de biomimétisme :

Quelques principes directeurs guidant la biomimétique et le bio mimétisme architectural peuvent être dégagées, ces principes convergent vers ce qui caractérise l'architecture durable même si la définition et les contours de cette dernière ne sont pas vraiment stabilisés, ainsi, plusieurs principes régissent la conduite des organismes vivants et sont transposables à l'architecture [40] :

[38] Hadbaoui ; « Pratique du biomimétisme dans l'architecture bioclimatique : Essai sur la performance énergétique des enveloppes architecturales autonomes responsives dans un climat aride », université de Constantine, 2018.
[39] Biomimicry3.8&The Biomimicry Institute AskNature 2016.
[40] BENYUS Janine, (2011). « Biomimétisme, quand la Nature inspire des innovations durables », édition Rue de l'échiquier, collection lnitial(e) DD. P.16.

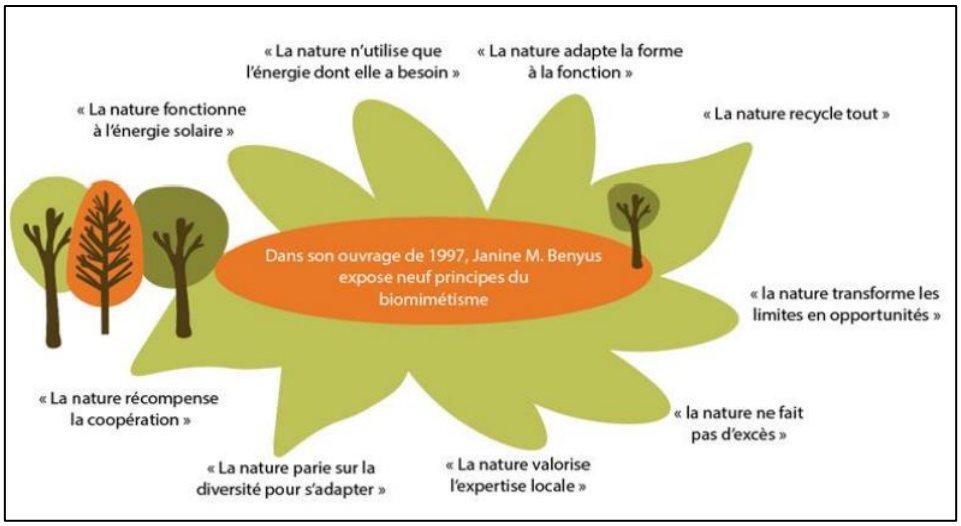


Figure II. 4: Les principes de biomimétisme
Source : LOUNIS, BOULASSEL 2021.

II.1.4 Les étapes principales de la démarche biomimétique :

Le biomimétisme consiste à identifier, interpréter, chercher, extraire, imiter et évaluer ce que la nature montre de mieux pour concevoir des produits et systèmes innovants. Cette démarche prometteuse vise à produire des biens et des services durables (énergie non polluante, technique intelligente, matériaux recyclés...) à la société et rendre celle-ci compatible avec la biosphère.[41]

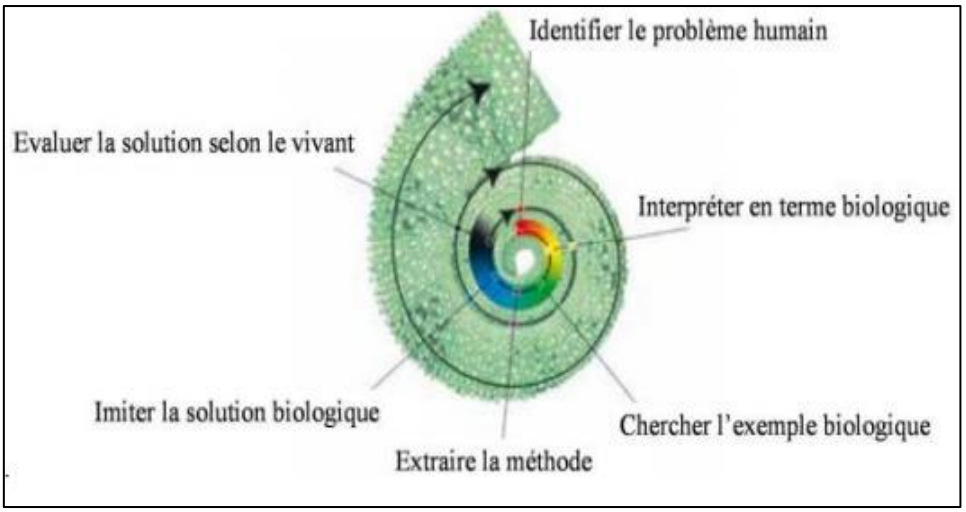


Figure II. 5: La spirale itérative de la demarche biomimétique.
Source : Rossin,2010 :www.biomimcryquild.com

[41] MEDJELEKH Dalel, « cour : Approche biomimétique en architecture, enveloppe adaptative et matériaux actifs », Université Badji Mokhtar Annaba ,2021.P.2.

II.1.5 L'architecture biomimétique :

II.1.5.1 Définition :

L'architecture biomimétique est une philosophie contemporaine de l'architecture qui cherche des solutions durables dans la nature[42] pour développer une réelle interaction du bâtiment avec son environnement, permettant au bâti d'être durable dans le temps et d'avoir un impact positif sur ce qui l'entoure. Cette synergie demande un travail collaboratif important entre architectes et biologistes[43].

L'architecture biomimétique apporte également une forme de renouveau et une synthèse de diverses conceptions architecturales.[44]

Petra Gruber est une architecte et pionnière de l'approche biomimétique a défini l'architecture biomimétique comme "un champ de la nature en développement dans des analogies comportementales, des stratégies, des fonctions et des méthodologies ou des données fournies par des modèles biologiques vivants".[45]

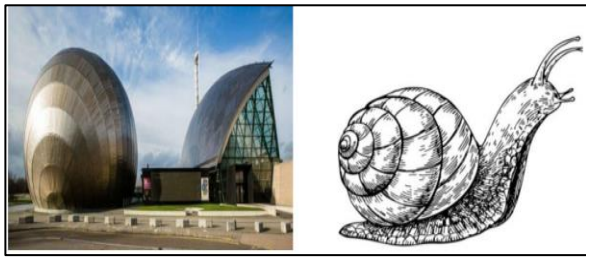


Figure II. 6: Musée des sciences de Glasgow inspiré de l'escargo.
Source : https://city-breaker.com/glasgow-musees-incontournables

Figure II. 7: Le temple du Lotus à Delhi inspirée de la fleur de lotus.
Source : https://swagactu.com/biomimetisme-10-chefs-doeuvre-inspires-de-la-nature.html/

II.1.5.2 L'évolution de l'architecture biomimétique : Bref histoire :

Le biomimétisme a été utilisé pour la première fois en architecture lorsque les premiers humains ont appris en observant les animaux et comment ils peuvent interagir avec l'environnement.[46] Les anciens Égyptiens, Romains et Grecs ont intégré des motifs inspirés de la nature dans leur conception. Par exemple, les arbres ont servi d'inspiration pour les colonnes, les vrilles d'arabesques de l'Antiquité tardive et byzantine sont inspirées de la plante d'acanthe[47].

---

[42] Michael Pawlyn, Biomimicry in architecture, Second Edition, Riba Publishing, 2016
[43] GRUBER Petra, « biomimetics in architecture : architecture of life and buildings, Springer-Verlag/Wien », 2011.
[44] BROSSARD Pauline, GAUTHIER Clélia, (2010). « Architecture et développement durable, un gigantesque défi » édition archibooks.P.102.
[45] Gruber, P., "Biomimetics – Materials, Structures and Processes, Biological and Medical Physics", Biomedical Engineering, New York, 2011/
[46] Arash Vahedi, "Nature as a Source of Inspiration of Architectural Conceptual Design", M.Sc., Université de la Méditerranée orientale, 2009.
[47] Alois Riegl, "The Arabesque" from Problems of style: foundations for a history of ornament, translated by Evelyn Kain, Princeton, NJ: Princeton University, 1992.

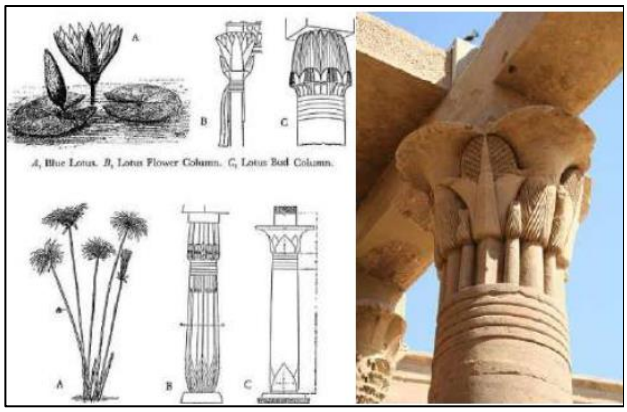


Figure II. 8: Colonnes du temple de Philae inspirées des plantes .
Source : http://www.temples-egypte.net/philae/isis/cour/colonnade/colonnadeEst.html

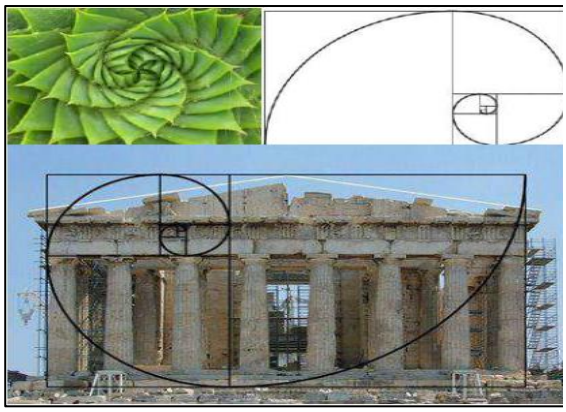


Figure II. 9: Le nombre d'or dans l'ancien Pharthénon grec.
Source : http://rue-des-9-templiers.eklablog.com/le-nombre-d-or-a210231680

En revanche depuis le XIxème siècle, les progrès technologiques ont été impressionnants notamment grâce à la révolution industrielle, que l'homme a commencé à maitriser de nouveaux outils de fabrication et a su techniquement répondre à de nombreux besoins. " [48].

La Tour Eiffel a été inspirée par les travaux du célèbre paléontologue allemand Hermann von Mayer, la tour s'inspire du squelette de la structure des os humain. Elle représente un nouveau type de construction utilisant un minimum de matériaux et d'efficacité structurelle. [49]

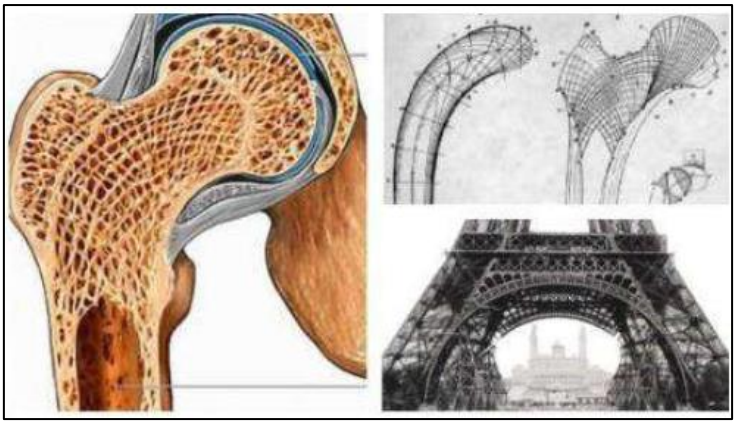


Figure II. 10: Tour Eiffel inspirée du Fémur.
Source : Bagh-e Nazar,2019.

Plusieurs mouvements prônent le retour à une autre architecture plus respectueuse de l'environnement et de l'être humain, l'idée d'une architecture naturelle se développe en parallèle

[48] YAHYA Arun , (2009).Bio mimétisme, la technologie imite la nature.P.29.
[49] Bagh-e Nazar," Inspiration from Nature in the Training of Structural Design in Architecture", Article, The Scientific Journal of Nazar research center, 2019.

d'autres mouvements artistiques (Land Art.…).[50] Dans les années 1960, de nombreux exemples d'architecture organique utilisaient des formes libres avec des courbes et des coques. Antonio Gaudi a conçu des structures équilibrées se tenant comme un arbre, ne nécessitant ni renfort intérieur ni renfort extérieur, avec des arcs lisses, hyperboliques, paraboliques et obliques (cônes en spirale). Des forces structurelles complexes intelligemment anticipées ont été créées via des modèles de cordes suspendues avec des poids.[51]

Figure II. 11: Colonnes de la façade Casa Batllo, et la sagrada famillia .
Source : Istockphoto.com.

Le design hexagonal inspiré de la nature des nids d'abeilles ont un ensemble de sections transversales hexagonales avec des épaisseurs précises et des angles égaux de 120° entre eux. Les cellules hexagonales sont diagonales pour empêcher le miel collant de s'échapper, et le peigne est complètement aligné avec la direction du champ magnétique terrestre. Les cellules hexagonales constituent la surface totale de paroi la plus basse par rapport aux sections triangulaires ou carrées. Ces motifs hexagonaux peuvent être trouvés dans la nature.[52] Par exemple, le nouveau stade de Bursa est inspiré des cellules hexagonales.

[50] BRADBURY Dominici,POWERS Richard, « Maisons naturelles contemporaines »,édition,Thames & Hudson.P.31.
[51] Panchuk,N.,"An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital &Parametric" [Architectural Design] Waterloo,Ontario, Canada, 2006
[52] Ball,P.,"Patterns in Nature: Why the Natural World Looks the Way It Does", The University of Chicago Press, 2016.

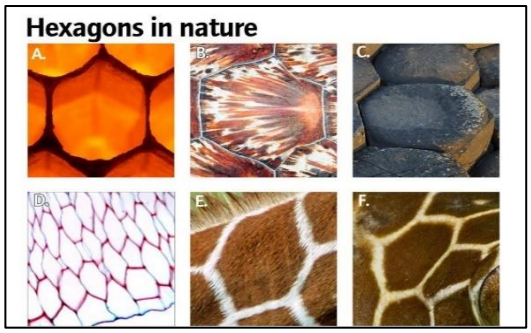


Figure II. 12:Hexagones dans la nature
Source : https://www.pinterest.com/.

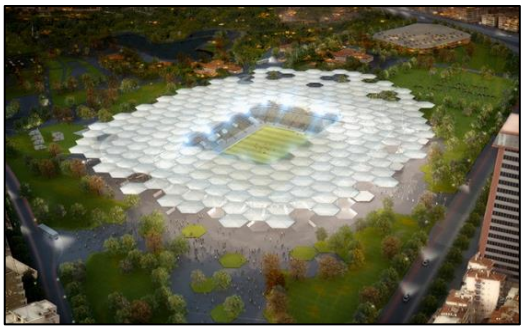


Figure II. 13:Nouveau stade de Busra.
Source : https://www.pinterest.com/.

Figure II. 14: Jenny Sabin Studio « Lumen »
Source : https://www.archdaily.com.

Les toiles d'araignées ont une structure identique que les toiles d'araignées n'aient aucune rigidité.

Ce réseau est appliqué au système de structure de câble pour une grande surface et un toit léger. Le Lumen de Jenny Sabin Studio se compose des câbles supérieur et inférieur qui sont ensuite reliés par des câbles de contreventement pour résister aux charges supérieures et inférieures du toit. Le système de toit à câbles se compose d'un anneau de compression externe, d'un arbre central et de câbles à engrenages radiaux continus.[53]

Le dialogue entre l'architecture et la nature continuera de se développer parallèlement à une compréhension plus approfondie du globe et de la manière dont ses systèmes seront adoptés à différentes échelles et applications.[54]

[53] Jin K., Park,K.,"The Design Characteristics of Nature-inspired Buildings", Université de Sungkyul, Anyang, Corée du Sud,2018.
[54] Hala Sayed Mahmoud Sayed Aamer,(Bio-Form Mimicry in Architectural Design),Master Génie architectural, Université Benha du Caire, Égypte2021.

Figure II. 15: LILYPAD Ecopolis
Source : http://vincent.callebaut.org.

II.1.5.3 Les principes de l'architecture biomimétique :

Dans le biomimétisme, les architectes travaillent avec des biologistes et des chimistes par le biais d'expériences créatives, essayant d'extraire de la nature des techniques et des idées qui pourraient être utilisées en architecture et ils ont réussi dans six disciplines principales :

- Structures efficaces.
- Fabrication de matériaux
- Systèmes de gestion des déchets.
- Gestion de l'eau.
- Contrôle de l'environnement thermique.
- Production d'énergie.

Grâce au biomimétique, les bâtiments doivent fonctionner comme la peau humaine et interagir naturellement et automatiquement sans aucune interférence humaine. Cela pourrait être réalisé en utilisant des matériaux intelligents dans l'architecture combinés à une conception biomimétique ; cela pourrait contribuer beaucoup à la conception écoénergétique de l'architecture. [55]

II.1.5.4 Les Niveaux de l'architecture biomimétiques (les dimensions) :

Le processus de conception biomimétique en architecture basée sur 4 niveaux d'imitation possibles : [56]

[55] Abeer Samy Yousef Mohamed ; (2018) «biomimetic architecture : creating a passive defense system in building skin to solve zero carbon construction » dilemma EQA 29 .

[56] Pedersen Zari, M. (2007). « Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability ». The SB07 NZ sustainable building conference. Auckland

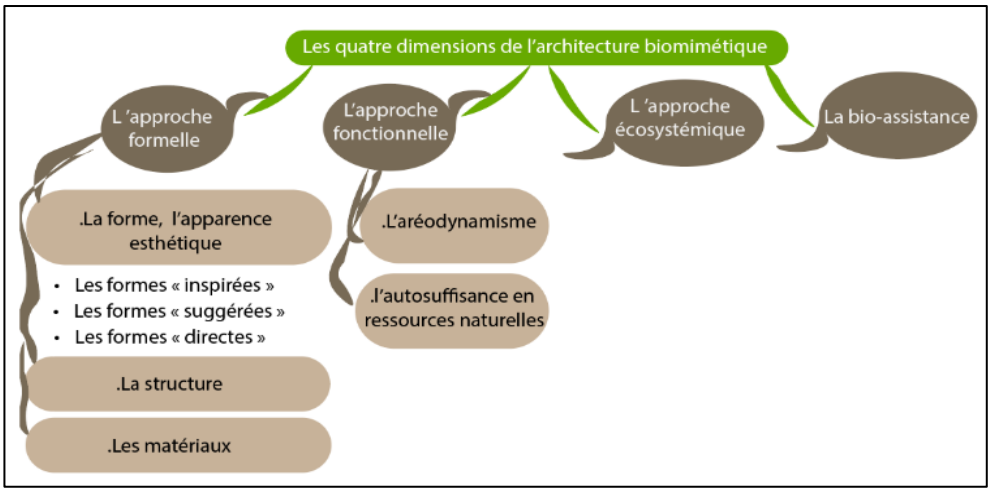


Figure II. 16: Les dimensions de l'architecture biomimétique
Source : LOUNIS, BOULASSEL 2021

- **Niveau 01 : Le Niveau formelle (Organism level) :**

Le niveau formel que l'on pourrait dénommer biomimétisme morphologique est sans nul doute la partie la plus visible et appréhendable pour tout un chacun de l'imitation de la Nature.[57]

Figure II. 17: Le centre d'art de Singapore inspire du Peau de fruit de Durian.
Source : G.Radwan. 2016

Figure II. 18: Le marché de Royan de Louis Simon inspire de coquillage.
Source www.c-royan.com

Figure II. 19: La hiérarchisation de systeme voirie de la Ville de Ghardaia inspirée de la ramification d'une feuille d'arbre.
Source: Benyoucef, Razin. 2018.

L'approche formelle peut être présentée sous trois dimensions :

- **a-La forme, l'apparence esthétique :** Trois registres peuvent être identifiés pour caractériser les formes entretenant un lien avec la nature :
- **Les formes « inspirées » :** l'architecture se caractérise par quelques curvilignes fortes « faisant penser à » la nature sans la représenter directement.
- **Les formes « suggérées** » : la représentation végétale ou animale s'affiche plus lisiblement, telle l'architecture biomorphique ou bionique, mais elle n'est point figurative.
- **Les formes « directes » :** l'architecture exprime explicitement la morphologie d'un organisme vivant.[58]

[57] URBEO. (2014). « Le biomimétisme, une source pour l'architecture durable ». P.20.
[58] URBEO. (2014). « Le biomimétisme, une source pour l'architecture durable ». P.20.

Figure II. 20: Le village Olympique de Barcelone, architecte Franck Gehry.
Source :https://www.architecturaldigest.com/ .

Figure II. 21: Aéroport Lyon Saint-Exupery, architecte Santiago Calatrava.
Source :
www.ectorparking.com

Figure II. 22: The yellow lost dog, architecte François Scali.
Source:
www.skyscrapercity.com

- **b-La structure :**

Selon M. Pawlyn, 2016, les organismes naturels fournissent un riche recueil d'idées de structures : pliage, voûte, nervures, gonflage et d'autres moyens, qui pourraient être radicalement plus efficaces que celles que l'on trouve dans l'architecture conventionnelle.

Des structures robustes sont créées dans la nature avec un minimum de matériaux. Partant de ce principe, l'architecte-designer américain Richard Buckminster Füller s'est inspiré de certaines espèces de zooplanctons et radiolaires pour ses dômes géodésiques ; et l'architecte allemand Frei Otto des toiles d'araignées pour ses structures tendues. [59]

Figure II. 23: La squelette du radiolaire pour le dome géodésique de Richard Buckminster
Source :www.bbc.com,www.microscopies.com

Figure II. 24: la toile d'araignée pour la structure tendue du stade Olympique de Frei Otto.
Source : www.bbc.com

- **b- Les matériaux :**

La nature produit des matériaux hautement « intelligents » sont capable de se réparer (autoréparation), compatibles, compatibles avec leur environnement (adaptation, non

[59] MEDJELEKH Dalel, « cour : Approche biomimétique en architecture, enveloppe adaptative et matériaux actifs », Université Badji Mokhtar Annaba ,2021.

polluantes) et sont totalement recyclables (durabilité, renouvellement) comme, tiges de plantes et plumes d'oie offrant une grande résistance à la flexion . L'enjeu du biomimétisme dans le secteur des matériaux est de sortir d'une logique d'économie linéaire et gourmande en énergie et ressources, qui reposent sur des matières premières rares, difficile à extraire et à purifier. L'exemple de Bambou qui offrant une grande résistance à la flexion. Les nœuds offrent une grande résistance à la rupture. Aussi, avec la forme adaptée et le bon emplacement du matériau là où il doit être, il est possible d'utiliser seulement 14% d'une section carrée solide.[60]

Figure II. 25: Le Bambou ; Forme recherchée pour l'économie du matériau
Source : http://planbuisson.com/la-pepiniere-bambous-dordogne-perigord,

- **Niveau 02 : Le Niveau fonctionnelle (Behaviour level) :**

Le biomimétisme met en avant les fonctions et processus à la manière de la Nature c'est-à-dire faire les choses comme le feraient les organismes vivants (recueillir de l'énergie, recycler ses déchets, assainir ses eaux usées...). Ces principes ont des répercussions au niveau organisationnel. C'est à ce niveau du biomimétisme que se posent fréquemment les grandes problématiques architecturales telles que : [61]

La thermique et la ventilation :

L'exemple le plus reconnu celui de L'architecte Mick Pearce qui a conçu le bâtiment Estigate, un centre commercial situé à Harare au Zimbabwe. Celui-ci s'est inspiré de solutions indigènes : des termitières présentes dans le pays pour concevoir son bâtiment et en reprenant le mode de ventilation. Grâce à un système de galeries qui assurent une très bonne ventilation, les termitières possèdent d'incroyables vertus thermiques : elles restent à température intérieure constante, quel que soit le niveau de chaleur à l'extérieur. L'architecte a repris ce principe pour créer un bâtiment capable de se refroidir naturellement, sans aucune climatisation. Le système de ventilation passif permet de ne consommer que 10% d'énergie par rapport à un bâtiment de

[60] MEDJELEKH Dalel, « cour : Approche biomimétique en architecture, enveloppe adaptative et matériaux actifs », Université Badji Mokhtar Annaba ,2021.P.6.
[61] BOUDAHI, HAMEK (le biomimetisme comme moyen d'amelioration des conditions microclimatiques dans les villes mediterraneennes), Mémoire de master, Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel, 2019.P.43.

taille comparable refroidi par air conditionné. Cet immeuble pionnier est l'exemple le plus parlant de l'architecture biomimétique.[62]

Figure II. 26: Système de ventilation naturelle d'une termitière.

Source : https://spftpe.wordpress.com

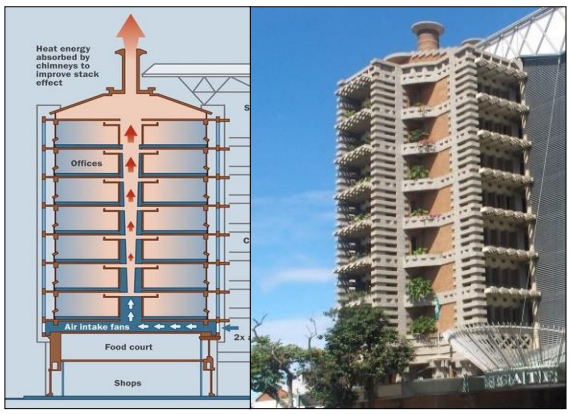


Figure II. 27: Fonctionnement de l'Estgate Center ; architecte Mike Pearce.

Source : http://era-kreativindustrie.eu.

- **Niveau 03 : Le Niveau écosystémique (Ecosystem level) :**

Selon cette approche, il s'agit de répliquer les principes des écosystèmes naturels. Pour rappel, un écosystème désigne l'ensemble des relations existantes entre une communauté d'êtres vivants et son environnement biologique, géologique, climatique... A ce stade du biomimétisme, il ne s'agit plus d'imiter les propriétés d'un organisme vivant, d'un individu particulier végétal ou animal mais les principes relationnels entre organismes.[63]

Le Dragon Fly à New-York. Projet utopique pour certains, exemple future d'un biomimétisme indirecte complet pour d'autres. Il s'agit d'une tour avec un programme diversifié (logements, bureaux et fermes urbaines). Cette tour, prenant la forme d'une aile de papillon. La ferme verticale fonctionne comme un organisme vivant qui produit de l'énergie et auto-recycle toute l'alimentation. Des voiles ultralégers de verre et d'acier reprennent les charges de l'édifice et sont directement inspirés de la structure des ailes de libellule. L'ensemble forme une architecture double-peau » en résille de nid d'abeille qui exploite au maximum l'énergie solaire passive en accumulant l'air chaud d'hiver dans l'épaisseur de l'exo-structure et en rafraîchissant l'atmosphère par ventilation naturelle et par évapotranspiration des plantes tété. Les jardins verticaux permettent de filtrer l'eau de pluie et les effluents des eaux usées domestiques des habitants de la tour. Les eaux récoltées subissent ainsi un traitement biologique approprié pour leur réutilisation agricole, apportant tout l'azote et une bonne partie du phosphore et du potassium requis pour la production des fruits, légumes et céréales. [64]

[62] BAHAMON Alejandro, PEREZ Patrica, (2007). « Architecture animale, analogie entre le monde animal et l'architecture contemporaine », Edition l'indédite, collection analogies.P.192.
[63] TOUIER , HAROUCHE (le biomimétisme dans le cadre du design durable), Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel 2016.P.39
[64] URBEO. (2014). « Le biomimétisme, une source pour l'architecture durable ». P.31 .

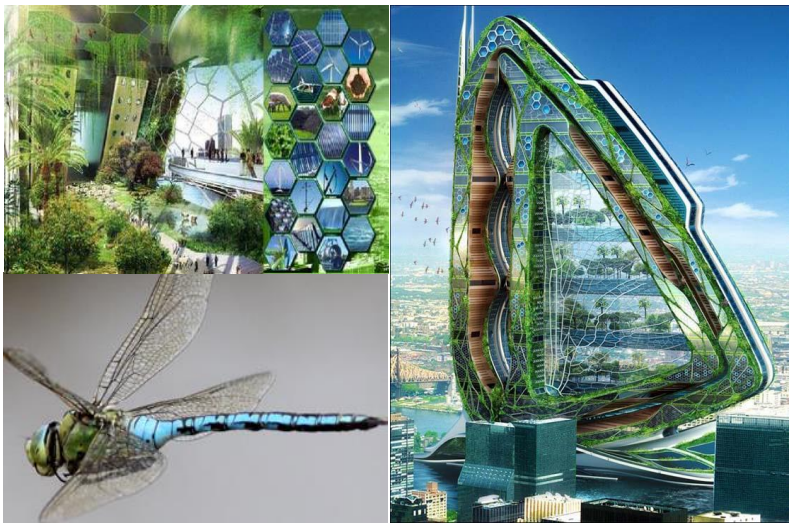


Figure II. 28: Dragonfly, un projet de biomimétisme écosystémique de Vincent Callebaut.
Source : http://vincent.callebaut.org.

- **Niveau 04 : Le Niveau bio-assistance (Bioprocessing level) :**

La bio-assistance ou « bioprocessing » est le niveau ultime du biomimétisme où finalement l'homme est totalement en phase avec la Nature. Dans cette approche, il ne s'agit plus organismes vivants (structures, matériaux, fonctionnement...) mais les organismes eux-mêmes.

Les exemples en architecture sont pour l'heure quasi-inexistants.[65]

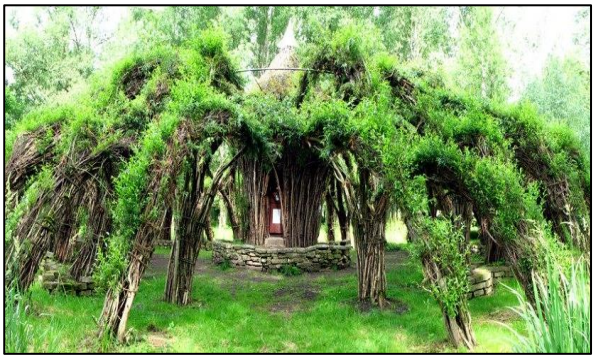
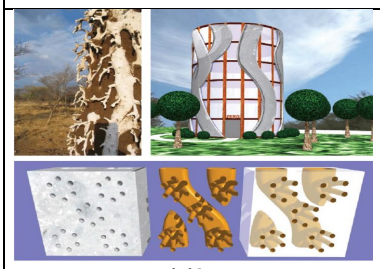
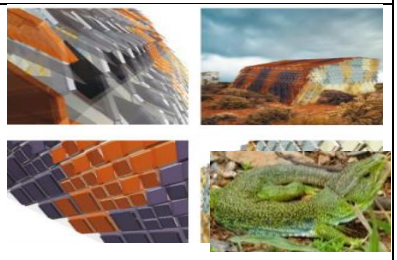
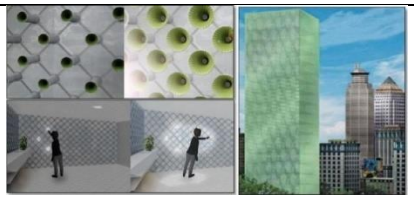


Figure II. 29: L'Auerworld palace (Auerstedt, Allemagne).
Source:https://www.atlasobscura.com/places/auerworld-palace

«L'auerworld palace » de Marcel Kàlberer situé à Weimar construit sur la croissance des végétaux se rapprochent de cette signification mais il ne s'agit pas de projets « habitables». [66]

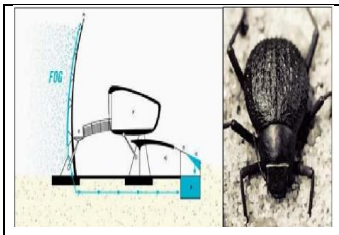
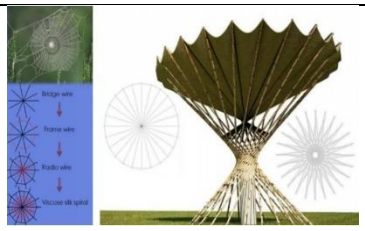
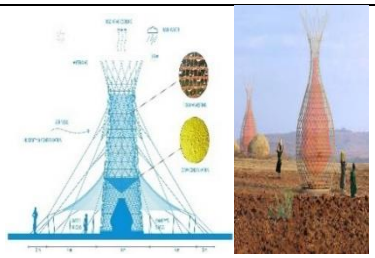
[65] URBEO. (2014). « Le biomimétisme, une source pour l'architecture durable ». P.32.
[66] SCHUITEN LUC. (2009). « Vegetal city ». Editions Mardaga. Collection : art contemporain. France. P.64.

II.1.5.5 L'architecture biomimétique une nouvelle tendance de l'architecture durable :

<table>
<tr><th colspan="3">Méthodes naturelles de conservation de l'Energie</th></tr>
<tr><td>La ventilation naturelle : Un filtre passe-bas pour les vents turbulents, similaire à la structure de paroi poreuse des nids de termites. (S.Turner).</td><td>Réguler la chaleur : La peau du cactus du désert pour les protections solaires intelligentes dans les fenêtres s'ouvre et se ferment également en fonction de la chaleur, économisant ainsi de l'énergie.</td><td>Méthodes de Thermorégulation : les stratégies physiologiques de la peau de lézard. De même, membrane souple utilisée dans les murs de la maison, spéciale recouverte de panneaux photovoltaïques.[67]</td></tr>
<tr><td> 
Termitière et revêtements Mureaux poreux</td><td>
MMAA Building</td><td> 
S.C.A.L.E.S. Project</td></tr>
<tr><th colspan="3">Les Alternatives naturelles de production d'énergie</th></tr>
<tr><td>Eclairage naturelle : Simulez la forme de bulles de savon et utilisez le fluor polymère comme matière plastique transparente.</td><td>Inspirée de l'héliotropisme les panneaux solaires produisent plus d'énergie avec un système de garde-corps qui chauffe l'eau et les radiateurs de la maison.</td><td>La peau active capable de récupérer l'eau de pluie et absorber l'humidité de l'air. Les déchets produits seraient convertis en énergie biogaz.</td></tr>
<tr><td>
Water cube Centre National de Natation</td><td>
Heliotrope House</td><td> 
The Habitat 2020</td></tr>
<tr><th colspan="3">Méthodes naturelles de conservation de l'eau</th></tr>
<tr><td>Inspiré par le système de collecte de l'eau du scarabée namibien l'eau captée par une surface en nylon et stockée dans les réservoirs d'eau souterrains à travers les canaux à l'aide de la gravité [68].</td><td>Un système de collecte d'eau inspiré des caractéristiques structurelles développées par une plante de type Broméliacées pour capter l'eau. Il s'inspire également de la toile d'araignée. La plante, du Chaac Ha, possède des feuilles hydrophiles recouvertes de plumage pour la rétention d'eau</td><td>La technique de collecte de l'eau s'inspire des termitières pour la géométrie de l'utilisateur et la forme du flux d'air ne nécessite aucune alimentation électrique produit l'eau en fonction de l'environnement naturel tel que la gravité, la condensation et l'évaporation.</td></tr>
</table>

[67] G.M.YELER et S.YELER,(2017) « Models From Nature For Innovative Building Skins»," Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, vol. 3, no. 2, pp. 142-165,

[68] D. Aslan and S. A. Selçuk, "A Biomimetic Approach to Rainwater Harvesting Strategies Through the Use of Buildings," Eurasian Journal of Civil Engineering and Architecture, vol. 2, no. 1, pp. 27-39, 2018.

<table>
<tr>
<td> 
Namibia Hydrology Center</td>
<td> 
Spider web and Chaac Ha</td>
<td> 
Warka Tower</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Méthodes naturelles de conservation des matériaux</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">(Matériaux organiques, matériau auto-cicatrisant). Simuler le processus de nid d'oiseau pour développer un système structurel solide Réduction de la pollution émise par le bâtiment grâce à la rationalisation de la consommation d'énergie.[69]</td>
<td>Efficacité des matériaux, durabilité et construction légère : simulez la morphologie des fibres des arthropodes et simulez des matériaux fortement anisotropes</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">
Beijing national stadium</td>
<td>
ICD / ITKE - Research Pavillon 2012</td>
</tr>
</table>

II.2-La Conception Biophilique une nouvelle stratégie pour concrétiser les liens : Homme, Nature, et Architecture.

II.2-1 La définition de la biophilie :

La Biophilie βιοφιλία, « Biophilia » en anglais est une combinaison de deux mots qui descendent du grec ancien : βίος signifiant la vie ; Φιλία signifiant amour. Cela signifie Selon Aristote « Un amour de la vie ou des systèmes vivants » [70].

« Le concept de biophilie implique que les humaines sont un besoin biologique de connexion avec la nature aux niveaux physique, mental et social et cette connexion affecte notre bien-être personnel, notre productivité et nos relations sociétales. ».[71]

En réalité la biophilie c'est comment et pourquoi nous aimons être dans et au contact de la nature.

II.2-2 L'évolution de la biophilie :

La récurrence des thèmes naturels dans les constructions et les lieux anciens suggère que la conception biophilique n'est pas un phénomène nouveau et depuis son origine, le concept a

[69] M. Shahda et autres (2014), «Biomimicry Levels as an Approach to the Architectural Sustainability», Port Said Engineering Research Journal,
[70] Kellert, S.R. et Wilson, E.O. (1993) « The Biophilia Hypothesis ». Island Press, Washington DC.
[71] Sheeps Meadow, 2004 dans (Patterns of Biophilic Design).

connu de nombreux changements qui soient plus ou moins différents de l'idée initiale [72]. Parmi les réalisations légendaires de l'homme dans les âges passés : Les jardins suspendus de Babylone « mythiques jardins suspendus de Babylone, considérés comme l'une des sept merveilles du monde antique et dont la réputation serait plus issue du bâti les supportant que du végétale lui-même »[73] , Le Palais de l'Alhambra, Central Park de New York…etc.

Figure II. 30: Les Jardins de Babylone.
Source:https://ezgrogarden.com/history-of-hydroponics-2/the-gardens-of-babylon/

Figure II. 31: Le palais Alhambra.
Source:https://www.spain.info/fr/decouvrir-espagne/alhambra-grenade-recommandations/

Figure II. 32: Central Park de New-York.
Source:https://www.nyc.fr/visiter-new-york/parcs/central-park/

Le terme « biophilie » a été mentionné pour la première fois dans les Travaux du psychologue allemand Erich Fromm comme « l'amour Passionné de la vie et de tout ce qui est vivant »[74] et ensuite a été popularisé par le biologiste américain Edward O. Wilson comme « le besoin inné des hommes de s'intégrer au monde naturel ».[75] La transition vers la biophilie comme théorie de conception dans l'environnement bâti qui se rapproche ou qui imite les conditions d'un environnement naturel fut le sujet d'une conférence en 2004. La biophilie s'impose aujourd'hui comme un élément clé dans la conception des villes, des quartiers, des bâtiments et des aménagements intérieurs.

II.2-3 La conception biophilique :

La conception Biophilique (**Biophilic design**) est une approche architecturale qui cherche à intègre les systèmes et les processus naturels dans la conception de l'environnement bâti pour créer un lien plus harmonieux entre l'homme et la nature.

Une bonne conception biophilique comprend des perspectives liées aux conditions de sante, normes socioculturelles et attentes, expériences vécues, fréquence et durée de l'usage, les différentes vitesses de vécu, la perception de l'utilisateur et le traitement de l'expérience

[72] Patterns of Biophilic Design (14 Modèles de conception biophilique). New York : Terrapin Bright Green LLC (2016). P.6.
[73] Matthieu Tétard ;(2012) ; « le sauvage dans la ville ; Une approche sociopolitique de la biodiversité urbaine » ;p.14.
[74] Fromm, E. (1973). « The Anatomy of Human Destructiveness ». New York: Fawcett Crest.P.406
[75] WILSON, E. O. (1984): « Biophilia, the Human Bond With Other Species ». Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), 157 p.

ainsi que la création d'espaces qui sont inspirants, sains, qui ressourcent et qui intègrent la fonctionnalité du lieu et de l'écosystème dans lequel il se trouve [76].

Le design biophilique est la réponse au besoin humaine d'être connecté à la nature et vise à rétablir ce lien dans l'environnement bâti. En d'autres mots, le design biophilique est la théorie, la science et la pratique ayant pour but de créer des bâtiments inspirés de la nature visant le maintien d'une connexion à celle-ci dans les environnements au sein desquels nous vivons et travaillons chaque jour. [77].

II.2-3-1 Les objectifs de la conception biophilique :

Les six critères de design d'une architecture adoptant les principes de la biophilie selon Jason McClennan[78] :

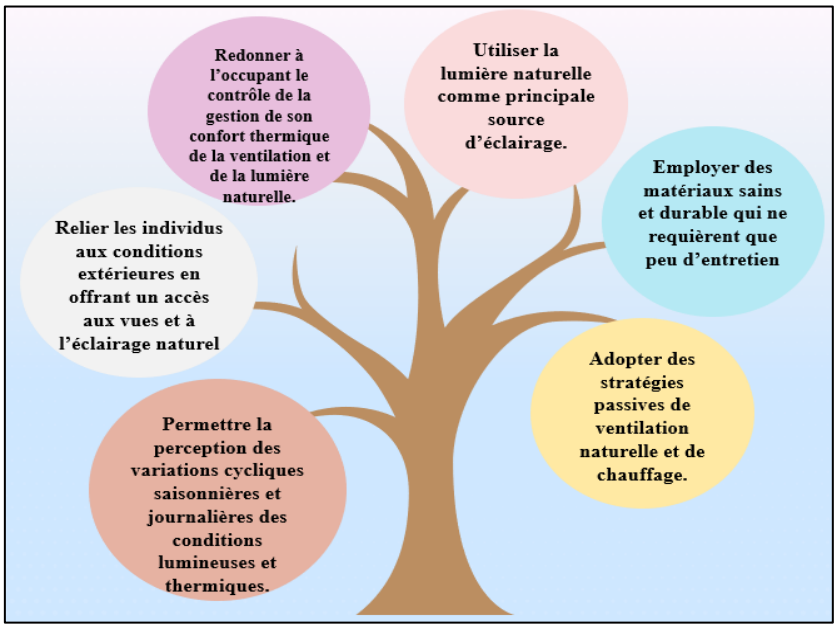


Figure II. 33: les objectifs de la conception biophilique.

Source : McClennan + auteur.

II.2-3-2 Les avantages de la conception biophilique :

« Nous façonnons les bâtiments, donc ils nous façonnent » Winston Churchill.

En effet, la conception biophilique permet :

- L'intégration d'éléments naturels à l'intérieur du bâtiment peut également améliorer la qualité de l'air. Cela peut à son tour réduire le risque de fatigue et de syndrome des bâtiments malsains.

[76] Dosen, A.S., et M.J. Ostwald (2013). Prospect and Refuge Theory: Constructing a Critical Definition for Architecture and Design [Théorie de refuge et de perspective : construire une définition critique d'architecture et de design]. The, international Journal of Design in Society,

[77] KELLERT, S. R., J. HEERWAGEN, et M. MADOR. (2011). Biophilic design : The theory, science and practice of bringing buildings to life, s.l., John Wiley & Sons.

[78] KANASAS .C, (2004) The philisophy of Sustainable Design, Ecotone.

- Les plantes absorbent le dioxyde de carbone et libèrent de l'oxygène dans l'atmosphère, l'important est d'avoir suffisamment d'oxygène pour circuler dans l'espace, une fois les plantes introduites, les niveaux de poussière sur le lieu de travail peuvent être réduits jusqu'à 20%.
- Contribution la conception biophilique a pour effet de réduire la consommation d'énergie. (AKBAI ; 2002) a souligné que la plantation d'arbres de rue peut réduire la consommation nette d'Energie de chauffage et de refroidissement de 25%, 16 arbres d'ombrage économisent 30% de l'Energie de refroidissement [79]
- Il peut réduit le bruit ambiant de fond jusqu'à 5 décibels. Les plantes aident à absorber le son réduisant ainsi la source d'interférences et de naissances. Les toits verts et les murs verts, ainsi qu'une sélection appropriée d'espaces végétales, peuvent réduire la perte de services écosystémiques dans les zones urbaines.[80] En outre, ils ont contribué de manière significative à la réduction de la consommation d'eau de pluie.
- Les murs extérieurs verts peuvent améliorer la qualité de l'air, le confort thermique et la santé humaine, et peuvent économiser 5% de la consommation d'électricité. [81]

II.2-3-3 Les principes (modelés) de la conception biophilique :

Terrapin Bright Green, une société de conseil en environnement, a suggéré «14 modèles de conception biophilique » pour articuler les relations entre la nature, la biologie humaine et la psychologie, et la conception de l'environnement bâti, ce qui pourrait aider les concepteurs à réussir la mise en œuvre ou l'évaluation de la conception biophilique.[82]

A -La Nature Dans l'Espace :

La Nature Dans l'Espace aborde la présence directe, physique et éphémère de la nature dans un espace ou un lieu. Ceci comprend la vie végétale, l'eau et les animaux, ainsi que les brises de vent, les sons, les effluves olfactives et autres éléments naturels.[83]

a-Lien visuel avec la nature :

Un lien visuel avec la nature est une vue sur les éléments de la nature et des systèmes

[79] LEUNG, D.Y.C.; TSUI, J.Y.; CHEN, F.; YIP, W.K.; VRIJMOED, L.P.; LIU, C.H.(2011) « Effects of Urban Vegetation on Urban Air Quality». Landscape Research, v.36, n.2, p.173-188,Doi : 10.1080/01426397.2010.547570

[80] Cook-Patton S.C. & Bauerle T.L., (2012). « Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs » : A literature review. J. Environ. Manage., 106, 85–92.http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.003

[81] Sheweka, S.M. Magdy Mohamed, N. (2012) « Green façades as a new sustainable approach towards climate change », Energy Procedia N°18, pp.507–520.

[82] Browning, W., Ryan, C., & Clancy, J. (2014). «14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health & Well-Being in the Built Environment ». New York, Washington, DC:Terrapin Bright Green

[83] Patterns of Biophilic Design (14 Modèles de conception biophilique). New York : Terrapin Bright Green LLC (2016). P.9

vivants et naturels.l'idée c'est de créer un lien entre l'interieur de l'espace architactural et tout élément qui représente le système vivant d'une manière visuelle,c'est la vue stimulante sur des éléments issus de la nature.

Figure II. 34: La maison forestière de Kuba Architecture
Source : WWW.archdaily.com

b-Lien invisible avec la nature :

Des stimulations auditives, tactiles, olfactives ou gustatives qui engendrent une réaction positive et spontanée à la nature, aux systèmes vivants et naturels. Les jardins de l'Alhambra à Grenade (Espagne), sont un exemple remarquable d'application des 14 modèles.

Figure II. 35: L'eau comme element sonsoriel dans la cascade dans falling water house
Source :
https://franklloydwright.org/site/fallingwater/ .

Figure II. 36: Coup de Lien invisible avec la nature.
Source : WWW.archdaily.com

c- stimulations sensorielles non rythmique:

Les stimulations sensorielles non-rythmiques sont des connexions stochastiques et éphémères avec la nature qui peuvent être analysées statistiquement , mais qui ne peuvent pas être prédites avec précision. C'est-à-dire les stimulations sensorielles riches de la nature issue de mouvements à la fois cohérents et imprévisibles.

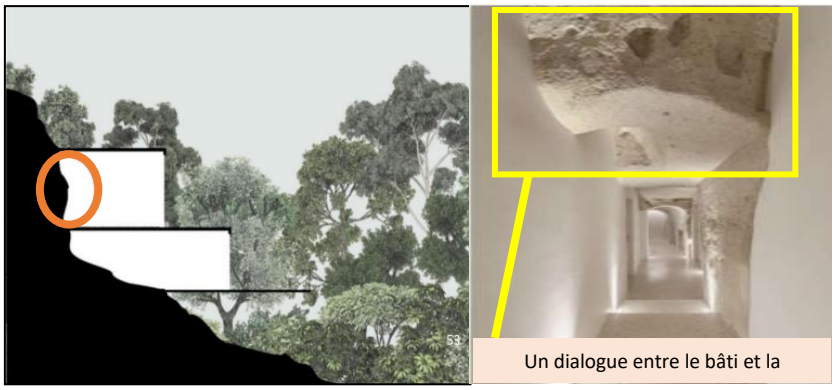


Figure II. 37: Le musée de la geologie : un dialogue urbain souterrain.
Source : WWW.archdaily.com

d-variabilité thermique et renouvellement d'air :

La variabilité thermique et d'air peut être qualifiée de subtils changements dans la température de l'air, l'hygrométrie, les courants d'air sur la peau et les températures de surface qui imitent les milieux naturels. Un espace avec une bonne variabilité thermique et un bon renouvellement d'air est rafraîchissant, actif, vivant, vivifiant et confortable. L'espace offre autant une sensation de souplesse qu'un sentiment de contrôle.[84]

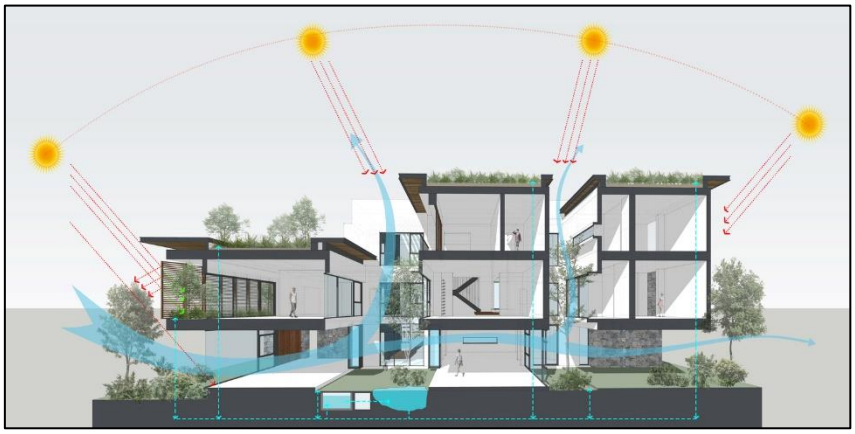


Figure II. 38: Coupe montrant le renouvellement d'air. House of Light & Wind / Ray Architecture Viet Nam.
Source : WWW.archdaily.com

e- La présence de l'eau :

La présence de l'eau améliore l'expérience d'un lieu à travers la vue, l'écoute ou le toucher.

[84] Patterns of Biophilic Design (14 Modèles de conception biophilique). New York : Terrapin Bright Green LLC (2016). P.32.

Figure II. 39: l'effet de l'eau a l'interieur.

Source : WWW.archdaily.com

f- Lumière dynamique et diffuse :

La lumière diffuse et dynamique s'appuie sur les différentes intensités de lumière et d'ombres qui changent au fil du temps pour créer les conditions qui se produisent dans la nature. Les variations d'intensité de lumières et d'ombres qui changent dans le temps peuvent créer des conditions s'apparentant à la nature.

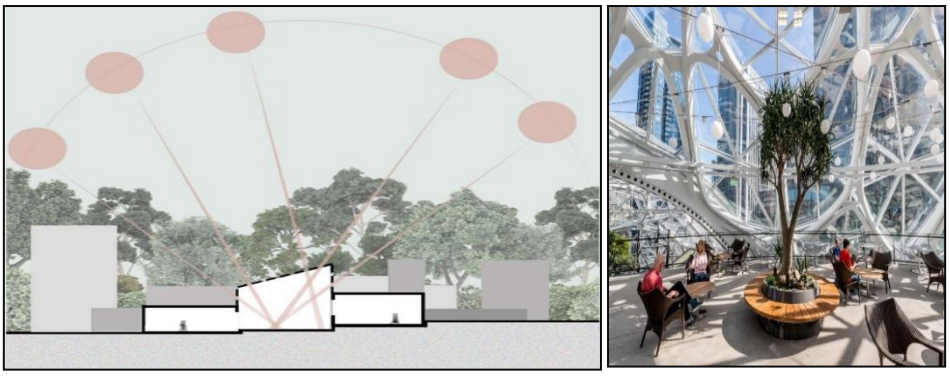


Figure II. 40 : La pénétration des rayons solaire

Source : WWW.archdaily.com

g- Lien avec les systèmes naturels :

Le lien avec les systèmes naturels est la prise de conscience des processus naturels, notamment les changements saisonniers et temporels caractéristiques d'un écosystème sain.En effet tout écosystème évolue au fil des mois. Ces changements saisonniers doivent être pris en compte pour éviter que la nature ne soit figée. Le principe alors c'est d'assurer la proximité et la sensibilisation aux processus naturels.

Figure II. 41: Le changement saisonnière.

Source : WWW.archdaily.com+auteur

B -Les Analogies Naturelle :

Les analogies naturelles concernent les évocations biologiques, non-vivantes et indirectes de la nature. Les objets, matériaux, couleurs, formes, séquences et modèles que l'on trouve dans la nature se manifestent sous la forme d'œuvres d'art, d'ornementations, de meubles, de décors et de textiles dans l'environnement bâti.[85]

a-formes et motifs biomorphiques :

Les principes Formes et motifs biomorphiques sont des références symboliques aux arrangements aux motifs et textures récurrentes dans la nature. L'idée c'est de concevoir une architecture qui rassemble et qui s'inspire des contours, structures,textures,ou combinaisons numériques qui existent dans la nature.

Figure II. 42 : Exemple des formes biomorphique
Source : WWW.archdaily.com+auteur

b-lien matériel avec la nature

Le lien matériel avec la nature désigne les matériaux et les éléments de la nature qui, grâce à un traitement minimal, exprime le biotope ou la géologie locale.

c- Complexité et ordre :

Informations sensorielles riches qui adhérent a une hiérarchie spatiale similaire a ce que l'on peut rencontrer dans la nature.

Figure II. 43 : Sunny Hills Japan dessert shop-Tokyo-
Source : WWW.archdaily.com+auteur.

[85] Patterns of Biophilic Design (14 Modèles de conception biophilique). New York : Terrapin Bright Green LLC (2016). P.10.

C -La Nature Dans l'Espace :

La Nature de l'Espace concerne les configurations spatiales dans la nature. Cela concerne notre désir inné et acquis à être capables de voir au-delà de notre environnement immédiat, notre fascination pour l'inconnu ou le danger léger, les vues obstruées et les moments révélateurs, et parfois même les phobies vertueuses quand elles comprennent un élément fiable de sécurité.[86]

a- Le perspective :

Une perspective est une vue dégagée sur une distance, permettant la surveillance et l'organisation. Le principe d'utilisation de la perspective prend en compte une vision plus large ou plus compréhensive du milieu environnant.

Figure II. 44: Bureau de pont d'Issy développée par Altarea Cogedim
Source : WWW.archdaily.com+auteur

b- Refuge :

Un endroit pour se retirer des conditions environnementales ou du flux d'activité, dans lequel l'individu est protège derrière et au-dessus de lui.

Figure II. 45: Nasu Teppee house a Japon
Source : WWW.archdaily.com+auteur

c- Mystère :

La promesse d'une richesse d'informations, par le biais de vues partiellement obscurcies ou autres dispositions sensorielles qui incitent l'individu a voyagé plus profondément dans l'environnement.Comme un espace mystérieux stimule la curiosité et incite à examiner l'espace de plus près.

[86] Patterns of Biophilic Design (14 Modèles de conception biophilique). New York : Terrapin Bright Green LLC (2016). P.10.

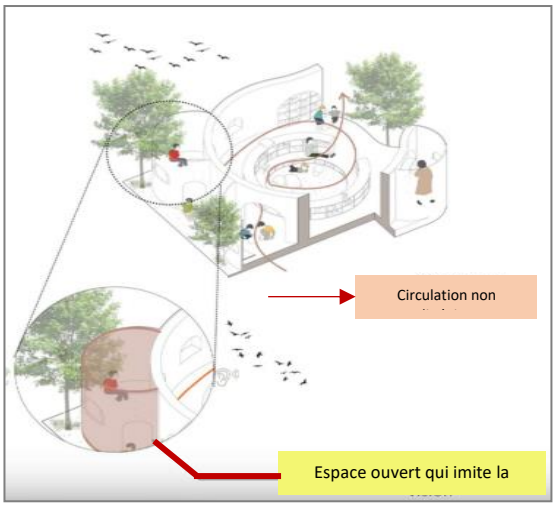


Figure II. 46 : La sensation du mystere
Source : WWW.archdaily.com+auteur

d-Risque:

Le Risque constitue une menace identifiable, couplée avec un sentiment de sécurité.

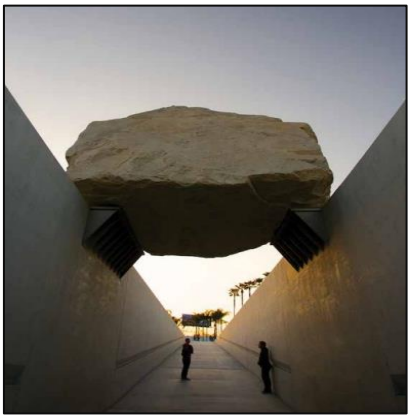


Figure II. 47: Nasu Teppee house a Japon
Source : WWW.archdaily.com+auteur

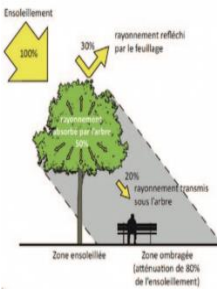
II.2-3-4 La conception biophilique est une extension pour la durabilité :

Les éléments du design biophilique ; les espaces verts, les arbres, les toits verts, les murs verts... etc, ont un rôle important dans la préservation de l'environnement par les économies d'énergie, la conservation et la filtration de l'eau, la phytoremédiation, la réduction du carbone et la biodiversité / biodiversité environnementale.

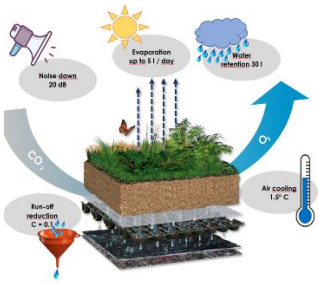
Economie d'energie

Les éléments biophiles dans l'environnement bâti réduisent l'effet d'îlot de chaleur urbain, ajustent le climat urbain local et améliorent le comportement thermique des l'enveloppe du bâtiment. (assurent l'isolation, la filtration, l'absorption, la rétention des eaux pluviales et la protection de l'enveloppe du bâtiment. [87]

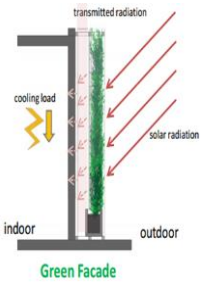
Végétation et arbres d'ombrage



Toiture verte



Mur végétalisé



Conservation et filtration de l'eau

La couverture verte et la toiture végétalisée ont la capacité de réduire le débit d'eau de pluie. Le système de Mur vivant fonctionne comme un bio-filtre pour l'eau utilisée et travaille à purifier efficacement l'eau grace au traitement des plantes dans les processus de filtration des plantes et de filtrage des racines.

Phytoremédiation et réduction du Carbon

Phytoremédiation : C'est la capacité de la plante à assainir ou traiter l'air, le sol ou l'eau qui l'entoure.

Réduction du carbone : les feuilles vertes des arbres aident à réduire le carbone par des processus phytosanitaires et la séquestration du carbone dans les racines et les tiges.

Biodiversité environnementale

Les toits et murs végétalisés avec le choix d'espèces végétales appropriées ont le potentiel d'atténuer la perte de services écosystémiques dans les zones urbaines. Par exemple, à Toronto, certains types d'oiseaux ont commencé à coloniser les toits verts suisses. La différence de topographie de la profondeur du toit vert contribue à augmenter la biodiversité.

Exemple de communauté hybride prairie, Toronto.

[87] T. Duzenli and E. &. A. D. Tarakci, "Concept Of Sustainability and Biophilic Design In Landscape Architecture," The Journal of Academic Social Science, Haziran, pp. 43-49, 2017

Conclusion :

La durabilité est un principe de vie qui découle de la nature. Par conséquent, les principes de conception architecturale durable nécessitent des stratégies qui ont une caractéristique commune, qui est le lien avec la nature. Ainsi, la recherche propose un cadre (Fig. 1) qui relie ces principes à deux stratégies, la première est basée sur le principe d'apprendre de la nature pour développer des solutions durables en considérant la nature comme un modèle. Cette stratégie est basée sur la conception biomimétique. Cependant, la deuxième stratégie repose sur le principe d'intégrer la nature dans les bâtiments et les espaces de vie pour que les gens se sentent dans un environnement naturel. Cette stratégie est basée sur la conception biophilique. Par conséquent, ces stratégies sont mises en œuvre par un ensemble de méthodes basées sur la nature pour former ce cadre. Le cadre proposé est une approche des architectes, des concepteurs, des innovateurs et des décideurs à l'utilisation globale de la nature pour atteindre les principes durables dans les projets architecturaux et souligner que la nature est la principale source pour atteindre la durabilité dans la conception architecturale.

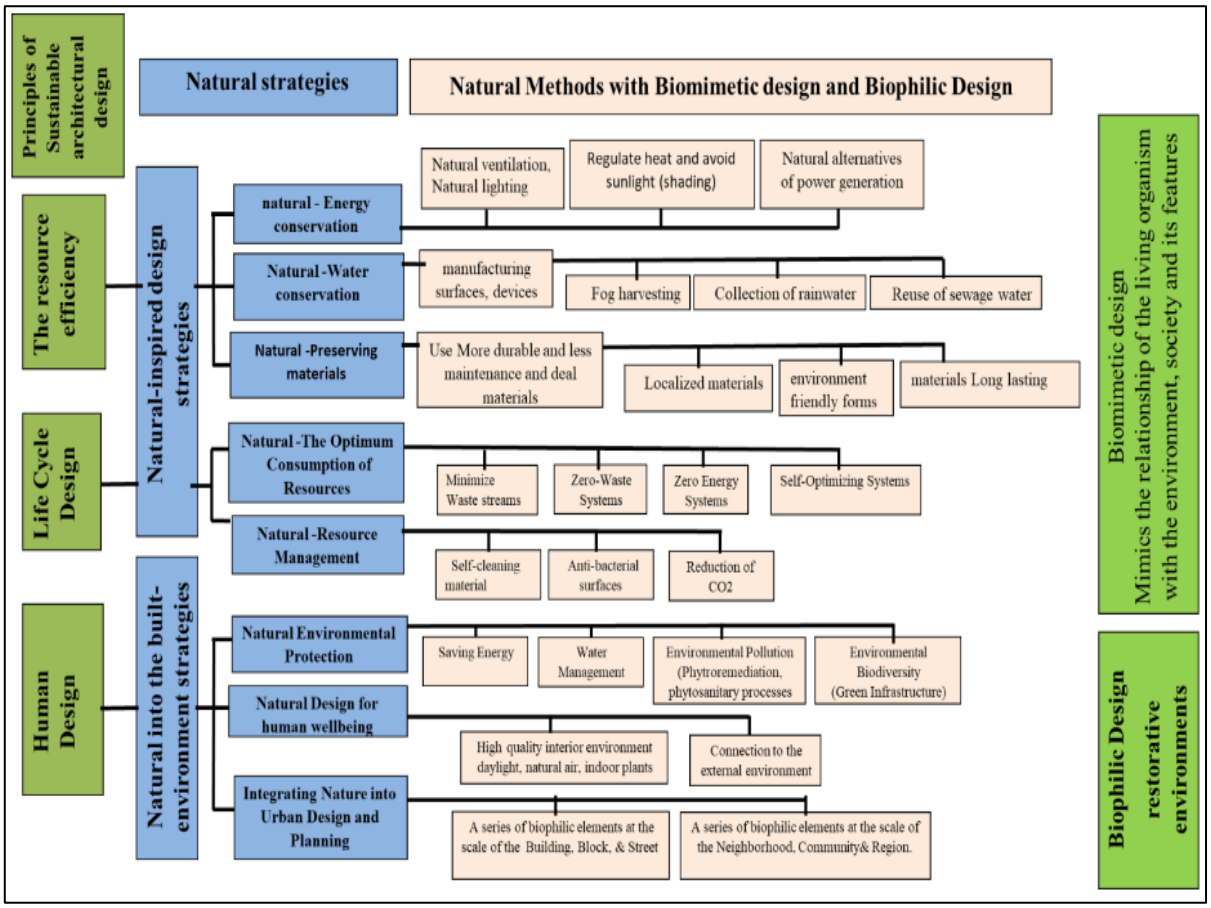


Figure II. 48 : Cadre conceptuel basé sur la nature pour une conception architecturale durable

Source : Abeer Makram,2019

Chapiter III:

Approche thematique & Analytique

«La thématique de l'architecture est en même temps une humanisation du construire, car elle satisfait des exigences de l'homme, qui vont au-delà du simple besoin du quotidien et elle le comprend dans la totalité de son être ».
(Spirituel et culturel)

Introduction :

« Un projet avant d'être un dessin est un processus c'est-à-dire un travail de réflexion basé sur la recherche des réponses d'un ensemble de contraintes liées à l'urbanisme, au site, au programme, et au thème, ce qui veut dire qu'il est difficile de dissocier le processus de création future et la phase de programmation car l'ensemble constitue l'acte de créer » (Richard Meier).

La recherche thématique est le premier pas dans le processus de la conception architecturale, est une étape très importante dans notre recherche car elle nous aide à avoir plus d'information sur notre thème avant d'entamer le processus de conception de projet architecturale. Dans ce chapitre nous avons consisté en premier lieu à cerner le thème, en étudiant son émergence et sa genèse, afin de connaître son impact et son rôle, ainsi que de fournir les principaux éléments de l'équipement. En second lieu, l'analyse des exemples de référence qui sont inscrit dans l'approche biomimétique et biophilique afin de s'inspirer de leur démarche dans la conception du projet à travers une synthèse sur le thème choisi.

III .1 Motivation du Choix du thème :

L'Algérie contient un nombre important et diversifié de zones humides qui comportent une qualité de diversité biologique et joue un rôle écologique incontournable. La surface de ces milieux diminue et se dégrade face à plusieurs phénomènes tels que l'urbanisation, la pollution et autre qui mettent en recule leurs potentialités et fonctions écologiques et risquent la disparition de plusieurs espèces faunistiques et floristiques qui constituent un patrimoine naturel. L'éducation environnemental semble primordiale pour la prise de conscience des risques que cour ces milieu à l'équilibre si fragile. [88]

L'orientation de la recherche scientifique vers ces milieux naturels particuliers permettra aussi de mieux comprendre les conditions de vie des espèces floristiques et faunistiques qui les constitue et donc de mieux agir pour les protéger. C'est dans cette optique que nous avons donc orienté notre thématique vers la recherche scientifique et de l'éducation environnemental et la sensibilisation à travers **une cité des sciences et de la nature** qui s'articule autour des les fonctions suivants : Education, sensibilisation, recherche et préservation.

[88] http://horizonsŕdz.com

III.2 Présentation du thème :

III.2-1 Définition des notions de bases :

- **La notion de « la cité » :** est un terme désignant, lors de l'antiquité, un groupe d'hommes libres constituant une société de politique indépendante ayant ses lois, sa religion et ses mœurs propres. A l'époque moderne le terme cité désigne l'habitat réel et lieu d'échange d'idées ou de savoir, plus qu'un simple rassemblement de peuple.
- **La notion de « la science » :** selon le dictionnaire français Larousse : ensemble cohérent de connaissances relatives à certaines catégories de faits, d'objets ou de phénomènes obéissant à des lois et vérifiés par les méthodes expérimentales. Parmi ses domaines : la géologie, l'astronomie, la biologie, l'informatique, la météorologie, physique, mathématique, robotique, nature et environnement.
- **La notion de « la culture scientifique » :** c'est un ensemble des connaissances scientifiques de l'individu et sa capacité de les utiliser ces pour identifier les questions auxquelles les sciences peuvent apporter une réponse, pour expliquer des phénomènes scientifiques et pour tirer des conclusions fondées sur les faits scientifiques. [89]
- **La notion de « la vulgarisation scientifique » :** est une forme de diffusion pédagogique des connaissances qui cherche à mettre le savoir à portée d'un public non expert. [90]
- **La notion de « l'éducation environnementale » :** L'éducation à l'environnement est une éducation qui a pour but d'amener les individus et les collectivités à saisir la complexité de l'environnement tant naturel que créé par l'homme, complexité due par l'interactivité de ses aspects biologiques, physiques, sociaux, économiques et culturels. [91]
- **La notion de « la sensibilisation environnementale » :** Elle s'agit d'éveiller l'attention et suscité l'intérêt d'une personne ou un groupe de personne vise ainsi de relever la conscience environnementale du grand public au regard des phénomènes environnementaux dus entre autres aux catastrophes naturelles, aux perturbations climatiques et des activités humaines sur l'environnement.
- **La notion de « la recherche environnemental » :** c'est une activité intellectuelle qui tend à la découverte de nouvelles connaissances concernant l'environnement et ses piliers, elle doit être détaillée, exacte, référenciée, et surtout axée sur des thèmes

[89] Définition de la culture scientifique : Source : PISA 2006 : Les compétences en sciences, un atout pour réussir, vol. 1.

[90] dictionnaire.sensagent.leparisien.fr

[91] Open éducation journal

déterminés et vise à combler les lacunes en matière de connaissances et de qualifications, afin d'aider les gens à comprendre et à participer aux activités concernant l'environnement et le développement.

III.2-2 Définition de la Cité des sciences et de la nature :

C'est un complexe pluridisciplinaire scientifique culturel et naturel œuvrant au large public (jeunes ; enfants ; étudiants ; handicapés ; chercheurs ; spécialistes ; locaux ; régionaux ou étrangers …etc.) dans le but d'accueillir toutes les sciences (environnementales, techniques, scientifique…etc.) capable d'accueillir plusieurs fonctions et activités. Cette mission s'inscrit dans une démarche de partage des savoirs, de citoyenneté active, permettant à chacun d'aborder les nouveaux enjeux liés à l'accroissement des connaissances [92]**.** Permet la création et la diffusion de connaissances théoriques et pratiques, il propose des cycles de formations d'éducation, à la recherche et au développement et cela se fait à travers des expositions, des conférences ...etc. Sa mission se résume principalement dans les points suivants :

- L'apprentissage.
- L'expérimentation.
- L'exposition.
- La formation et la recherche.
- La création.
- La sensibilisation.

III.2-3 Aperçu historique de la Cité des sciences :

Un centre de la science est à l'origine un musée de science mais avec de nouveau concept, créé essentiellement dans le but d'encourager les visiteurs à expérimenter facilement et de rendre la science plus accessible au grand public.

L'apparition de ce nouveau concept fut en 1906, le « Deutsches Museum de Munich » est le premier à présenter des expositions invitant la participation de ses visiteurs. Plus tard, d'autres musées d'histoire de la science ont fait quelques expositions pratiques comme ceux de Londres, de Chicago, de Philadelphie et de Boston.

Mais généralement l'émergence réel des centres fut dans des années 60 et plus tard, avec les menaces engendrées par la Guerre froide, la course à l'espace et l'apparition de nouveaux pays industrielles comme le Japon, En effet, ces préoccupations poussent plusieurs nations occidentales à produire de nouveaux espaces d'apprentissages non formelles et à repenser a la manière d'enseigner les sciences.

Après 1960 plusieurs musées ont été fondés, à Amsterdam par la société Philips, à San

[92] http://www.ccsti.fr/fr/acteurs/la_charte.html

Francisco par Frank Oppenheimer et à Toronto par le gouvernement ontarien, ces espaces ne sont pas consacrés qu'à l'exposition d'objets historiques mais plutôt pour l'expérimentation de la science moderne ,Ainsi le Seattle's Pacific Science Center (le premier pour s'appeler un « centre" de la science plutôt qu'un musée) ouvre ses portes en 1962, durant l'Exposition universelle de Seattle, sous le nom de United States Science Pavilion.

Cela n'a pas pris longtemps pour que ces musées new-style se réunissent pour créer de nouvelles associations, tel que L'association des centres de Science-Technologie américaine (ASTC) a été formellement établie en 1973.

En France le premier « Centre de culture scientifique, technique et industrielle » (CCSTI) est né à Grenoble, en 1979. Dans une ville qui forme le second pôle de recherche en France, en lien fort avec les industries de pointe, dans cette même année date aussi la décision de créer à La Villette, un musée des sciences qui deviendra la CSTI

III.2-4 Les objectifs de la Cité des sciences et de la nature :

- Renforcer l'offre éducative et offrir à tout le monde la possibilité de ce cultivé et pratiquer l'activité désire.
- Créer un lieu d'interaction entre les scientifiques et les professionnelles.
- Encourager l'échange d'idée, d'expérience et assurer une mixité sociale
- Sensibiliser le public à l'importance de l'inventaire et de la préservation de l'environnement.
- Evoluer les mentalités et changer le comportement en question de l'environnement à travers l'émergence des pratiques environnementale.
- Faire avancer la recherche et la formation de la relève dans différentes spécialités reliées à l'inventaire de l'environnement.
- Identification, conservation, valorisation des éléments rares et menacés.
- Renforcer la capacité des citoyens à participer de manière individuelle et collective aux enjeux environnementaux.
- Favoriser la tenue d'activités pédagogiques, de conférences, de soirées d'informations et d'expositions sur différents thèmes liés au respect et à la protection de l'environnement et de la biodiversité.

III.3 Analyse des Exemples Référentiels:

Les exemples qu'on a choisis sont proches de notre thématique et de notre contexte d'intervention. Et aussi grâce à leur richesse architecturale et programmatique et qui s'intègrent parfaitement dans leur environnement naturel et qui s'inscrivent dans la démarche du développement durable.

III.3-1 Exemple 01: Cité des arts et des sciences (Ciudad de las Artes y las Ciencias 1995-2009) Valence, Espagne.

Figure III. 1 : Cité des Arts et des sciences, Valence.
Source : http://www.valencia-cityguide.com/es/atracciones-turisticas/ciudad-de-las-artes-y-las-ciencias.html.

III.3-1-1 Motivation du choix du projet:

On a choisi cet exemple car les critères suivants :

- L'application de l'approche biomimétique au niveau formelle dans toute l'ensemble de la cité.
- Une programmation innovante qui contienne tous les espaces nécessaires pour une cité des sciences.
- Un exemple impressionnant d'architecture moderne.

III.3-1-2 Presentation du projet:

La Cité des Arts et des Sciences de Calatrava est un complexe scientifique Culturel moderne à grande échelle urbain destinée pour la culture et la Science et l'art de la ville de Valence. C'est la destination touristique Moderne la plus importante de la ville de Valence et l'un des 12 trésors D'Espagne, a été conçu par l'architecte Santiago Calatrava en 1996 et ouvert en 1998.[93]

III.3-1-3 Le contexte du projet:

Le projet est situé dans un ancien site industriel au Sud-Est de la périphérie de la ville de valence, dans une zone légèrement plate.

[93] https://www.wikiwand.com/en/City_of_Arts_and_Sciences

Figure III. 2: La situation de la cite d'art et des sciences par rapport la région,

Source : https://fr.wikipedia.org/.

Figure III. 3: la situation de de la cité d'art et des sciences par rapport la ville,

Source : https://www.mondecarte.com/carte/valencia-carte

Figure III. 4: Plan de situation de la cité d'art sciences de valence par rapport la ville,

Source : Google Earth.

III.3-1-4 L'Environnement immédiat:

La cité intégrée dans une zone de grande attractivité touristique limité par l'ancien fleuve romain de Turia avec la continuité de ces jardins entouré par plusieurs quartiers résidentiels et des équipements culturels touristiques et de loisirs ou il y a un contact assuré par des parcours et des promenades et des plans d'eau.

Figure III. 5: L'environnement immédiate

Source : Google earth + réadapté par auteur.

III.3-1-5 L'accessibilité:

Le terrain est accessible à partir d'un carrefour situé à son côté sud sur l'autoroute Saler et qui mène directement vers un grand parking de 900 places qui se trouve au-dessous de l'umbracule , ce dernier représente l'entrée principal de la cite et chaque composante a une

entrée indépendante. la circulation entre les différents bâtiments est assuré par une trame viaire bien organisé qui assure aussi la continuité du projet avec la ville.

L'emplacement du complexe dans une zone entourée par des voies offre une grande possibilité aux visiteurs d'accéder au site et au projet facilement.

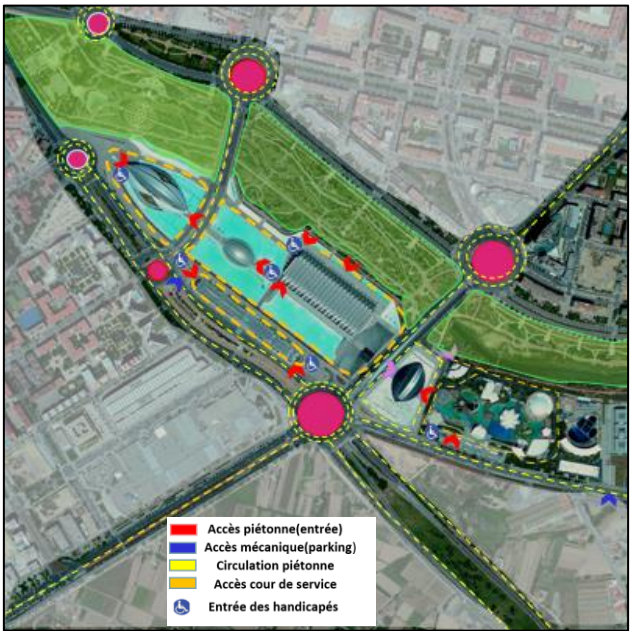


Figure III. 6: L'accessibilité de projet
Source : Google Earth+readapté par auteur

III.3-1-6 l'étude de plan de masse:

La Cité est composée de différents bâtiments colossaux dont chacun réalisé sous forme diffère de l'autre, s'organisée linéairement autour d'un axe longitudinal de 1.7 km parallèle à la rivière, ainsi les bâtiments traversés par cet axe ont une organisation centrale, (hémisphérique, palais des arts, océanographique) et celle qui sont parallèles à l'axe ont une organisation linéaire (umbracule, musé des sciences).

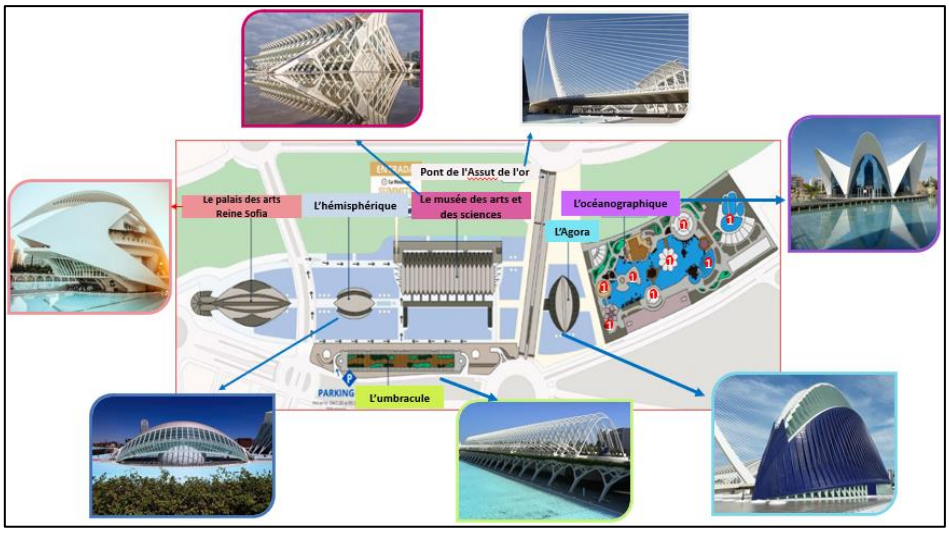
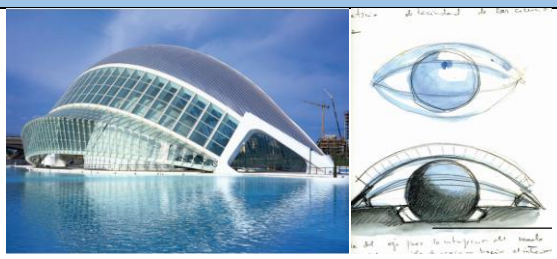
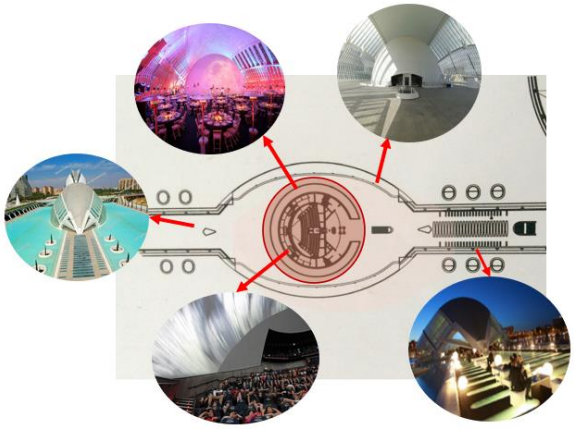
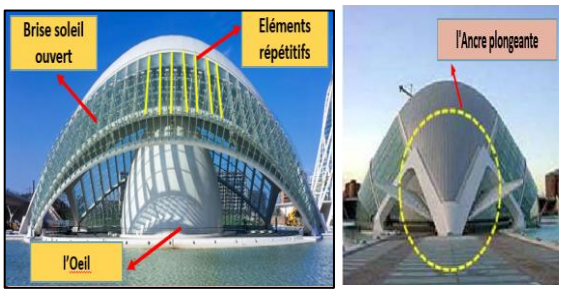
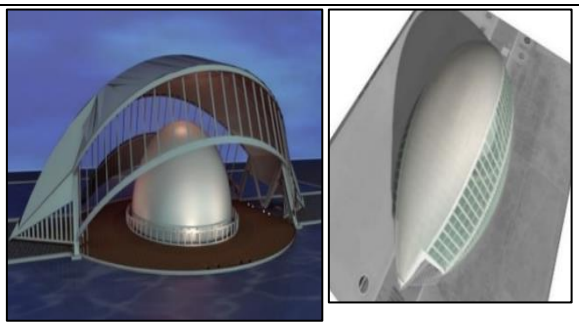
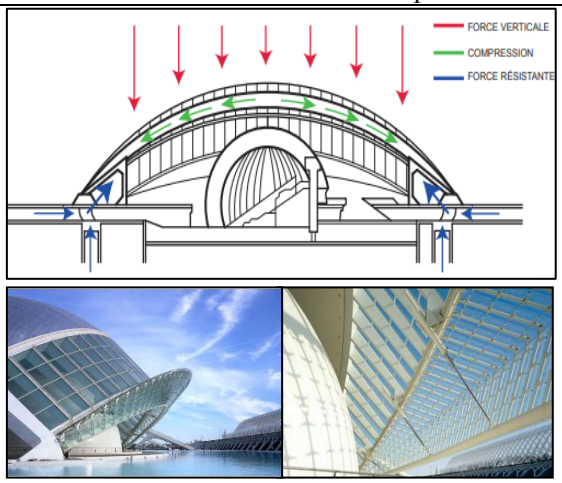


Figure III. 7: Le plan de masse de la cité de valence.

Source : https://www.spuntidiviaggio.it/cosa-vedere-a-valencia-in-3-giorni-luoghi-imperdibili-da-visitare-mappe/+Readapté par auteur

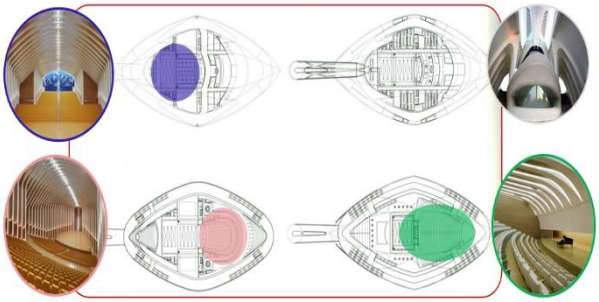
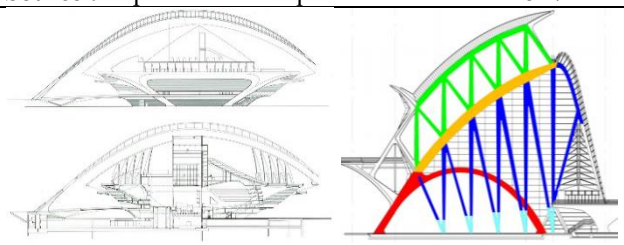
III.3-1-7 le fonctionnement interieur:

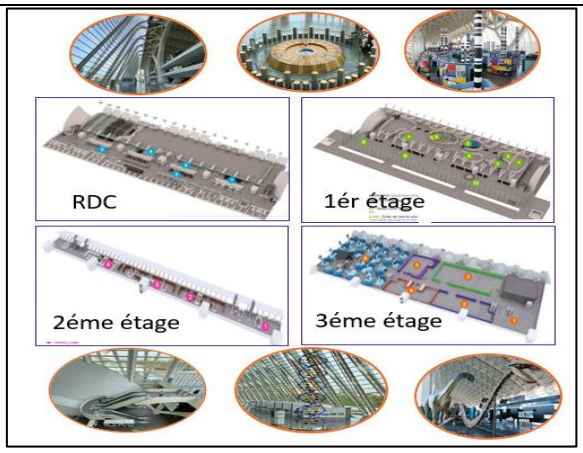
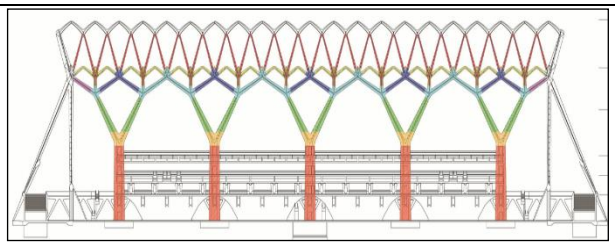
L'Hémisphérique	
Présentation: Un splendide Laserium, planétarium et cinéma IMAX avec une superficie de 2600 m2 est d'une forme ovoïdale inspirée par « Œil de la connaissance ».	 **Figure III. 8:** L'Hémisphérique. **Source :** www.valence-espagne.org
Fonctionnement intérieur: se compose d'un seul niveau RDC qui contient un hall, un espace central pour les expositions temporaires, une salle de projection, qui peut accueillir plus de 300 personnes La zone intérieure comprend l'anneau de périmètre "Carl Sagan" dédié à la tenue d'événements de toutes sortes.	 **Figure III. 9:** plan RDC de l'hémisphère. **Source :** Calatrava public buildings (1998)

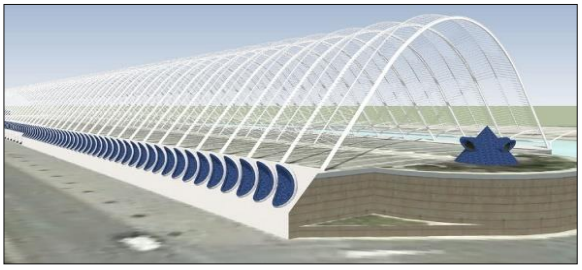
La façade : Au niveau de façade Il y a trois éléments principaux que Calatrava a utilisés : l'Œil, le Brise-Soleil et l'Ancre plongeante. L'enveloppe extérieur est revêtue latéralement en verre lui donne un aspect de transparence avec l'utilisation des éléments répétitive.[94]	 **Figure III. 10:** La façade de l'hémisphère **Source :** Vokshi, Tola 2013
La Volumétrie : une demi-sphère posée sur un plan d'eau dans lequel il se reflète. Le tout en forme de gigantesque est composé d'une coque extérieure abritant un hémisphère à l'intérieure.	 **Figure III. 11:** Le volume de l'hémisphère. **Source :** 3dwarehouse.sketchup.com
La Structure : Le système structurel inspiré de même système de la paupière avec un toiture ovoïde est composée de cinq arcs surbaissés qui s'appuient aux extrémités sur des tripodes en béton armé reliés entre eux par des profilés lamellés et des caissons courbes le béton comme matériau de prédominance pour le bâtiment. [95]	 **Figure III. 12:** La structure de l'hémisphère **Source :** Calatrava public buildings (1998).

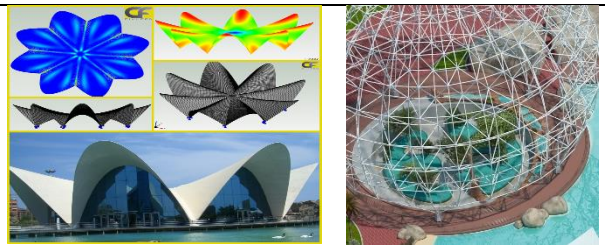
[94] Santiago Calatrava, City of arts and science : The similarity of elements(pdf fichier)

[95] La pensée constructive en Architecture (pdf fichier)

<table>
<tr><th colspan="2">Le Palais des Arts Reine Sofia</th></tr>
<tr><td>Présentation : Un bâtiment spectaculaire dédié à la promotion des arts de la scène. Avec une extension de 55 000 m2, Le palais est inspiré de la forme d’un navire.</td><td>
Figure III. 13: Le Palais des Arts Reine Sofia .
Source : https://structurae.net/fr/ouvrages/palau-de-les-arts-reina-sofia</td></tr>
<tr><td>Fonctionnement intérieur : Le palais composé de R+3 ou il a 4 salles différentes : la salle principale accueille 1.800 personnes, la salle de musique de 400 places, l'Amphithéâtre aussi 1.800, et le Théâtre aussi 400 places. Avec des ateliers de production et les espaces éducatifs.</td><td> 
Figure III. 14: les plans de palais des arts Reine Sofia.
Source : wikiarquitectura.com</td></tr>
<tr><td>La façade : Sa façade est marquée par une énorme ouverture dispose à l’intérieur de plateformes en saillie situées à différentes hauteurs.</td><td>
Figure III. 15: La façade de palais des arts Reine Sofia.
Source : https://noticias.arq.com.mx/Detalles/14527.html</td></tr>
<tr><td>La Structure : Constitué d’une carcasse métallique en tôles d’acier. Avec deux coques : construites en acier laminé, et revêtues de carreaux céramique.</td><td> 
Figure III. 16: La structure de palais
Source : arquitecturaviva.com.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Le musée des arts et des sciences</th></tr>
<tr><td>Présentation :
Le musée est un centre interactif et ludique dédié aux sciences et aux technologies inspirées d’un squelette d’animal.</td><td>
Figure III. 17: le musée des arts prince Felipe.
Source : www.entradas-valencia.com</td></tr>
</table>

Fonctionnement intérieur : Se répartie sur quatre étages (8000m² chacun) qui abrite des expositions temporaires, et permanentes.	 **Figure III. 18:** les plans de musée des arts prince Felipe. **Source :** https://www.cac.es/en/museu-de-les-ciencies/servicios.html
La façade : La façade nord en charpente métallique d'une couleur blanche qui forme une paroi translucide maillé pour éclairer la grande salle d'exposition. La façade sud marqué par de grandes baies vitrées. Le résultat d'un jeu de vides et des pleins entre les membres de l'ossature en béton armé.	 **Figure III. 19 :** la façade Nord du musée des arts prince Felipe. **Source:**https://manchesterhistory.net/architecture/2000/sciencemuseum.html **Figure III. 20:** la façade sud de musée des arts prince Felipe **Source** : http://www.spainisculture.com
La volumétrie : Un seul volume qui se ressemble à un squelette de dinosaure géant est spectaculaire avec un escalier monumental.	 **Figure III. 21:** la volumétrie de musée des arts prince Felipe **Source :** http://www.spainisculture.com
La structure : Une succession de structures symétriques organique en béton arme blanc pour les éléments porteurs et la charpente métallique de la toiture.	 **Figure III. 22:** La structure de musée des arts prince Felipe **Source :** https://arquitecturaviva.com/obras/museo-de-las-ciencias

<table>
<tr><th colspan="2">L’umbracle</th></tr>
<tr><td>Présentation :
un jardin botanique en plein air, il abrite toute la végétation de la région de Valence (le romarin ; la lavande, le palmier...) avec une galerie d'art en plein air Au-dessous du jardin se trouve un grand parking permet d'héberger 900 véhicules.</td><td>
Figure III. 23: L’umbracle de la cite des science de valence.
Source : https://intense-dmc.com/blog/cite-arts-sciences-valence/</td></tr>
<tr><td>La façade :
La façade est le résultat des vides et des pleins entre la voute blanche et le jardin sur le toit avec des branches d’arbres.</td><td>
Figure III. 24: la façade de L’umbracle de la cite des sciences de valence.
Source : https://www.valence-espagne.org/cac/umbracle.htm</td></tr>
<tr><td>structure :
Une structure fine couvert s’une série d’arcs métalliques composant une voute de 18m de hauteur en charpente métallique et en béton armé pour les étages inferieur du parking.</td><td> 
Figure III. 25: la volumetrie de L’umbracle de la cite des science de valence.
Source : https://3dwarehouse.sketchup.com/</td></tr>
<tr><th colspan="2">L’océanographique</th></tr>
<tr><td>Présentation : un centre scientifique et un aquarium éducatif et récréatif disposera d'un tunnel sous-marin de plus de 70 m de longueur, avec des aquariums panoramiques. Contenant 42 millions de litres d’eau pour reconstituer plusieurs écosystèmes où vivent plus 45 000 êtres vivants, inspiré des fleurs.</td><td>
Figure III. 26: L’océanographique de cite des science de valence.
Source : http://www.tecnum.net/oceanografic.html</td></tr>
</table>

La façade : En forme de nénuphar. Ses façades sont marquées par de grandes baies vitrées qui sont en retrait par rapport au volume.	 **Figure III. 27:** la facade de L'Océanographique de Valence (Félix Candela). **Source :** https://www.fotoescapada.com/visita-oceanografic-ciudad-ciencias-valencia/
La structure : Une structure métallique en forme de plumes s'extrait d'un pilon en béton armé, et une structure tridimentionelle.	 **Figure III. 28:** la structure de L'océanographique de cite des sciences de valence. **Source :** https://www.prontubeam.com
La Volumétrie : Une diversité des plusieurs formes inspireés de la nature donne a la cite une richesse volumetrique symbolique.	 **Figure III. 29:** la volumetrie de L'océanographique de cite des sciences de valence. **Source :** https://doen.inbenidorm.nl/oceanografic-valencia/

Synthèse :

- La conception futuriste des composants de la cité semble avoir des influences maritimes et squelettiques, avec un clin d'œil au biomimétisme a l'échelle formelle (imitation formelle).
- La cité des arts et des sciences est bien située dans une zone touristique attractive dans la périphérie de la ville de valence, ou il y a un contact physique et une relation avec l'environnement immédiat par des parcours et des promenades.
- La cité est éclatée et riches par sa composition volumétrique.
- La structure représente l'élément révélateur de la cité des sciences et des arts, elle a été construite pour être monumentale ou il y a une exagération de l'utilisation d'aspect structurelle.

III.3-2 Exemple 02: Les Jardins de la baie de Singapore « une fusion de la nature et de la technologie » (2006-2012) Singapour, Asie.

Figure III. 30: vue d'ensemble du jardin de la baie de Singapour

Source : https://planetofhotels.com/guide/en/singapore/singapore/gardens-bay

III.3-2-1 Motivation du Choix:

On a choisi cet exemple car les critères suivants :

- Une grande cité naturelle qui détermine les principes biomimétiques et biophiliques par excellence.
- Un projet qui combiner la durabilité de l'architecture avec des aspects techniques intéressants et une infrastructure environnementale intelligente.

III.3-2-2 Présentation du projet:

Les jardins de la bais est le plus grand projet d'architecture paysagère à Singapour et l'un des plus grands au monde. Une immense cité naturelle futuriste de 101 hectares, l'ensemble d'une infrastructure environnemental intelligente offrant à la fois des loisirs et une éducation à la nation réalisée par Grant Associates en 2006 et ouvert en 2012.

III.3-2-3 Situation de projet:

Le projet se situe dans le côté sud de Singapour dans le nouveau centre-ville de Marina Bay

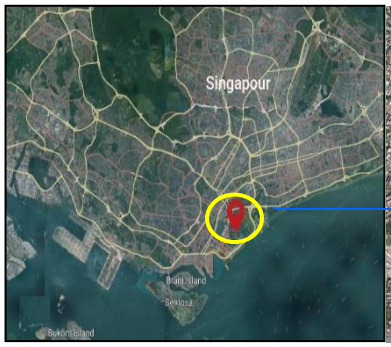


Figure III. 31: Plan de situation à l'échelle de la ville.
Source : Google earth+ réadaptée par Auteur.

Figure III. 32: Plan de situation à l'échelle du quartier.
Source : Google earth+ réadaptée par Auteur.

Figure III. 33: Plan de situation des jardins de la baie de Singapour
Source : Google earth+ réadaptée par Auteur.

III.3-2-4 L'environnement immédiat:

Le projet d'inscrit dans un site entourées par des multiples projets biomimétiques qui imitent des formes naturelles, dans son ensemble est devenu emblématique de Singapour, notamment avec le Merlion et les tours Marina BaySands.

Figure III. 34 : Plan de situation à l'échelle de la ville

Source : Google Earth +Auteur

III.3-2-5 Genèse et Principe:

L'orchidée est un point de depart intéressant,c'est la fleur nationale de singapour et c'est la plus cosmopolite des plantes.La structure des jardins est faite sous forme d'une fleur d'orchidée,les allés définissent les tiges,les jardins sont les fleurs.

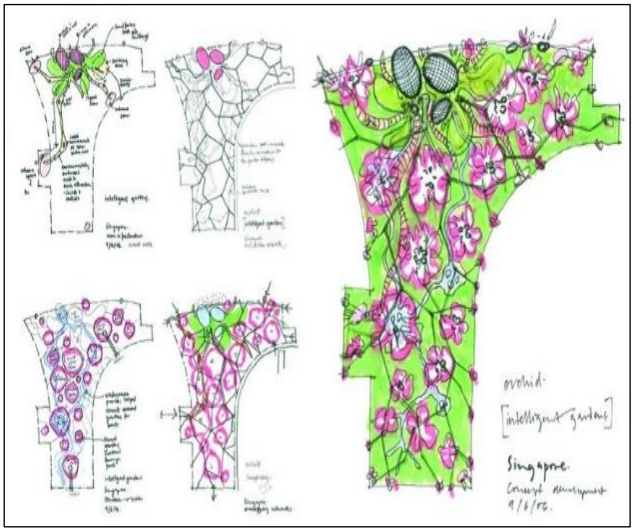


Figure III. 35: les jardins sous la forme d'une fleur.

Source : https://grant-associates.uk.com/projects/gardens-by-the-bay

III.3-2-6 l'Accessibilité:

Les jardins est situé près du réservoir de la marina dans la région centrale de Singapour. De nombreuses stations de MRT (métro) et arrêts de bus sont à proximité, ce qui facilite l'utilisation des transports en commun pour se rendre au parc. Il y a plusieurs façons d'entrer (multiples accès).

Figure III. 36 : L'accessibilité des jardins.
Source : https://grant-associates.uk.com/projects/gardens-by-the-bay+readaptée par auteur.

III.3-2-7 Analyse de plan de masse:

Le plan de masse à une organisation hiérarchique qui suive les ramifications de la fleur de l'orchidée, il y'a des superbes structures architecturales sont combinées avec une grande variété d'expositions horticoles, des spectacles quotidiens de lumière et de son, des lacs, des forêts, des espaces événementiels et une multitude d'offres de restauration et de vente au détail

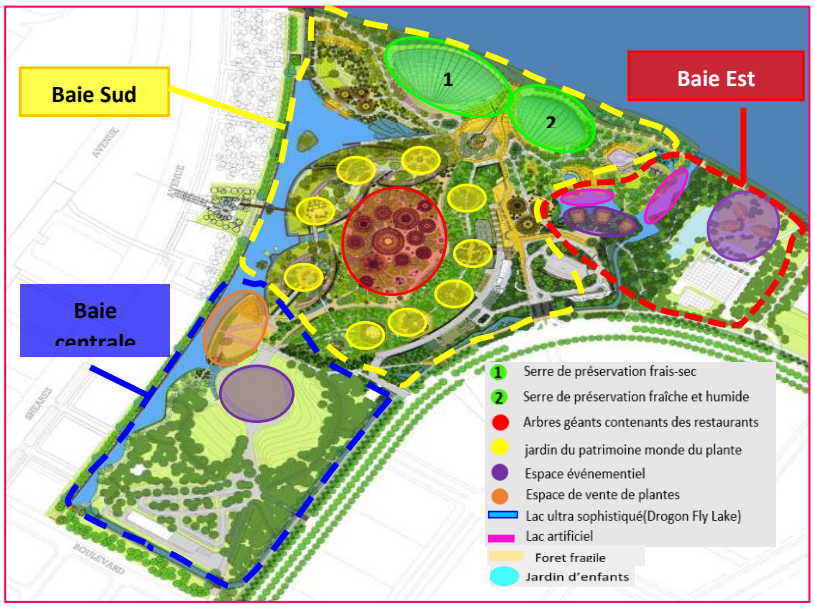


Figure III. 37 : Le plan de masse des jardins de la bais.
Source : https://mavink.com/explore/Gardens-by-the-Bay-Singapore-Plan+ traité par auteur.

III.3-2-8 Analyse architectural:

A-Les serres bioclimatiques :

les deux grandes serres bioclimatiques au monde sont implantées au nord du terrain, accessibles à partir des parcours qui assurent la fin d'une promenade à travers les jardins extérieurs.

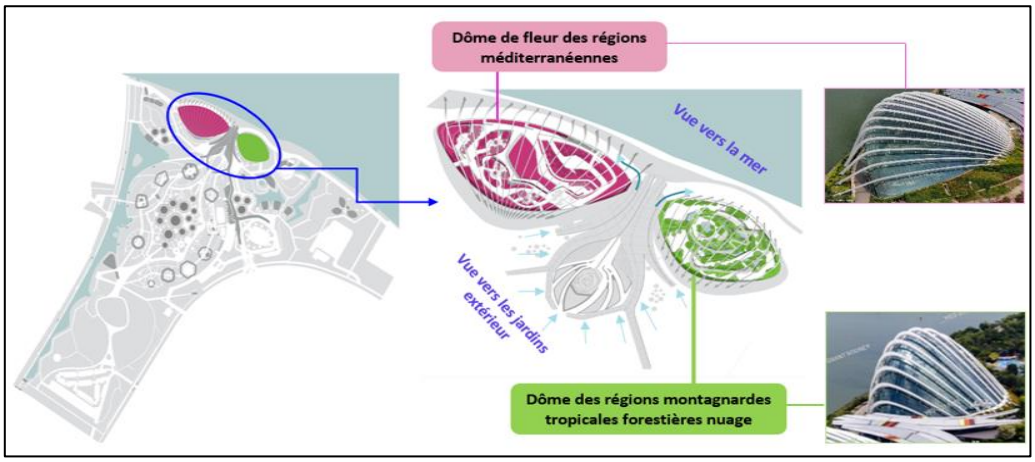


Figure III. 38: Les serres bioclimatiques des jardins de la baie
Source : https://www.archdaily.com +réadaptée par auteur

- **Le Fonctionnement intérieur du serre des fleurs des régions Méditerranéennes et des régions montagnardes tropicales forestières nuage :**

Est divisé en différentes sections, chacune présentant des plantes exotiques de différents continents. Est maintenu à des fleurs des régions méditerranéennes et subtropicales semi-arides.

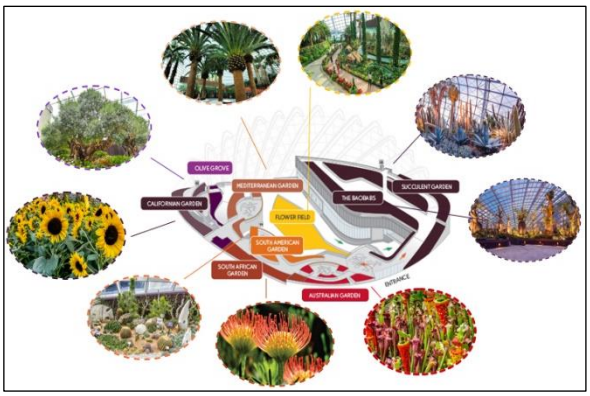


Figure III. 39: L'intérieur Serre des fleurs des régions méditerranéennes
Source : https://mavink.com/explore/Gardens-by-the-Bay-Singapore-Plan+ traité par auteur.

Figure III. 40 : L'intérieur Serre des fleurs des régions montagnardes tropical
Source : https://mavink.com/explore/Gardens-by-the-Bay-Singapore-Plan+ traité par auteur.

- **La façade :** La façade du projet est complètement vitrée, elle se caractérise par son aspect simple et fluide et offre une sensation de légèreté avec une absence totale d'angles.

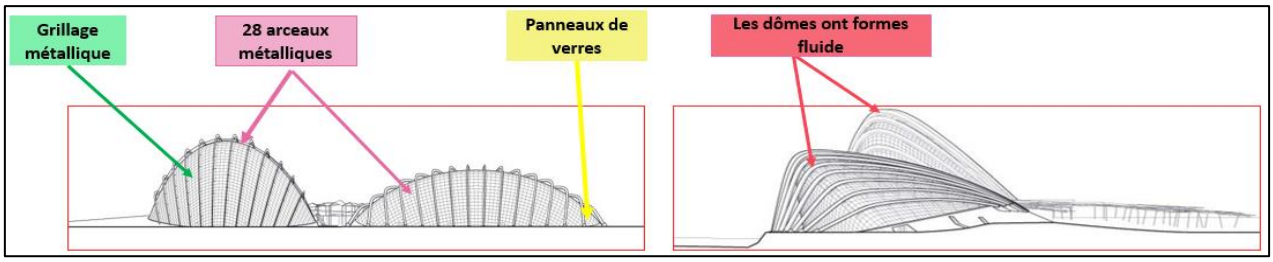


Figure III. 41 : La façade Postérieur

Source : https://wilkinsoneyre.com/projects/cooled-conservatories-gardens-by-the-bay + traite par auteur.

Figure III. 42 : La façade Latérales

Source : https://wilkinsoneyre.com/projects/cooled-conservatories-gardens-by-the-bay + traite par auteur.

- **La coupe :**

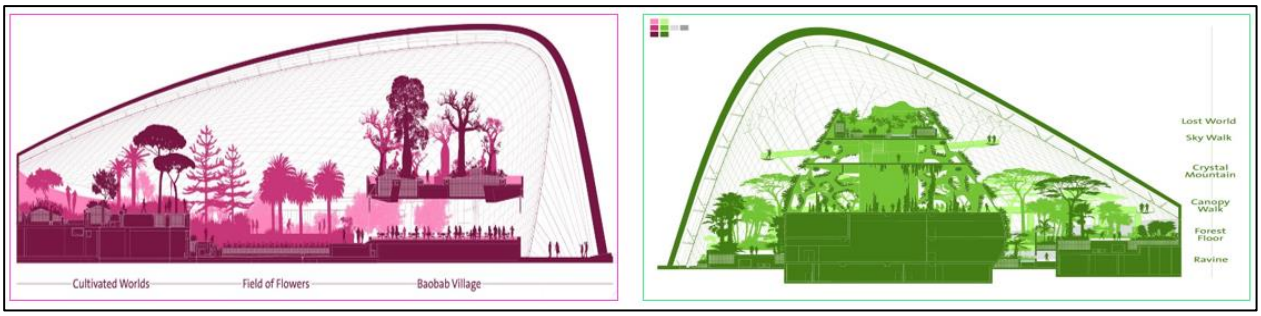


Figure III. 43 : Coupe transversale.

Source : https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects

Figure III. 44 : Coupe longitudinale

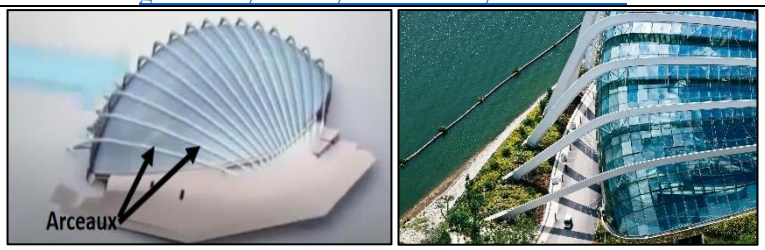
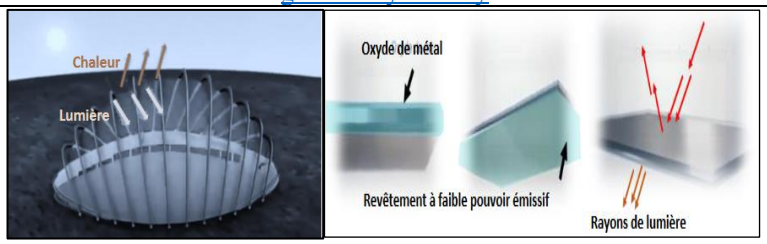
Source : : https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects

- **La structure et les matériaux de construction :**

Les Stores : Elles s'actionnent après la détection de la chaleur par des capteurs de température situés sous le verre et se rétractent automatiquement pendant les jours pluviaux ou nuageux	

Figure III. 45: Les Stores

Source : https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects

Le grillage : coque métallique posé sur les arceaux renforce la résistance aux vents et réduit les risques d'infiltration dus aux fortes pluies.	 **Figure III. 46:** Le grillage. **Source** : https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects
Les arceaux : 28 arceaux (pare-serre) en acier de 150m de longs semblables à une thoracique renforce la paroi extérieur des serres.	 **Figure III. 47:** La structure des serres **Source** : https://wilkinsoneyre.com/projects/cooled-conservatories-gardens-by-the-bay
Le vitrage ultra sophistiqué : La chaleur des rayons est renvoyée mais la lumière essentielle reste conservée pour un bon équilibre.	 **Figure III. 48 :** le principe de transfert de chaleur à l'intérieur des serre Source : https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects

B. Les super-arbres :

Sont des jardins verticaux arborescentes avec des hauteurs impressionnantes entre 25 mètres et 50 mètres abritent des dizaines d'espèces d'oiseaux et d'insectes plus de 160000 plantes liées par des passerelles et un restaurant panoramique.

Figure III. 49 : Le plan de masse des supers-arbres
Source : https://wilkinsoneyre.com/projects/cooled-conservatories-gardens-by-the-bay + traite par auteur.

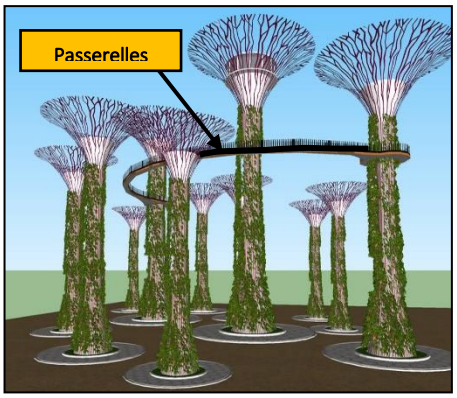


Figure III. 50 : Les supers-arbres
Source : https://3dwarehouse.sketchup.com

- **Matériaux et structure :**

La structure de chaque arbre est composée d'un noyau en béton et d'un tronc en acier équipés de panneaux de plantation. La canopée, dont les branches sont conçues sous la forme d'un réseau d'ondes neuronales rayonnant vers l'extérieur sur le dessus. La partie supérieure est formée d'un auvent soulevé par un système de vérin hydraulique.

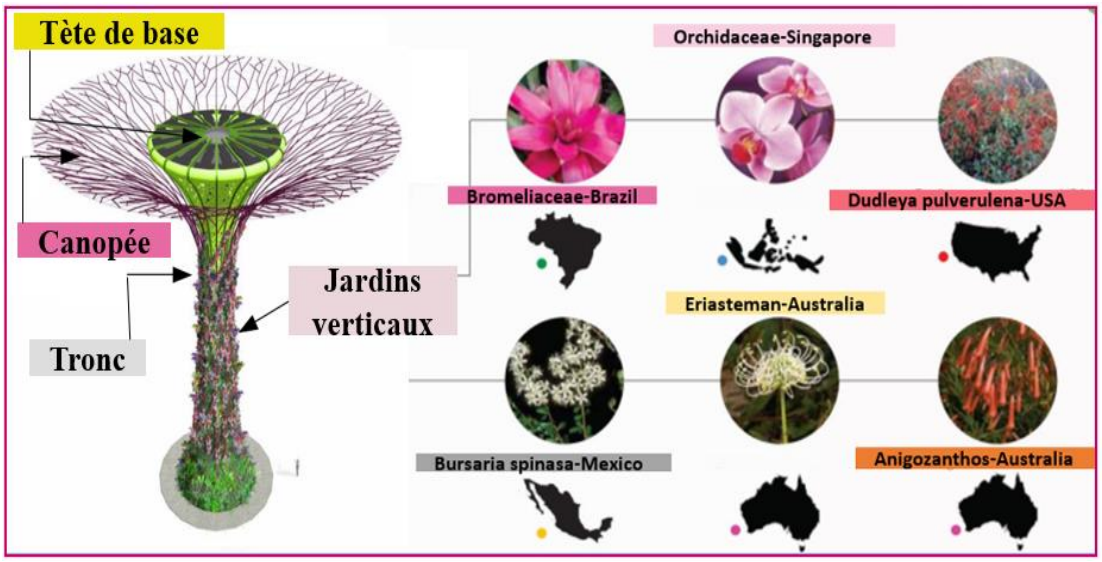


Figure III. 51 : la diversité des espèces et l'adaptation aux changements de saisons constituent le core des super-terres
Source: Sabrina Samin 2015.

- **L'approche Biomimétique dans les super-arbre : une technique durable imité de système d'arbre :**

Ces arbres sont équipés de technologies environnementales qui imitent la fonction écologique des arbres. Au-dessus des solaire qui servira pour certaines fonctions des super-

arbres l'éclairage de la nuit. La collecte des eaux de pluie pour une utilisation dans des réseaux d'irrigation, éliminant le besoin d'arrosage, utilisent un système de dispersion de la chaleur, exactement comme le font les arbres lorsqu'ils absorbent l'eau de pluie pour leur croissance. Les super-arbres servent également d'entrée d'air et d'échappement pour les systèmes de refroidissement des serres. [96]

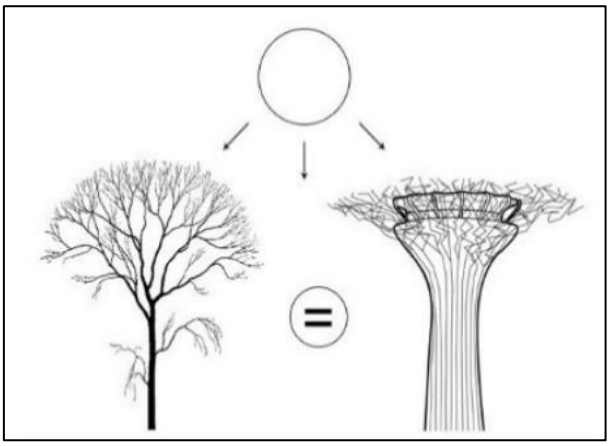


Figure III. 52 : Imitation des super-arbres de mêmes principes d'arbre

Source : Zulherman,2019.

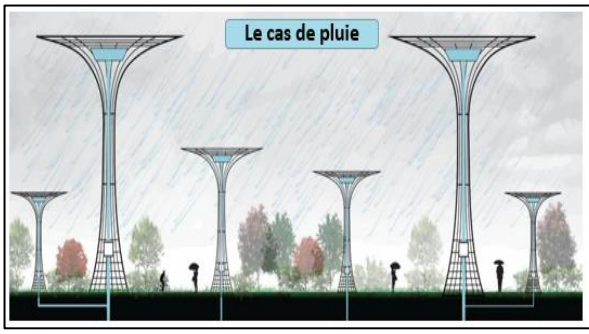


Figure III. 53: durabilité environnementale: Récupération des eaux de pluie

Source : Sabrina Samin 2015.

Figure III. 54: durabilité environnementale: énergie solaire.

Source : Sabrina Samin 2015.

C. Les jardins patrimoine et le monde de planètes :

Une série de jardins sur le thème de l'horticulture est stratégiquement située sur deux monticules, chaque jardin explore la riche signification culturelle de différentes espèces :

[96] La pensée constructive en Architecture (pdf fichier)

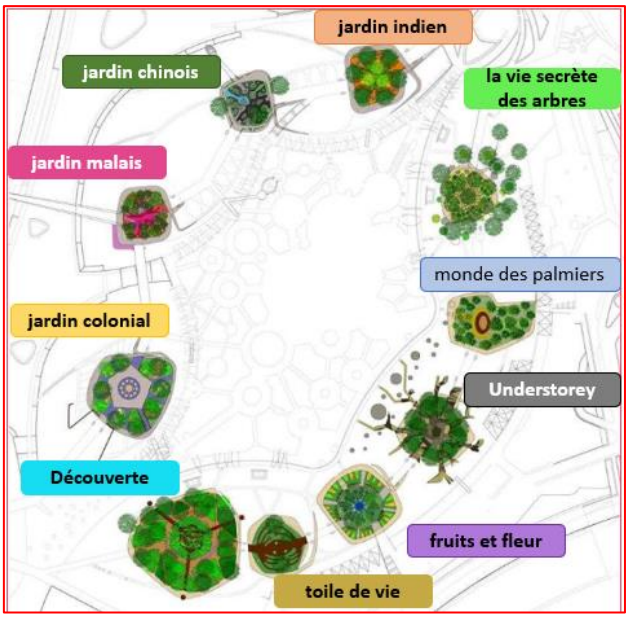


Figure III. 55 : plan de masse des jardins patremoinielle.
Source: Nermin Nabil 2014.

Figure III. 56 : Les jardins patremoinielle.
Source : https://www.gardensbythebay.com.sg/en/learn-with-us/explore-resources/articles/chinese-garden.html

D. Les Jardins d'enfant et les aires de jeux :

Situé le long du front de mer de Bay South Garden et adjacent aux petites serres, le jardin d'enfant est spécialement destiné aux enfants jusqu'à 12 ans et cherche à encourager davantage l'interaction avec la nature, ainsi que des équipements de jeu intégrés et des jeux d'eau répartis sur quatre principales zones de jeu :

-Parcours Aventure, Cabanes dans les arbres de la forêt tropicale, Zone de jeux pour tout-petits et aires de jeux aquatiques. Le tout au milieu d'un jardin luxuriant.

Figure III. 57 : plan de masse des jardins patremoinielle.
Source : https://www.gardensbythebay.com.sg/en/things-to-do/attractions/far-ea st-organization-childrens-garden.html

III.3.2.9. L'approche Biophilique dans les jardins de la bais :

Les jardins presque intègrent toute les principes biophilique représente comme un monde qui fait l'éloge de la beauté, et de la complexité de la nature. Riche en couleurs, odeurs, sons, textures et formes, il encourage l'interaction multisensorielle, la relation directe avec la nature et les expériences spatiales uniques. L'organisation et la hiérarchie spatiale des éléments, la lumière dynamique la ventilation naturel la présence de l'eau des formes et motifs naturels que l'on retrouve dans les organismes animaux et végétaux. Chaque élément est conçu avec des lignes courbes comme une structure organique qui les caractérisent incarnent les principes de base du design biophilique.

Figure III. 58: Les elements biophilique dans les Jardins de la baie
Source : google image.

III.3.2.10. Le Fonctionnement technique des Jardins de la baie de Singapour :

La durabilité a été un moteur de conception clé pour l'ambitieux projet Gardens by the Bay de Singapour. Celui-ci abrite ainsi une centrale à biomasse qui utilise les déchets naturels du lieu pour produire de la chaleur et de l'énergie, mais aussi des engrais sous forme de cendres qui alimentent à leur tour les espaces verts. Et comme rien ne doit se perdre, la chaleur qui s'échappe est capturée pour générer un liquide qui absorbe l'humidité, et sert à déshumidifier l'air. Celui-ci est alors refroidi pour la climatisation des dômes.

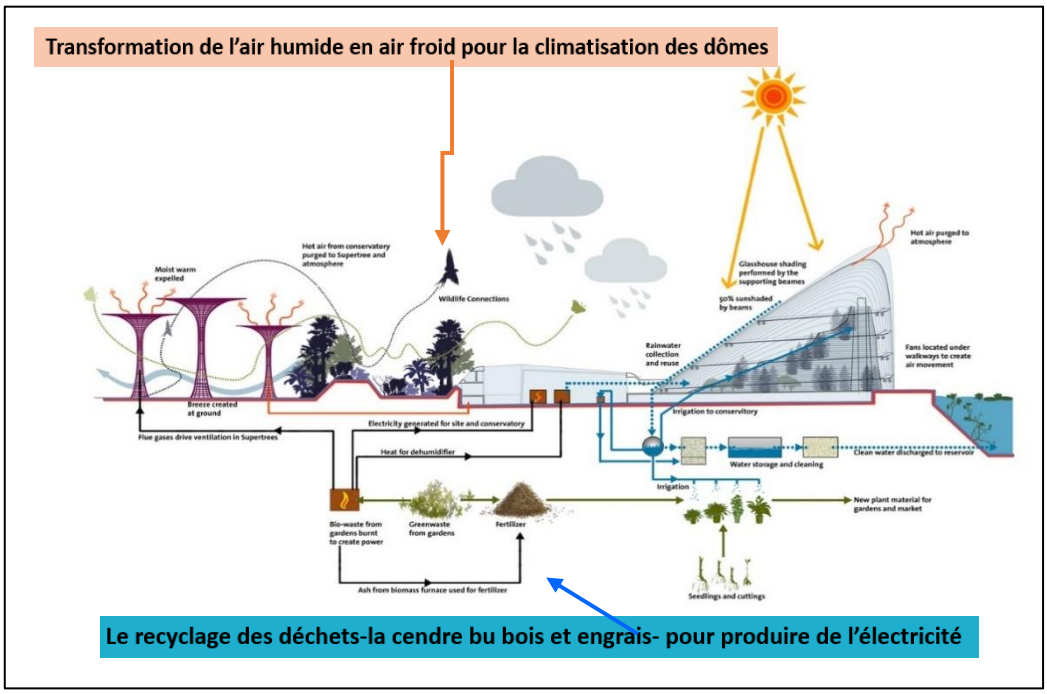


Figure III. 59 : Coupe schématique sur l'utilisation d'énergie biomasse dans les jardins de la baie
Source : https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects

Synthèse:

- Le projet traite bien son principe de ville jardin dont il détermine les principes biomimétiques et biophiliques avec excellence ou il est axé sur la nature avec une variété des jardins des espèces naturels avec des préoccupations éco-responsables.
- La Transparence et ambiance visuelle : Ce concept d'optique est matérialisé par des parois aussi transparentes, afin d'ouvrir le projet au maximum vers son environnement, ce qui permettra une communication vive et assurent un contact visuel avec l'environnement existante.
- La fluidité et le Plan libre : créer une certaine fluidité entre les différents espaces du projet, en minimisant les parois intérieures et la séparation physique.
- Légèreté : Ce concept est matérialisé par le choix des matériaux, la priorité est donnée à l'utilisation des matériaux verre et métal.

- Un ensoleillement maximal et un éclairage optimal.
- L'utilisation des moyens et techniques de la durabilité tout en minimisant les impacts sur l'environnement.

III.3-3.Exemple 03: L'académie des sciences de Californie (2005-2008) Etats-Unis, San Francisco.

Figure III. 60: L'Académie des sciences de Californie.
Source : https://www.calacademy.org/scientists/academy-fellows

III.3-3-1 Motivation du choix:

- Nous avons choisi cet exemple pour son intégration parfaite à son environnement et pour la bonne compréhension des techniques et des procédés bioclimatiques apportées dans ce projet car le projet conçu et construit comme le bâtiment le plus écologique au monde, il a obtenu le prix « Academy Award winning course for LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) pour la meilleure conception.

III.3-3-2 Présentation du projet:

L'académie des sciences de Californie est l'un plus grands muséums d'histoire des dix naturelle du monde et l'un des plus anciens des États-Unis d'Amérique est une institution scientifique et éducative Réalisée par Renzo Piano qui délivre une construction éclairée et durable en 2008, caractérisé par un style postmodernisme et une architecture expressionniste.

III.3-3-3 La situation du projet:

L'académie des sciences est située à l'extrémité nord de la péninsule de San Francisco, entre l'océan Pacifique à l'ouest et la baie de San Francisco à l'est, dans l'un des poumons verts de San Francisco, le Golden Gate Park, Californie, États-Unis.

Figure III. 61: Situation de l'académie des sciences à l'échelle de la ville

Source : http://justedesmotsquinousressemblent.over-blog.com/pages/CALIFORNIE-8921828.html

Figure III. 62 : Situation de l'académie des sciences à l'échelle du quartier

Source : https://www.travelin.pl/top/11-miejsc-ktore-warto-zobaczyc-w-san-francisco/golden-gate-park

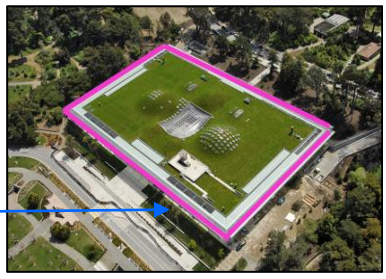


Figure III. 63 : l'académie des sciences de California.

Source : https://www.travelin.pl/top/11-miejsc-ktore-warto-zobaczyc-w-san-francisco/golden-gate-park

III.3-3-4 Genese et principes:

La conception de Renzo Piano vise à combiner les sciences de la nature et les gens sous un même toit vivant ou la forme des toits de l'académie s'inspire des sept collines de san Francisco.

Figure III. 64 : Les Collines de San Francisco.

Source : https://www.britannica.com/place/Hayward-California

Figure III. 65 : L'Académie des sciences de Californie

Source : https://arquitecturaviva.com/

III.3-3-5 Implantation du projet:

Le projet est implanté sur une trame verte qui suit la morphologie du terrain.

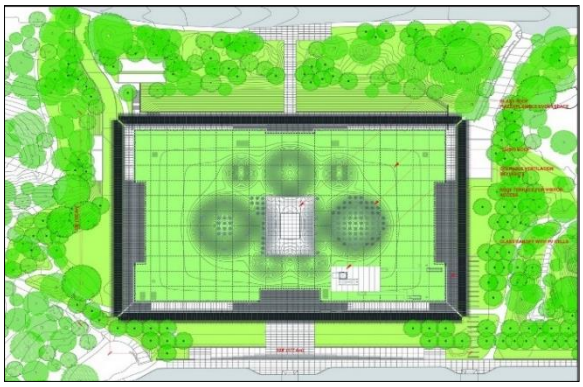


Figure III. 66: plan de mass de L'Académie des sciences de Californie

Source : https://www.archdaily.com/

III.3-3-6 L'Accessibilité:

L'académie à multiple accès arborescentes qui suive la pente de terrain.

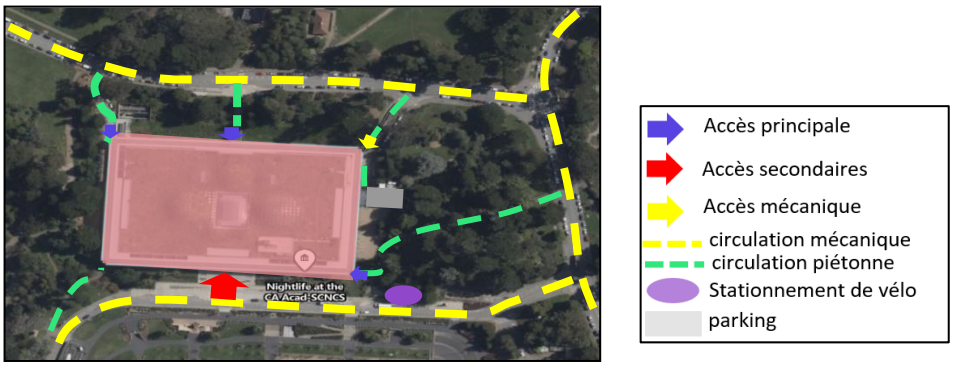


Figure III. 67 : les accès de L'Académie des sciences de Californie .

Source : Google earth+Auteur https://www.calacademy.org/scientists/academy-fellows

III.3-3-7 L'Environnement immédiat :

L'académie entourée par des vues panoramiques splendides.

Figure III. 68 : L'environnement immédiate de L'Académie des sciences de Californie .

Source :google earth+Auteur https://www.calacademy.org/scientists/academy-fellows

III.3-3-8 La façade:

Façade symétrique vitrée fluide et visible ce qui permet de profiter à l'éclairage naturel.

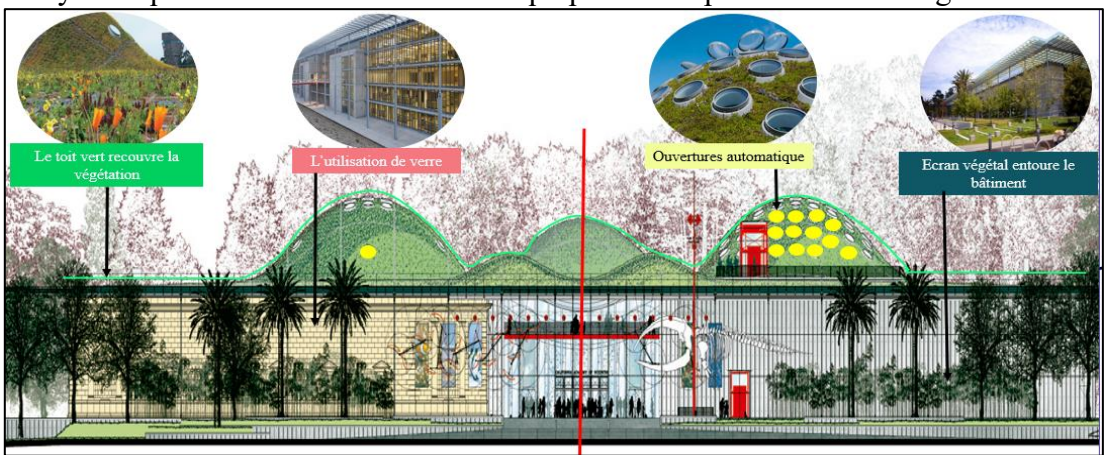


Figure III. 69 : La façade principale de l'académie + Réadaptée par auteur

Source : https://www.calacademy.org/an-architects-vision

III.3-3-9 Les coupes :

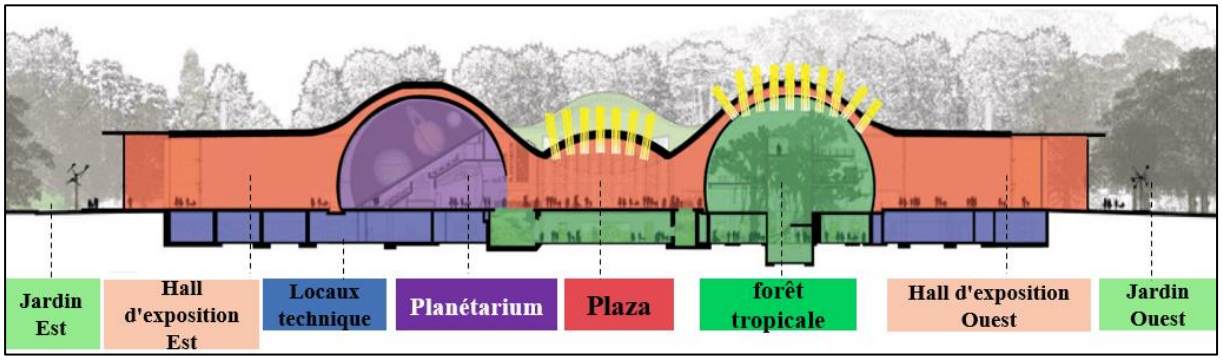


Figure III. 70: La coupe A-A de l'académie + Réadaptée par auteur.

Source : https://arquitecturaviva.com/

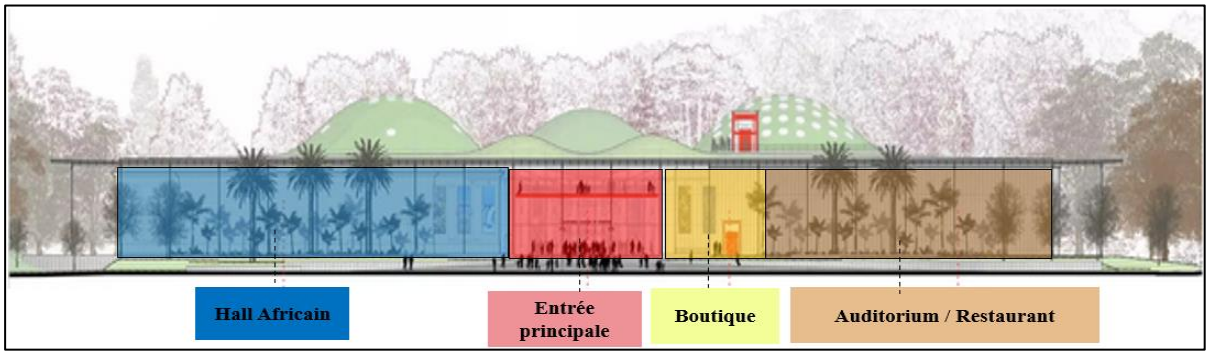


Figure III. 71: La coupe B-B de l'académie + Réadaptée par auteur.

Source : https://arquitecturaviva.com/

III.3-3-10 La Volumétrie:

L'académie a une surface de 10,000 m2 en forme de collines ondulées

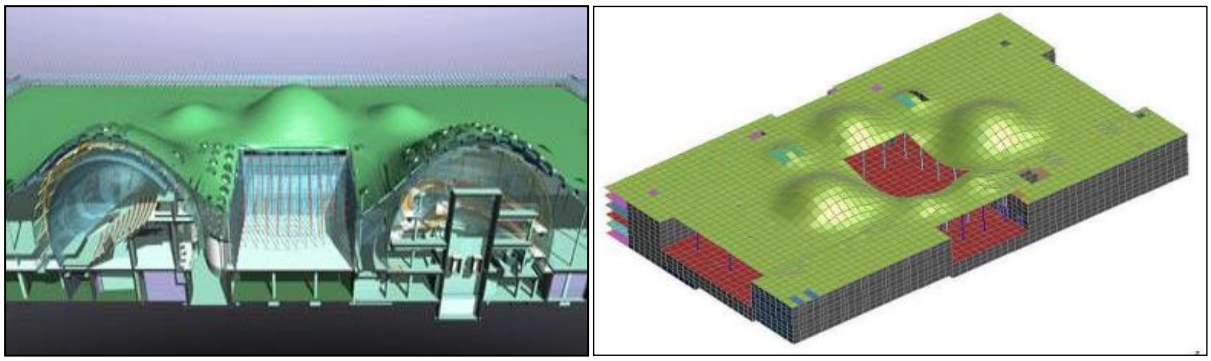
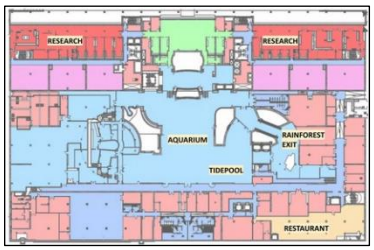
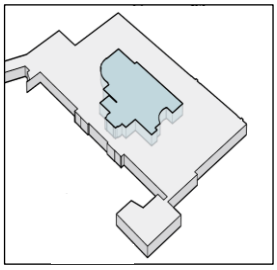
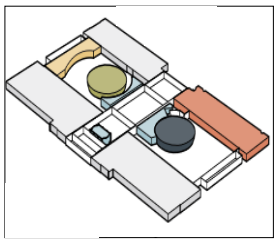
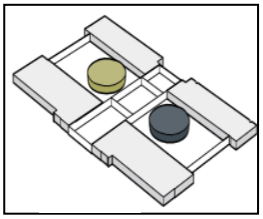
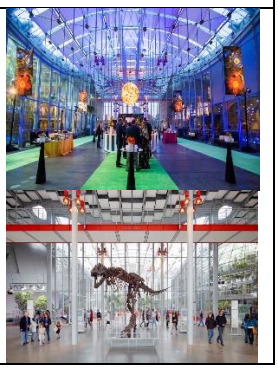
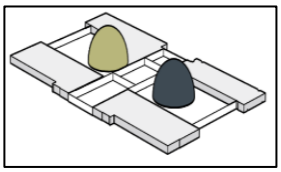
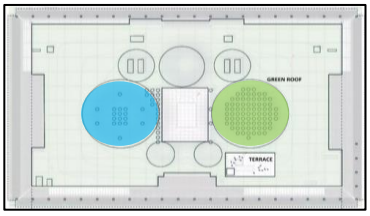
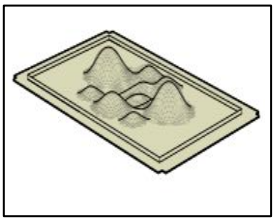


Figure III. 72 : La volumétrie de l'académie

Source : http://myarchitecturestorycas.blogspot.com/2015_02_01_archive.html

III.3-3-11 L'organisation fonctionnelles:

Etage	Plan 2D	Plan 3D	Espace
Niveau Sous-sol : Se trouve le grand aquarium : haut de plus de 7 mètres, le lieu de vie de plus de 3000 poissons exotiques dédié à biologie marine des côtes californiennes.	 **Figure III. 73:** Plan sous-sole Source: http://tefallenangel.blogspot.com/2008/10/california-academy-of-sciences-by-renzo.html + réadapté par auteur		
Niveau RDC : Contient un planétarium dédie pour les sciences astronomiques et la projection et une serre qui présentant la foret pluvial (fraicheur et épuration de l'air) et des lieux d'exposition sur les séismes et sur la protection de l'environnement, un café et une boutique occupent le reste de ce niveau.	**Figure III. 74:** Plan RDC Source : http://tefallenangel.blogspot.com/2008/10/california-academy-of-sciences-by-renzo.html + réadapté par auteur		
Niveau 1er étage Ce niveau comprend un seul espace qui est le forum.	**Figure III. 75 :** Plan 1er étage Source : https://www.calacademy.org/map+ réadapté par auteur		

Niveau 2éme étage Ce niveau comprend un espace d`éducation et un centre des naturaliste, les bibliothécaires de la référence	**Figure III. 76 :** Plan 2eme étage Source : https://www.calacademy.org/map+ réadapté par auteur		
Plan de toiture : Ce niveau est considéré comme un pont de l`observation fournit des vues d`une étendue de 2.5 acres des plantes de Californie naturels	 **Figure III. 77 :** Plan de toiture . **Source :** http://tefallenangel.blogspot.com/2008/10/california-academy-of-sciences-by-renzo.html+ réadapté par auteur		

III.3-3-12 Les proceeds bioclimatiques utilisées dans le projet:

- **Le toit végétal :** Le toit l'élément le plus impressionnant du musée. Il est recouvert par 1,7 millions de plantes qui isolent le bâtiment et captent l'eau de pluie. Ce toit est également au centre de la vie sauvage. Baies et fleurs sont plantés pour attirer les oiseaux, les insectes, et font du toit un véritable habitat naturel.
- **L'Energie solaire :** Les panneaux solaires vont générer environ 213 000 kilowatts-heures d'électricité par an, assez pour couvrir 10% des besoins en énergie de l'Académie. L'utilisation de l'énergie solaire permet d'éviter le rejet dans l'atmosphère de près de 180 tonnes de gaz à effet de serre.
- **Ventilation naturelle :** Les ondulations sur le toit permettent de mieux ventiler l'intérieur en ramenant de l'air frais dans la grande véranda centrale, un système intelligent pour éviter de trop dépenser en air conditionné.
- **L'éclairage naturel :** Le musée a été conçu pour maximiser l'apport de l'éclairage naturel. L'emplacement des fenêtres a été déterminé par des modèles informatiques, afin d'apporter la lumière nécessaire aux végétaux sans réchauffer l'ensemble du bâtiment. Des capteurs lumineux régulent en permanence l'éclairage artificiel.

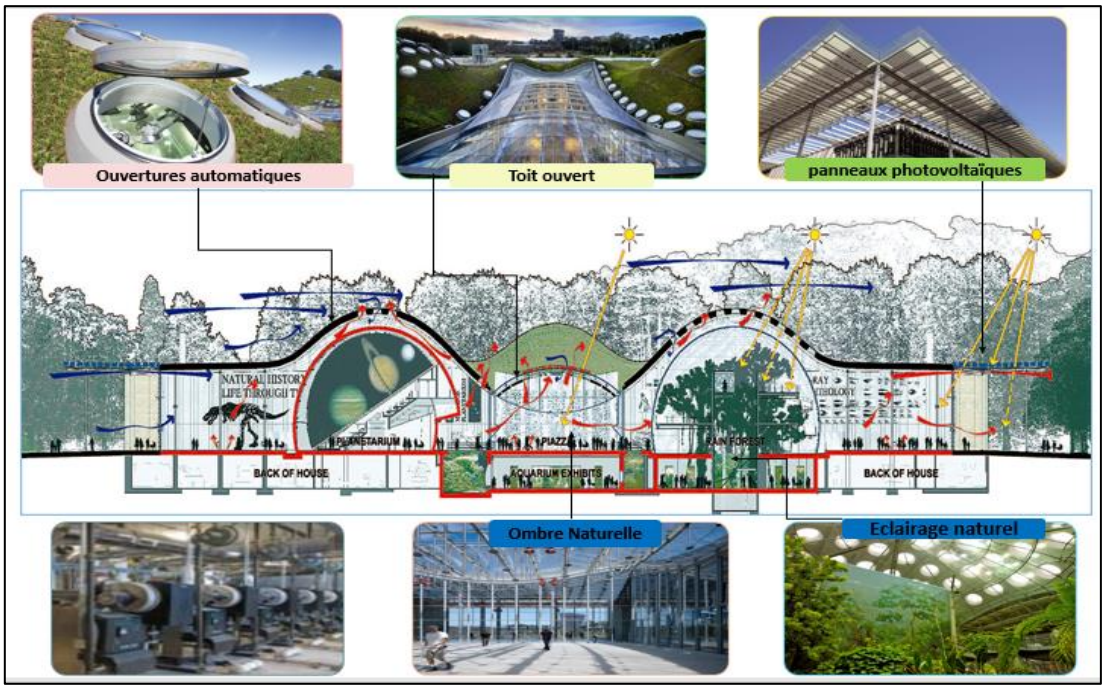


Figure III. 78 : Les proceeds bioclimatiques utilisees dans le projet.
Source : https://arquitecturaviva.com/

III.3-3-13 Le toit vegetale un toit vivant qui applique l'approche biomimétique au niveau ecosystémique:

Au point de vue biomimétique le toit se référant d'un écosystème de colline a ce niveau le biomimétisme intègre les principes écosystémiques du vivant pour régler la conception architecturale. Le toit recouvert par 1,7 millions d'espèces vivent constituent la concentration la plus dense de fleurs sauvages indigènes avec nombreuses espèces animales comme les oiseaux, les papillons et les insectes ainsi que des fruits et des fleurs qui crée une extension de l'écosystème de San Francisco.

Sur le toit il y'a des stations pour surveiller les changements de température de l'air, du vent, capte 100 % des eaux pluviales en excès c'est ce qui lui a fait un véritable habitat naturel, un système climatique dynamique et un centre de la vie sauvage pour les différents écosystèmes de san Francisco. [97]

[97] https://calacademy.org/exhibits/living-roof

Figure III. 79: Le toit écosytèmique de l'academie
Source : https://arquitecturaviva.com/

Synthèse :

- Un projet conçu selon les nouvelles technologies de l'architecture durable qui impose l'utilisation des nouvelles techniques de construction.
- L'écologie, la durabilité, l'intégration dans le paysage, les orientations paysagères, l'intégration des espaces pour la protection de l'environnement, les énergies renouvelables cela nous permet de s'inspirer durant notre conception, avec un programme riche tels que l'aquarium, l'exposition qui vont être intégré dans notre projet, ainsi que les techniques constructives et les solutions écologiques telles que le toit végétal et les énergies renouvelables
- Le projet est Bien intégré dans son environnement.

III.3-4 Exemple 04: La cite des sciences et de l'industrie la Villette France -Paris-

Figure III. 80: La Cité des sciences et de l'industrie la Villette
Source : https://eurolines.fr/cite-des-sciences-et-de-l-industrie/

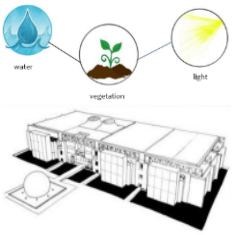
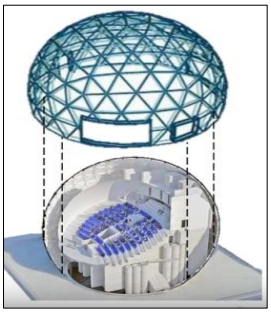
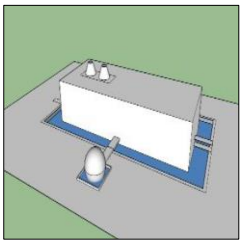
III.3-4-1 Motivation du choix:

- La richesse du programme de l'édifice et la variété de ses espaces.
- Un projet qui établir les trois principaux objectifs (lumière, eau, vert).
- L'ingéniosité dans l'organisation des espaces.

III.3-4-2 Presentation de projet:

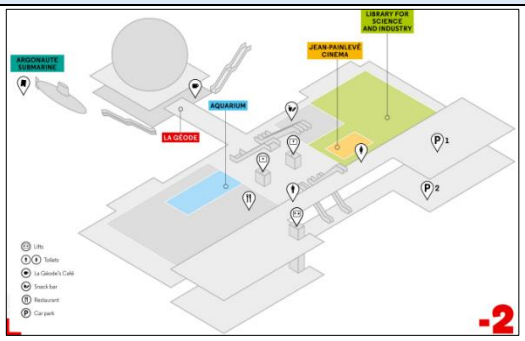
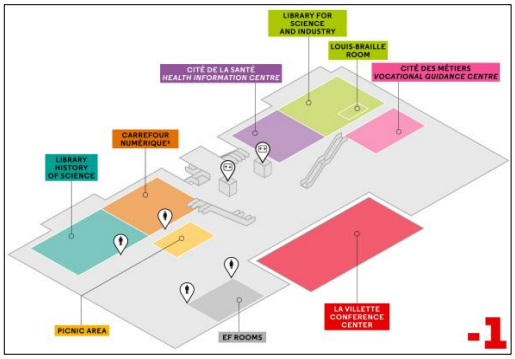
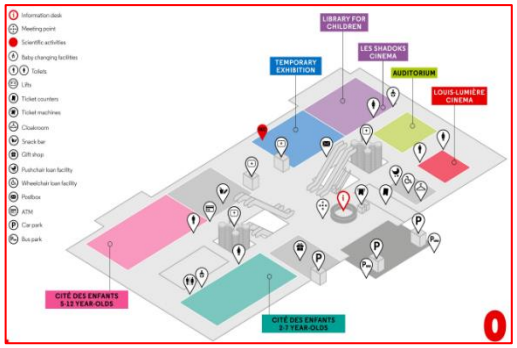
La Cité des sciences et de l'industrie est un établissement spécialisé dans la diffusion de la culture scientifique et technique. Créée à l'initiative du Président Giscard d'Estaing, elle a pour mission de diffuser à un large public, notamment aux enfants et aux adolescents, les connaissances scientifiques et techniques, ainsi que de susciter l'intérêt des citoyens pour les enjeux de société liés à la science, à la recherche et à l'industrie.

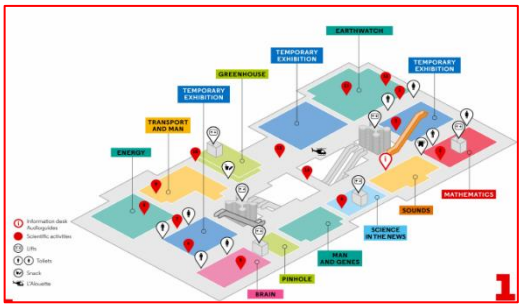
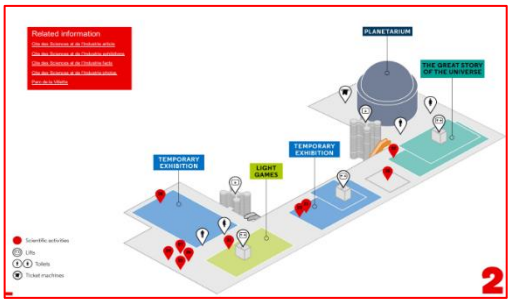
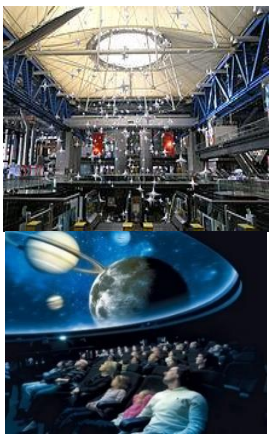
III.3-4-3 Analyse architectural de projet:

La situation	Accessibilité	Intégration au site	Idée du projet
Implantée au cœur du parc pluriculturel de la Villette au Nord-Est de Paris. **Concept du projet**	L'équipement est accessible par plusieurs moyens des transports **Façade**	Le projet est bien intégrée dans son environnement ou il établis des relation privilégiées avec leur site. **Structure**	La conception du bâtiment comprend trois éléments clés :  **Volumétrie**
	Façade vitrée caractérisé par un rythme qui fait par les 3 serres en verre et les éléments de la structure.	La combinaison d'une structure en acier avec une structure tendue coupole portée par une structure en araignée qui repose sur les poutres triangulées. 	Un jeu des contrastes entre un parallélépipède monumental et la Géode (sphère). 

Source : Auteur.

III.3-4-4 L'organisation fonctionnelle de projet:

Niveau d'étage	Plan	Espace
Sous-Sol 1-2 : Dans ces deux niveaux inférieurs se trouve des parkings qui prend largement les 30% de la surface du niveau -2, trois bibliothèques dont deux superposée sur la même thématique, un aquarium, des espaces de consommation ainsi que le centre des congrès du pack la villette tous cela articulé autour d'un hall d'accueil et différents espaces de circulation verticale.	 **Figure III. 81:** Plan sous-sol -2 **Source :** http://map-of-paris.com  **Figure III. 82 :** Plan sous-sol -1 **Source :** http://map-of-paris.com	
RDC : Sur ce plan un grand hall d'accueil et une organisation au tour de ce dernier on distingue différentes salles d'exposition à des thèmes différents des expositions temporaires et différentes formes de circulation vertical (ascenseurs et escalier) ainsi que des espaces de consommation diverse.	 **Figure III. 83:** Plan RDC **Source :** http://map-of-paris.com	

1er Etage : Sur ce plan on distingue différentes salle d'exposition à des thèmes différents des expositions temporaires, on constate une organisation spécifique à l'extrême gauche toute une entité réservée à l'industrie et différentes formes de circulation vertical (ascenseurs et escalier) sont là pour articuler ces différents espaces d'exposition ainsi que des espaces de consommation divers.	 **Figure III. 84 :** Plan 1er Etage **Source :** http://map-of-paris.com	
2éme Etage : Ce plan représente le dernier niveau de ce musée une grande partie au dédiée à l'exposition temporaire quant à l'autre partie elle héberge des activités scientifiques une salle qui raconte le récit de l'univers et le planétarium et tous ces derniers sont articulé au niveau inferieurs grâce à une circulation verticale (ascenseurs et escalier).	 **Figure III. 85 :** Plan 2éme Etage **Source :** http://map-of-paris.com	

Source : Auteur.

Synthèse:

- C'est un projet monumental de très grandes dimensions, qui donne une sensation de perte et d'écrasement pour les êtres humains et surtout à l'intérieur du projet.

- Le bâtiment s'organise sur deux axes, le premier assure la continuité et le second assure le bon fonctionnement. Les activités de la cité s'organisent autour d'un élément central, qui joue le rôle d'un espace ordinateur, et pour donner une sensation de hauteur à une masse parallélépipédique horizontale.
- La grande portée structurelle assure légèreté et flexibilité spatiales. D'une architecture spectaculaire, son immensité permet plusieurs parcours riches et variés selon les fonctions présentes dans le carrefour.

Recommendation des exemples:

- L'intégration des aspects biomimétiques et biophiliques tout en s'inscrit dans une démarche de développement durable.
- Intégration parfaite au contexte naturel.
- Transparence et ambiance visuelle : ouvrir le projet au maximum vers son environnement, ce qui permettra une communication vive.
- Une Volumétrie symbolique.
- La fluidité et le Plan libre : créer une certaine fluidité entre les différents espaces du projet, en minimisant les parois intérieures et la séparation physique.
- Un ensoleillement maximal et un éclairage optimal.
- L'Utilisation de la structure mixte.
- La qualité des espaces intérieurs à travers le concept d'ambiance, le concept de parcours.

Conclusion :

« Le thème et le contenu de l'architecture ne sont rien d'autre que l'architecture même ».

L'intérêt de notre approche thématique et L'analyse des différents exemples relatifs à notre thématique nous a permis de ressortir un glossaire de concepts et exigences relatif à notre thématique. Ces derniers constituent pour nous un support important et prépondérant pour pouvoir répondre à notre problématique de départ et les prendre en considération lors de la conceptualisation de notre projet.

Deuxième partie :

Partie Pratique

Chapitre IV

Approche Programmatique

Introduction :

L'acte de construire un équipement, d'aménager un espace public, de réhabiliter un bâtiment... ne répond pas à une science exacte. Il se développe au contraire très souvent dans un mode prévisionnel, où l'évaluation prend une part importante : la démarche de programmation cherche à répondre à cette réalité.

L'approche programmatique est la liaison entre les deux parties majeures du travail ; la partie théorique (théorique, thématique) et la partie architecturale et technique qui donne la naissance au projet et permet de définir les objectifs et les besoins en matière de surface, organisation, conception, aménagement... donc ce n'ai pas une simple énumération d'espace car « Programmer c'est qualifier plutôt que quantifier » **-Christophe Barnédes-**

IV.1-Objectif :

Ce chapitre consiste à présenter le programme élaboré pour répondre aux exigences citées dans l'approche thématique, afin de maîtriser la qualité des espaces ainsi que leurs agencements.

Notre programme retenu défini à partir d'un programme de base enrichi par l'étude thématique des exemples et nos propres besoins selon le schéma suivant :

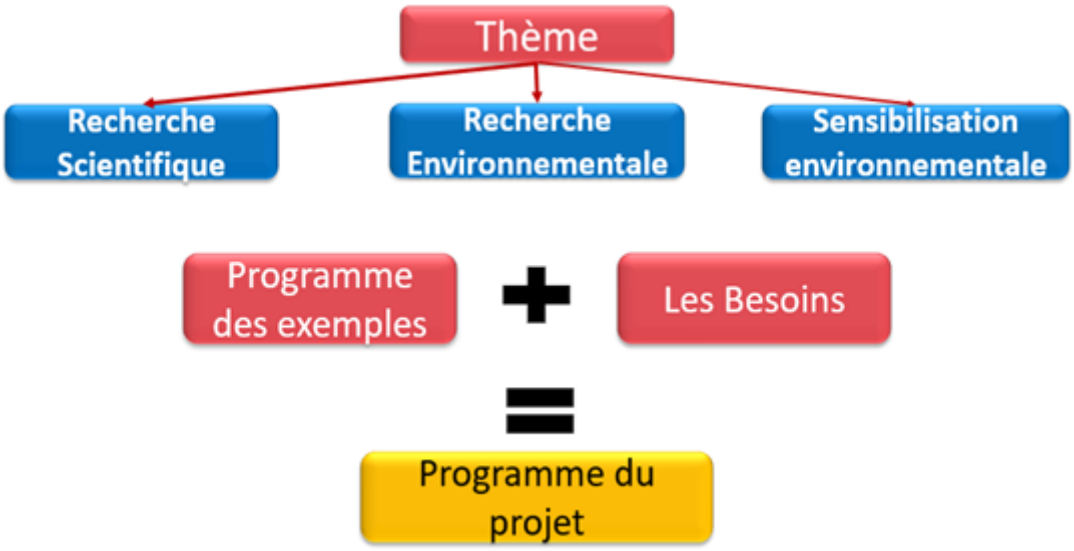


Figure IV. 1: Schéma explicatif du programme.
Source : Auteur

IV.2-Le Programme comparative des Exemples analysées :

Cité des arts et des sciences de Valence Surface : 350.000 m²		Les Jardins de la baie de Singapour Surface : 101 ha		L'Académie des sciences de Californie Surface : 9870 m²		Cité des sciences et de l'industrie la Villette de Paris Surface : 120 000m2	
Espace	Surface	Espace	Surface	Espace	Surface	Espace	Surface
Planétarium	2600 m²	-Hall d'accueil.		-Halle d'accueil	450m²	Halle d'accueil	
Salle de cinéma	900 m²	-Serre Bioclimatique	12.000m²	-Aquarium	1760m²	Cinéma	
-Les médias audiovisuels	270 m²	(Flower Dôme) contient	1.2 ha	-Planétarium	1100m²	Bibliothèque scientifique	
-Salle de musique	500m²	8 jardins typifies.		-Foret pluviale	1005m²	Bibliothèque d'histoire	
-Amphithéâtre	680m²	-Les Expositions	15.000m	-Espace	720*2m²	Cité de la sante	
Théâtre	1700m²	Environnementale.		d'Exposition		Aquarium	
-Ateliers de production	650m²	-Serre Bioclimatique	0.8 ha	-Forum	1200m²	Carrefour numérique	
Atelier scientifique	700m²	(Foret Tropicale).		-Centre	2100*2m²	centre des congrès	
Salles Educatifs	440m²	-Salle Ludo-éducatif		naturaliste		Cite d'enfants	
Palais des arts (Opéra)	37.000 m2	-Galerie		-Bibliothèque	460m²	Bibliothèque d'enfant	
Jardin botanique (les	42.000 m²	-Restaurant		-Restaurant	1340m²	Exposition temporaire	
Expositions temporaires		-Cafétéria		-Laboratoire	560m²	Auditorium	
Et permanentes).		-Salle des machines		de recherche		Salle des sciences	
Océanographique	110.000m²	-Espace événementiels		-Boutique	774m²	énergétique	
(aquarium).		-Les super-arbres	18 arbres de	-Auditorium	980m²	Salle des sciences	
Laboratoire de recherche	780 m²		50m de H.	-Cafeteria	560m²	mathématiques	
Administration	840m²	-Espace Vente des plantes				Salle des sciences	
locaux techniques	480 m ²	-Jardin d'Enfant				physique	
Cafeteria	980 m ²	-Foret Fragile				Salle Robotique	
Parc de détente et loisir	1500m²	-Jardin patrimonial.				Exposition d'actualité	
						scientifique	
						Planétarium	

Figure IV. 2: Le Programme comparative des Exemples analysées
Source : Auteur

IV.3-Le Programme quantitatif :

Tableau IV. 1: Le Programme quantitatif

Programme Retenue				
Fonction	**Entité**	**Sous espaces**	**Surface**	**N**
Accueil et information	**Hall d'accueil**	-Entrée -Hall d'accueil d'orientation et information. -L'attente. -La Billetterie. -Boutique. -Infirmerie. -Sanitaires Homme/Femme.	50 m² 150m² 30 m² 20 m² 40 m² 25 m² 15 m²	1 1 1 1 1 1 2
Expérimentation et exposition scientifique	**Planétarium**	**Niveau RDC :** -Foyer + souvenir shop. -Sanitaires Homme/Femme. **Exposition :** -L'astronomie ancienne (l'évolution de l'Univers). -Technologie spatiale -La sphère céleste et l'exposition des constellations	 60 m² 15 m² 200 m² 150 m² 150 m² 100 m²	 2 2 1 1 1 1 1

		-Le système solaire	100 m²	1
		-Cosmologie	100 m²	1
		-Étoiles	100 m²	1
		-Galaxies		
		Niveau 1er étage :		
		-Salles de recherche astronomique	165 m²	2
		-Laboratoires de visualisation spatial.	50 m²	4
		-Atelier d'expériences astronomique. (Hall d'expérience.	50 m²	4
		Niveau 2éme étage :		
		-Zone Télescope (observatoire astronomique).	500 m²	1
		-Espace explorateurs de planètes (Galaxy Space).	550 m²	1
		-Espace aventure cosmique.	450 m²	1
		Niveau 3éme étage :		
		-Seating area (le planétarium)	550m²	1
		-La Salle de projection	15m²	1
		-Salle mécanique	15m²	1
		-Salle de contrôle	15m²	1
		-Espace de Stockage	15m²	2
		-Les Sanitaires F/H	15m²	2
	Robotique	-Foyer	100 m²	1
		- Ateliers d'innovation et de fabrication des robots.	150 m²	2
		- Laboratoires d'équipement robotique.	150 m²	2
		-Exposition Robotique.	100 m²	1
	Intelligence Artificiel	-Hall de voyage scientifique.	100 m²	1
		-Salle réalité virtuelle 3D.	60m²	1
		-Salle d'aventure numérique.	100 m²	1
		-Atelier créatifs.	100 m²	1
		-Salle de formation aux systèmes intelligents et responsables.	100 m²	1
	Mécanique + Electronique	-Salle Génie logiciel et technologie de l'informatique.	150 m²	1
		-Salle Génie électronique.	150 m²	1
		-Laboratoires mécanique.	150 m²	1
		-Salle technique.		1
		-Salle de contrôle.		1
		-Les classes de formations	150 m²	4

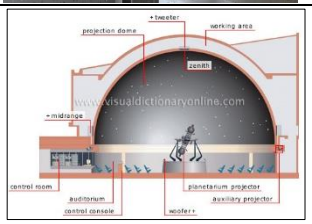
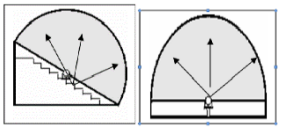
	Les Sciences Exacts	électroniques. -Laboratoire de chimie. -Laboratoire physique. -Salle de pratique mathématique. -Salles d'informatique.	 150 m² 150 m² 150 m² 150 m²	3 2 2 2 2
Vulgarisation et Sensibilisation	**Education environnementale Végétale**	-Recherche sur les zones humides. -Recherche sur la biodiversité. -Recherche botanique. -Recherche forestière. -Laboratoires de biologie des plantes. -Clubs de sensibilisation et protection de la nature.	120 m² 120 m² 120 m² 120 m² 120 m² 80 m²	1 1 1 1 1 2
	Education environnementale Animale	-Laboratoire analytique des animaux. -Laboratoire des insectes et l'entomologie. -Laboratoire de physiologie animale. -Laboratoire de recherche sur la pollution des Ecosystèmes. -Club de préservation et bien être animale.	80 m² 80 m² 80 m² 80 m² 80 m²	1 1 1 1 1
Exposition	**Serres Bioclimatique**	-Les Serres expérimentales -Les serres méditerranée -Les serres tropical -Les serres universitaires.	1200 m² 1000 m² 1000 m² 1000 m²	1 1 1 1
	Jardin Botanique	-Les jardins botaniques universitaires. -Les jardins patrimoniales.	1054 m² 1097 m²	1 1
	Aquarium	-Galerie d'exposition des espèces marins menacées. -Salle d'exposition zoologique marine. -Salle d'exposition relative à la découverte des océans. -Delphinarium. -Océanarium.	350 m² 500 m² 750 m² 1050 m² 680 m²	1 1 1 1 1
Recherche et documentation	**Bibliothèque Adulte**	-Espace Rayonnage et lecture -Boxes de travail individuel -Salle de travail collectif	200 m² 150 m² 200 m²	1 1 1
	Bibliothèque Enfant	-Salle de lecture d'enfant. -Salle des périodiques enfants. -Heure du conte.	200m² 150m² 180m²	1 1 1

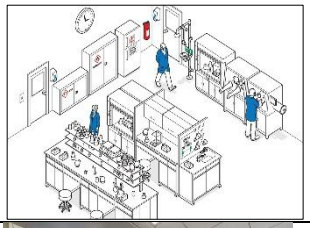
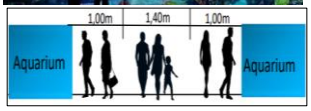
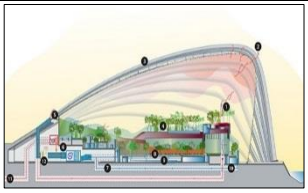
	Médiathèque	-Audiothèque. -Vidéothèque.	100m² 100m²	1 1
Art et Animation	**Auditorium**	-Scène. -Salle de projection. -Loge / Dépôt.	100m² 50m² 30m²	1 1 1
Commerce et consommation	**Cafeteria**	-La salle de cafeteria. -service (comptoir). -préparation.	150 m² 15 m² 20 m²	1 1 1
	Restaurant	-Local vestiaire. -Salle de restauration. -Salle Self-service. -La Cuisine. - Chambre Froide. -Plonge. -dépôt de stockage - local poubelle - local vestiaire -Toilettes service	40 m² 250 m² 150 m² 40 m² 30 m² 20 m² 30 m² 25 m² 40 m² 10 m²	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2
Administrative et Logistique	**Administration**	-Secrétariat -Salle d'attente -Bureau du directeur -Bureau du gestionnaire -Bureau de finance -Bureau du comptable -Salle de réunion -Salle d'archive -Sanitaire H/F	15 m² 15 m² 18 m² 20 m² 20 m² 25 m² 25 m² 40 m² 15 m²	1 1 1 1 1 1 1 1 2
Locaux technique	**Locaux techniques**	-Maintenance. -Chaufferie. -Climatisation. -Dépôts matérielles. -Groupe électrogène. -Poste transporteur.	11 m² 40 m² 42 m² 90 m² 72 m² 33 m²	1 1 1 1 1 1

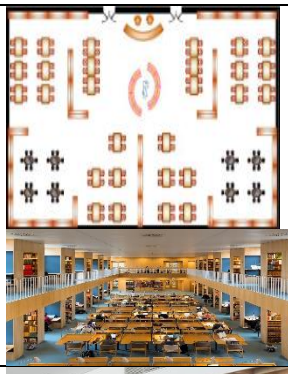
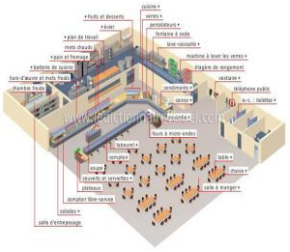
Source : Auteur.

IV.4-Le Programme qualitatif des espaces principales :

Tableau IV. 2: Le Programme qualitatif des espaces principales

Espace	Description	Exigence	Illustration
Hall d'accueil et de réception	C'est le premier contact du visiteur avec l'institution, il se résume à inviter, accompagner, et garder le contact avec le visiteur, c'est un espace collecteur et diffuseur des flux.	-Accessibilité facile. -Portes coulissantes, avec une largeur de passage importante car le flux est parfois très grand. En plus d'être attirante, monu mentale et visible sur la façade principale.	
Planetarium	Un planétarium est un lieu magique qui permet de découvrir le monde des étoiles Il est composé de deux éléments essentiels : une voûte hémisphérique et le projecteur d'étoiles Ce dernier peut être placé au centre et former ainsi une image sur toute la voûte ou bien éclatée et répartie sur le tour et projeter une partie de l'image globale sur chaque bord opposé.	-Le projecteur du planétarium doit toujours être placé exactement au centre de dôme ; tandis que des projecteurs supplémentaires. - un projecteur visuel à haute intensité permettra également la projection d'une grande image de la périphérie de dôme, un tel projecteur habituellement sera de manière permanente installée.	 
L'exposition végétale	L'exposition portera sur les espèces floristiques existantes ainsi que d'autres espèces végétales étrangères.	-Eclairage naturel et artificiel. -Ventilation naturelle et mécanique. -Circulation importante	
L'exposition animale	L'exposition des structures rigide des écosystèmes animales de la région et menacées.	-Eclairage naturel et artificiel. -Ventilation naturelle et mécanique. -Circulation importante	

Laboratoires de recherche sur la flore	L'étude des espèces floristique, suivre leurs évolutions et proposer des solutions afin de les sauvegarder.	Il doit avoir des dimensions suffisantes avec un éclairage naturel et artificiel et comporter des : matériels d'analyse des chaises et des plans de travail,	
Laboratoires de recherche sur la faune	L'étude et la quantification des espèces animales.	Ouvert, lumineux et bien airée pour assurer de bonnes conditions de travail.	
Les salles de cours et de formations	Pour l'éducation et la formation environnementale pour approfondir les connaissances des individus envers leur milieu de vie.	Bien orienté et éclairé avec des tables des chaises des armoires et des tableaux.	
Aquarium	Est un réservoir d'eau permettant l'entretien et la maintenance d'organismes aquatiques, tels que les poissons, coraux, plantes aquatiques, algues... pour l'observation des espèces dans un but éducatif.	-Filtration d'eau -Pompage d'eau -Matériaux transparent résistant -Orientation : Nord	
Serres Bioclimatiques	Est une structure qui utilise les variations du climat : son fonctionnement suit les variations environnementales et climatiques. Elle utilise le rayonnement du soleil et la circulation de l'air pour répondre aux problématiques thermiques.		

Bibliothèque	Espace composé de plusieurs zones où sont mis en libre accès, sur des rayonnages, des présentoirs ou des bacs des livres et revues destinés à un public adulte.	-le confort acoustique -Bonne éclairage naturelle et artificielle -Circulation et lisibilité facilitées depuis le Hall d'accueil général	
Médiathèque	Est un espace pédagogique qui conserve et donne accès à différents types de médias.	-Bonne isolation phonique et acoustique. -Accès aux réseaux : électricité,wifi,info…	
Administration	Organisme directeur et gestionnaire du l'équipement qui veille à la conception, l'exécution et au contrôle en manière de gestion des moyens humains budgétaires et matériel.	**-L'orientation :** Nord-Ouest / nord-est ,Sud-ouest / sud-est. -Elle doit avoir un bon emplacement. -Doit être confortable -En relation avec le bureau de (directeur)	
Espace de consommation	-Regroupe tous les espaces de consommation alimentaire et couvre une multiplicité de lieux.	-Elle doit prolonger si possible par terrasse. -Pour pouvoir manger confortablement, une personne a besoin d'une surface de table d'environ60 cm sur 40cm.	

Source : Auteur.

Chapitre V:

Approche Contextuelle

« Concevoir un projet, consiste à faire du mieux qu'on peut à partir de ce qui existe déjà dans la ville, à se fixer des objectifs, à développer diverses stratégies lorsque les problèmes apparaissent, à prendre une direction inattendue».

-Jean Nouvel-

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter la ville de Jijel et particulièrement notre zone d'intervention **El Aouana** ses potentiels, ses richesses ainsi que ses paysages ce qui nous permet d'effectuer une lecture générale du site et de son entourage immédiat et lointain, une lecture qui englobe des éléments naturels et artificiels, afin de mieux connaitre non seulement les potentialités et les opportunités, mais également les menaces et les points faibles à négocier, cela est fait dans le but de trouver une formule d'intégration du futur projet dans son site, ou dans son environnement immédiate.

V.1-Motivation du Choix de la ville de Jijel :

JIJEL . . . une source de diversité Biologique et paysagère.

Figure V. 1: La ville de JIJEL.
Source : https://lasentinelle.dz/index.php/2022/08/18/tourisme-jijel-plus-attractive-que-jamais/

Le choix de la ville de Jijel se base sur critères suivants :

- **Sa position géostratégique enviable :** Jijel est une ville côtière Elle occupe en premier lieu une importante surface au NORD EST de la Kabylie s'inscrit dans un contexte méditerranéen riche et complexe et doté d'une position stratégique à plus grande échelle ou représente un portail Africain vers l'Europe et le monde.
- **Son patrimoine Naturelle :** Elle recèle un patrimoine naturel très riche (diversité floristique et faunique), des réserves de biodiversité endémique importantes et des paysages d'une grande qualité et un écosystème d'une particularité exceptionnelle en Algérie restant unique en Afrique du Nord.)
- **L'attractivité :** Une ville touristique par excellence considérée comme l'une des zones littorales les plus attractives du pays. La wilaya de Jijel, estiment que plus de 1,6 million de touristes par an, depuis l'année 2018 (DTA-WJ, 2019).

- **Jijel…. Un centre d'endémisme Méditerranéenne :** Jijel est classée parmi les zones humide hotspot [98] du bassin méditerranéen biogéographique, terrestre ou marine, constitue une richesse endémique très diversifiée.

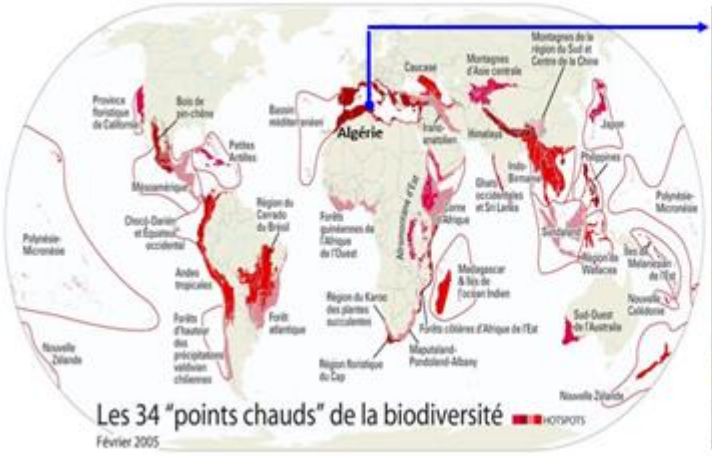


Figure V. 2: Carte de répartition des 34 hotspots de la biodiversité mondiale.
Source : Carte établi par L'ONG

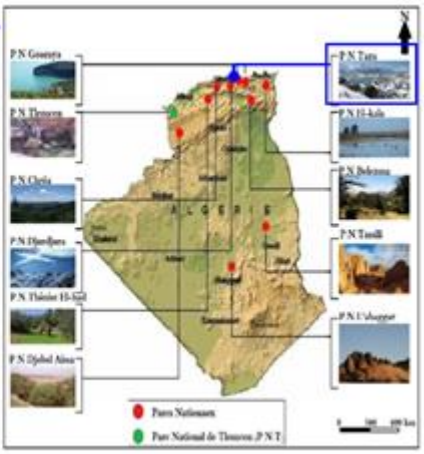


Figure V. 3: Les parcs nationaux en Algérie
Source : Sekkoum, 2017, à partir des données de la Direction générale des forêts

V.2- Présentation de la ville de Jijel :

En berbère : Ighil Gili, une ville côtière qui allie la beauté de la mère et la splendeur des montagnes, centre tertiaire et administratif ou l'alliance de la mer et de la terre, Un comptoir ouvert sur la méditerranée. Mariage de la nature et de l'histoire. C'est la cité de **lala Mazghitan** ou souvent connus comme la ville de **Jijel**.

V.3- Situation géographique et limites :

La wilaya de Jijel est située à 357Km au nord-est de la capitale Alger, elle s'étend sur une superficie de 2.396,63 km² et possède une façade maritime de 120 Km la wilaya de Jijel est limitée par :

-La mer méditerranée au Nord.

La wilaya de Skikda à l'Est.

-La wilaya de Bejaia à l'Ouest.

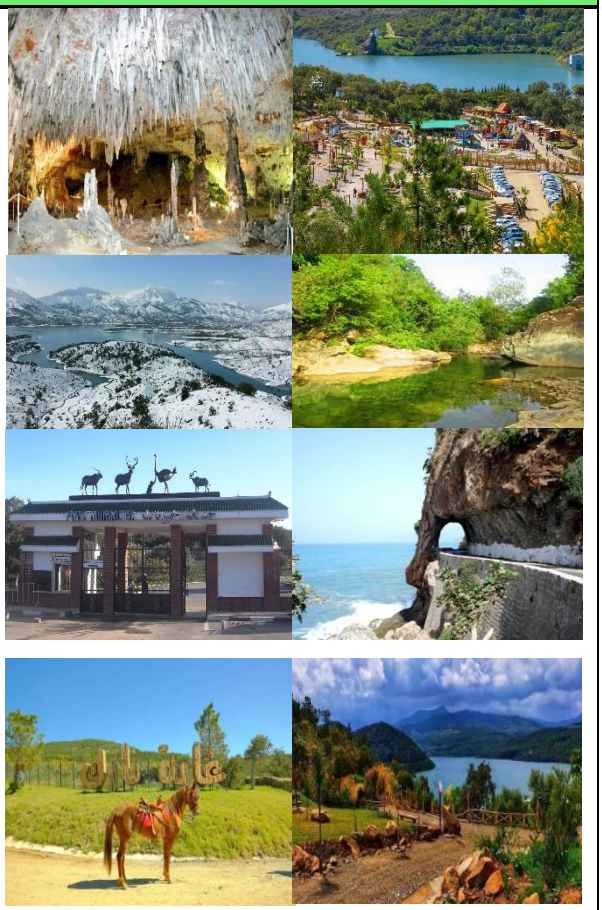
-La wilaya de Sétif et de Mila au Sud.

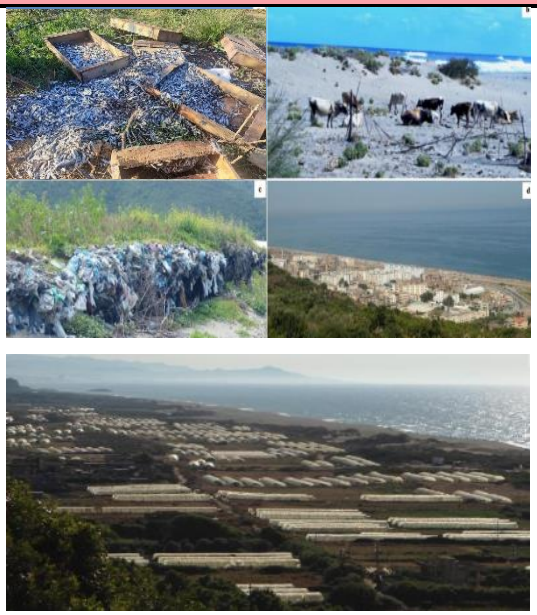
[98] **Le hotspot** du bassin méditerranéen est l'une des régions les plus importantes du monde en termes de biodiversité endémique, Tous ces facteurs font du hotspot du bassin méditerranéen le troisième plus riche de la planète en biodiversité végétale (Mittermeier et al.2004).

Figure V. 4: les limites de la willaya de Jijel.
Source : par auteur

V.4- Analyse SWOT (AFOM) sur la ville de Jijel :

Tableau V. 1: Analyse SWOT (AFOM) sur la ville de Jijel

Atouts / Strenght	
-Une position géographique permettant de jouer un rôle pivot internationale. -Un patrimoine naturel classé, richesse paysagère parmi les plus beaux du bassin méditerranéen. (Le Parc National de Taza classé Réserve de Biosphère par l'UNESCO en 2004, le Parc Animalier d'el Kissir) qui abrite plusieurs espèces de mammifères ainsi que des volières d'oiseaux les corniches paradisiaques, une chaîne montagneuse qui représentent 82% du territoire de la wilaya, des lacs naturels et dès la grotte merveilleuse -Des ressources naturelles variées : Eau, sol, énergie, terrains agricoles de fortes potentialités.	

Menaces/Threats	
-Menaces d'équilibre écologique et environnementale. -L'étalement urbain. - L'absence d'une vision stratégique capable de porter un projet global pour le territoire. -La dégradation des ressources naturelles et culturelles. -Les problèmes de pollutions (décharges anarchique carrières). -L'absence d'une vision stratégique capable de porter un projet global pour le territoire. -La surpêche. -Menaces d'équilibre écologique et environnementale.	
Faiblesses/Weaknesses	
-Mal exploitation des ressources naturelles. -Rupture ville-mer. -Expansion urbaine non maîtrisée -La forte littoralisation des activités dont les conséquences sur l'écosystème se traduisent par la pollution des eaux et de l'environnement -Absence de politique d'aménagement. -L'Augmentation des nuisances sonores.	
Opportunités / opportunites	
-Des paysages panoramiques. Un massif forestier riche dense et diversifié. -Une façade maritime de 120 km, (ouverture sur l'international).	

-Un climat de type humide, (plus de 900 mm de pluie en moyenne par an) doux, favorable au développement agricole.	

V.5- L'Analyse climatique de la région de Jijel :

V.5-1- Le Climat de Jijel :

Le Climat de La région de Jijel présente, par sa situation au bord du littoral, la totalité des caractéristiques climatologiques des régions méditerranéennes maritimes. Elle est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses de l'Algérie. Elle appartient au climat méditerranéen, pluvieux et doux en hiver, chaud et humide en été.

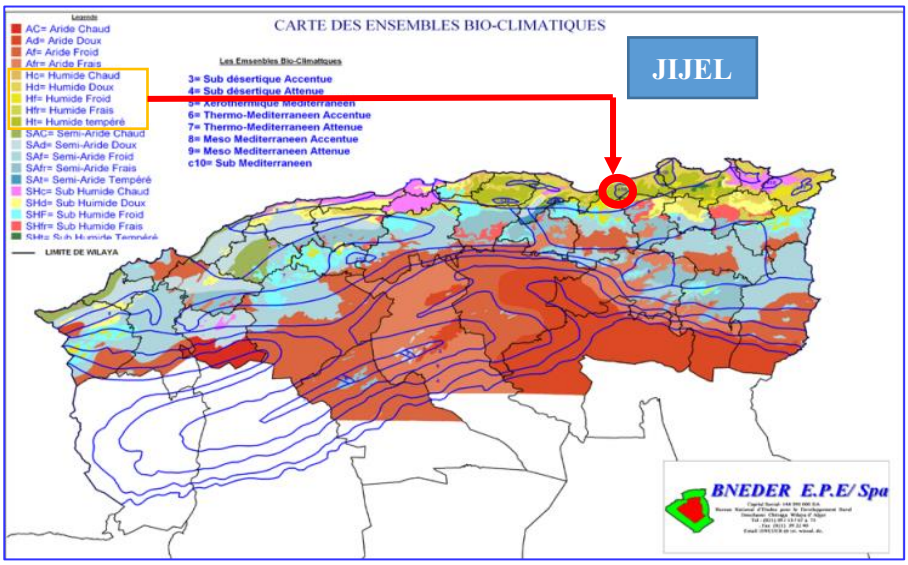


Figure V. 5: carte des ensembles bioclimatique en Algérie
Source : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural

V.6- Analyse Bioclimatique de la ville de Jijel :

V.6-1 La Température :

Les températures connaissent des adoucissements grâce à la présence d'une couverture végétale d'une part et la mer d'autre part : Tmoy max = 30.8°C - Aout (le mois le plus chaud). Tmoy min = 6.2 °C – Janvier ((le mois le plus froid).

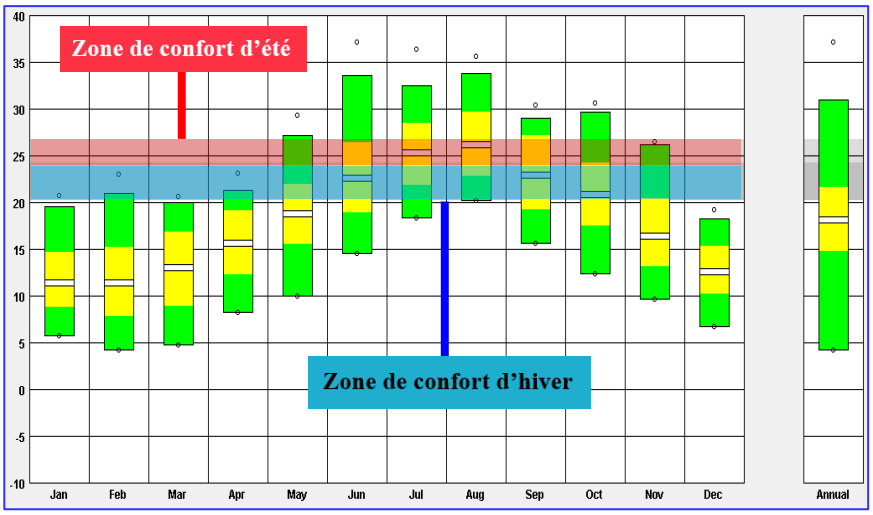


Figure V. 6: Le graphe de température de la willaya de Jijel.
Source : par auteur (climate consultant).

V.6-2 La précipitation :

La ville est classée parmi les zones les plus pluvieuses d'Algérie. La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,2 mois, du 10 septembre au 15 mai. Au contre la saison la plus sèche dure 3,8 mois, du 15 mai au 10 septembre. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Jijel est décembre, avec une moyenne de 8,6 jours. Et le moins ayant le moins de jours de précipitation est juillet, avec une moyenne de 1,2 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 29 % le 17 décembre. (Weatherspark).

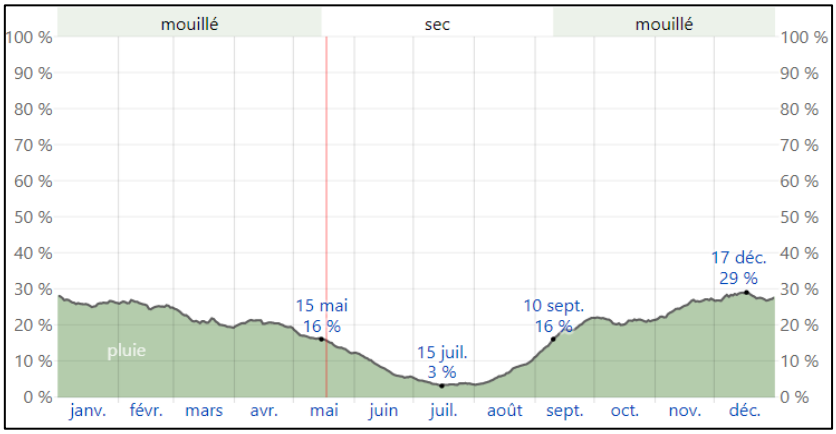


Figure V. 7: Taux de précipitation de la willaya de Jijel.
Source : Weatherspark

V.6-3 L'humidité :

Une humidité relative très élevée durant toute l'année :

HR moy max = 90 % - Avril- Mai

HR moy min = 51.1 % - Juillet-Aout

Cette augmentation du taux d'humidité pendant toute l'année (une moyenne annuelle qui dépasse les 70%) dans la région jijélienne, s'explique par la présence de la mer. Il est donc nécessaire de favoriser la ventilation naturelle.

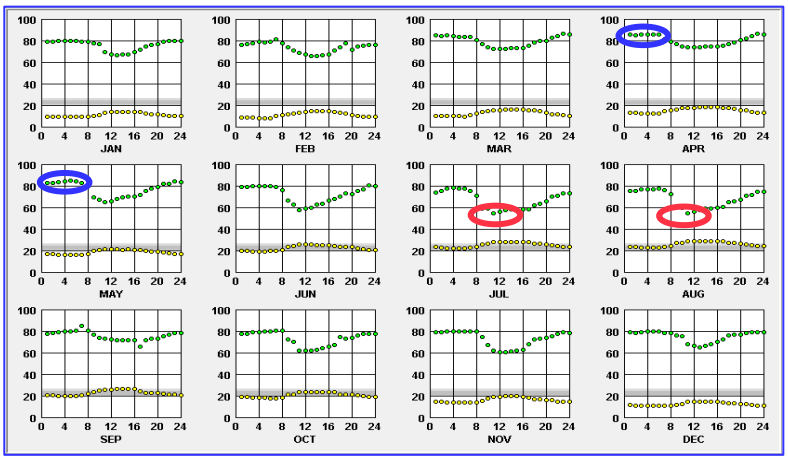


Figure V. 8: l'humidité de la willaya de Jijel.
Source : Auteur (Ecotect).

V.6-4 L'Ensoleillement (Lux) :

La durée d'insolation la plus importante aux mois de juin et juillet est presque 10000lux cela est dû à la trajectoire de la Terre autour du Soleil qui donne le solstice d'été (la journée la plus longue de l'année le 21 Juin), et à l'absence de nébulosité en ces mois à cause des faibles. L'insolation minimale par contre est enregistrée au mois de décembre.

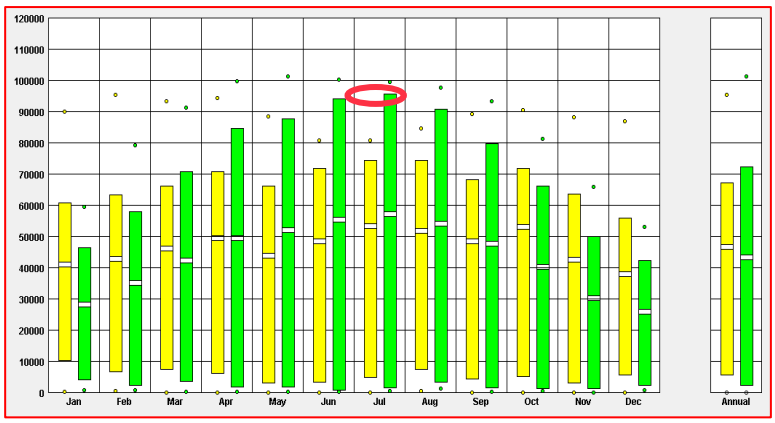


Figure V. 9: l'ensoliellement (lux) de la willaya de Jijel.
Source : Auteur (Ecotect).

V.6-5 Le diagramme solaire :

V.6-5-1 La Solstice d'hiver :

Le solstice d'hiver : la plus courte journée de l'année où la course du Soleil est la plus basse ses rayons tombent plus horizontalement permet de chauffer et d'éclairer timidement, dans le cas de la wilaya de Jijel Le soleil se lève à 7h58 et se couche à 16h 03 A midi, il prend une position inférieure à une hauteur de 30,27 et azimut de 18.01°.

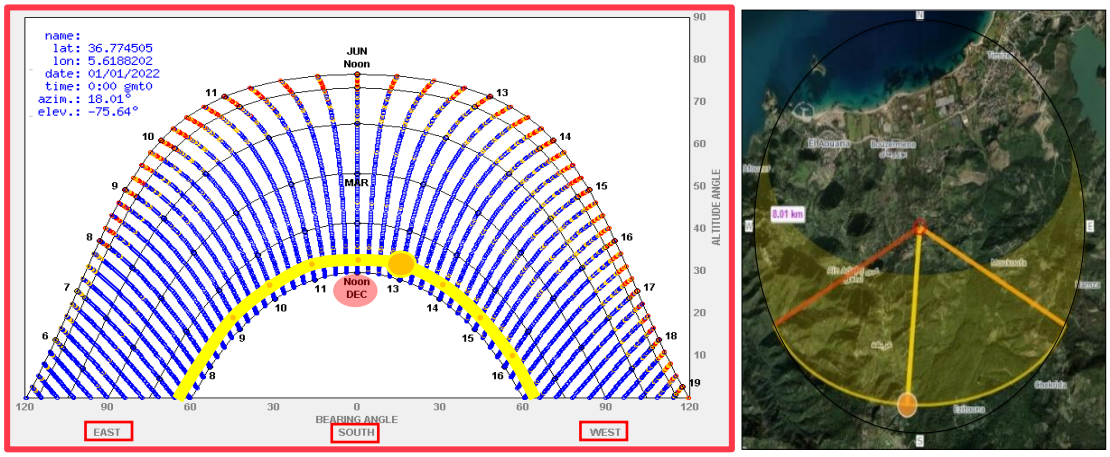


Figure V. 10: Le Diagramme solaire de la willaya de Jijel. (Hiver)
Source : Auteur (Ecotect)+Google Earth.

V.6-5-2 La Solstice d'été :

la plus longue journée de l'année où la course du Soleil est plus haut ses rayons tombent plus horizontalement permet de chauffer et d'éclairer Le lever de soleil est à 04h03 et le coucher est à 7h58. Les trajectoires du mois de juin et juillet ou mai sont aussi très rapprochées avec une hauteur de 75,9 et l'azimut atteint son maximum de 199.86° à 19h.

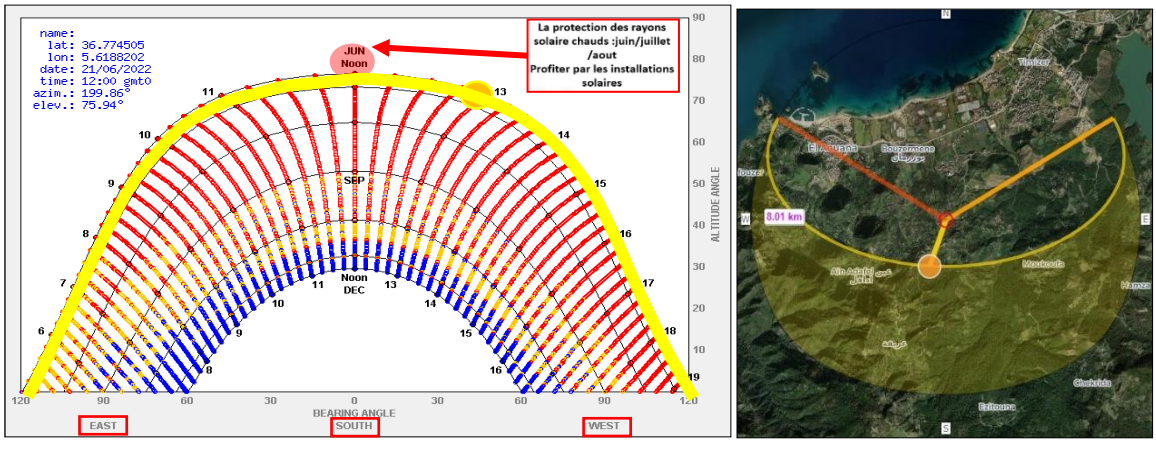


Figure V. 11: Le Diagramme solaire de la willaya de Jijel. (été)
Source : Auteur (Ecotect)+Google Earth.

V.6-5-3 La Solstice d'automne-printemps :

Au 21 mars ou le 21 septembre (les équinoxes de printemps et d'automne) où le soleil se trouve au zénith à l'équateur terrestre ses rayons éclairent la terre perpendiculairement à son axe de rotation le soleil se lève très précisément à l'est pour se coucher précisément à l'ouest. à une hauteur de 53 à midi. L'azimut atteint les 80° à 17h.

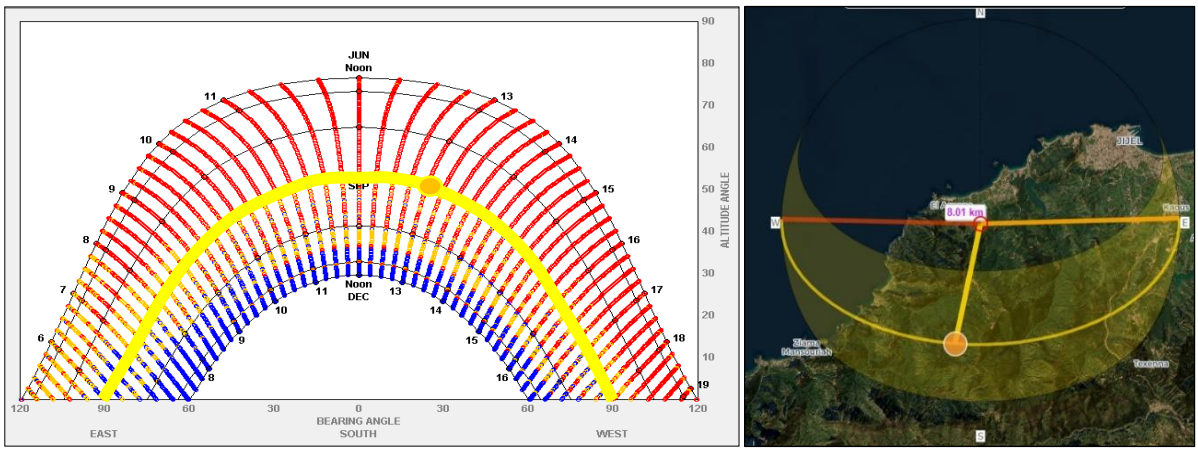


Figure V. 12: Le Diagramme solaire de la willaya de Jijel. (Automne-printemps)
Source : Auteur (Ecotect)+Google Earth.

V.6-6 La vitesse du vent (m/s)

Pour la saison hivernale Vitesse maximale du vent = 17 m/s au mois du Mars. Pour la saison estivale, la vitesse maximale du vent = 13.8m/s au mois du septembre. Etant donnée que la région est très humide, il parait nécessaire d'exploiter ces vents, en faisant des agencements intérieurs adéquats des espaces afin de bénéficier de cette fraicheur.

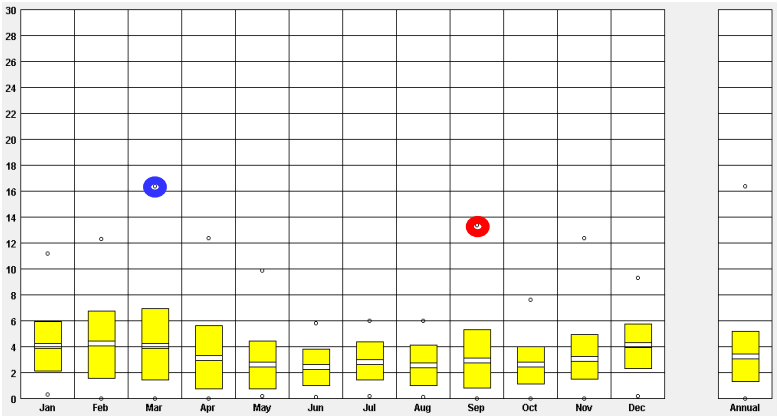


Figure V. 13: la vitesse du vent de la willaya de Jijel.
Source : Auteur (Ecotect)

V.6-7 La Rose des vents :

La vitesse horaire moyenne du vent à Jijel connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

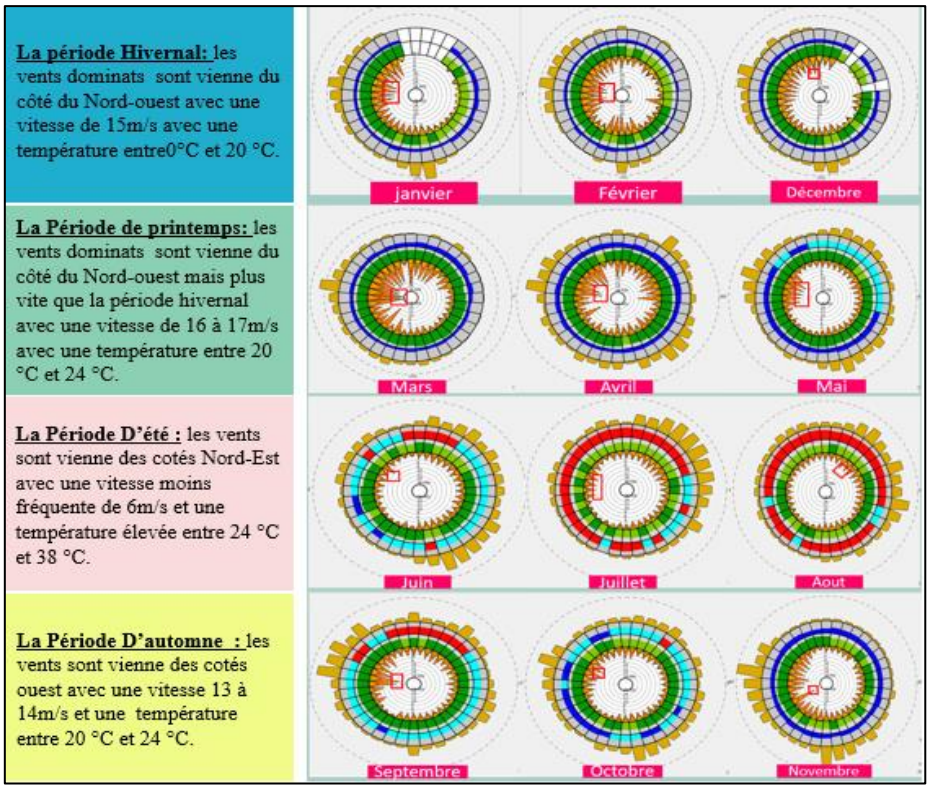


Figure V. 14: la rose des vents de la willaya de jijel.
Source : Auteur (Ecotect)

V.6-8 Le diagramme psychométrique de GIVONI :

L'analyse bioclimatique suivant le diagramme psychométrique de GIVONI à évaluer les exigences physiologiques du confort montre les dispositifs architecturaux qui peuvent être utilisés pour remédier les sollicitations du climat de Jijel et qui sont :

- La majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort. (la période de confort thermique n'occupe que 8,4 % de l'année).
- **Période très froide** Une petite partie de la saison d'hiver des mois de **Décembre, Janvier et Février** se situe dans la zone de chauffage actif (mécanique)et chauffage solaire passif (favoriser le chauffage par l'ensoleillement, une bonne pénétration du soleil en hiver est recommandée), utiliser les matériaux appropriés (agir sur les parois). La chaleur captée le jour, peut être ainsi restituée la nuit grâce à la masse thermique, car durant cette saison les températures nocturnes sont très froides.
- **La période froide** : **Avril Novembre, Octobre** : chauffage passif, une partie du mois de May (40%) se situe dans la zone de confort, la grande partie dans la zone de chauffage solaire passif soit 50%.
- **La période chaude :** de : **juin, juillet, Aout et Septembre** la zone de refroidissement passif : Ventilation naturelle, effet de masse, effet de masse avec ventilation nocturne,

refroidissement évaporatif direct et indirect. (L'eau rafraîchit l'air et l'humidifie : fontaine, matériaux poreux en contact avec l'eau, végétation…).

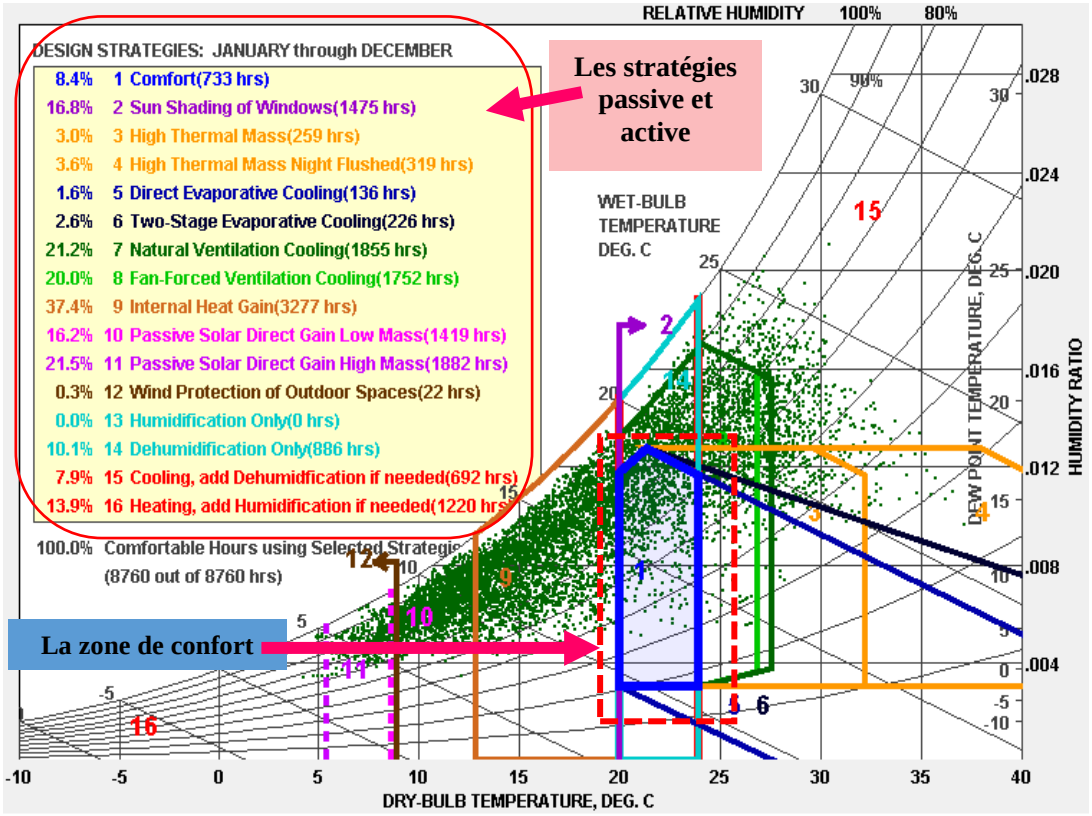


Figure V. 15: Le diagramme bioclimatique de GIVONI.
Source : Auteur (Ecotect).

V.7- La Zone d'étude : El Aouana :

Figure V. 16: El Aouana.
Source : Google Image.

V.7-1 Critère de choix de site de la zone d'El Aouana :

Afin d'obtenir un projet architectural bien adapté dans son contexte et qui répond aux exigences environnementale et durable on a s'inscrit notre site d'intervention dans la ZET d'El

Aouana pour les motivations suivantes :

- **S'inscrit dans une Variété des potentialités paysagères :** la mer avec une arrière plage boisée et une qualité du grand paysage environnant avec des vues offertes sur les montagnes.
- **Occupe une place privilégiée** étant donné qu'elle fait l'objet de la porte ouest à la ville de Jijel.
- Elle est valorisée par le passage d'une vois urbaine très importante RN qui relie les deux villes Jijel et Bejaia.
- Une diversité écosystémique (flore et faune) très importante.
- La proximité à la porte de pèche et parc nationale de TAZA où se déroule des émissions de recherche sur la biodiversité. C'est deux choses qui vont contribuée a renforcé la vocation touristique et scientifique du site.
- La proximité du littoral : la présence de ce patrimoine paysager et écologique affirme une identité propre à la ville, dont le développement est indissociable avec la préservation et la mise en valeur de leur paysage.

V.7-2 La situation d'El Aouana :

El-AOUANA se situe le long du littoral méditerranéen, à 309 km à l'Est de la métropole Algéroise et à 77km de l'aéroport de Bejaia. Se trouve à 17 km au nord-ouest de la ville de Jijel, et à environ 20 km de la ville de Ziama Mansouriah.

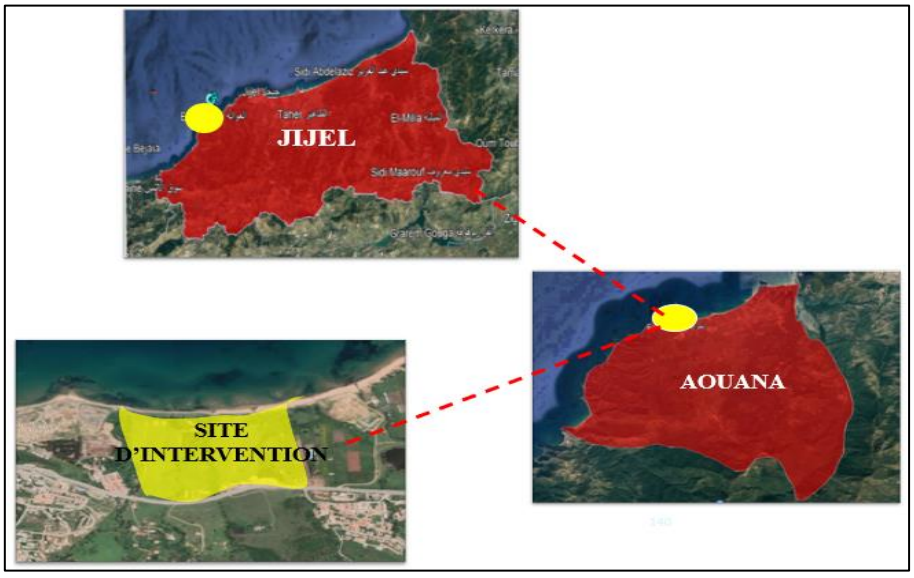


Figure V. 17: La situation d'El Aouana.
Source : Google Earth+Auteur.

V.7-3 Les limites d'El Aouana :

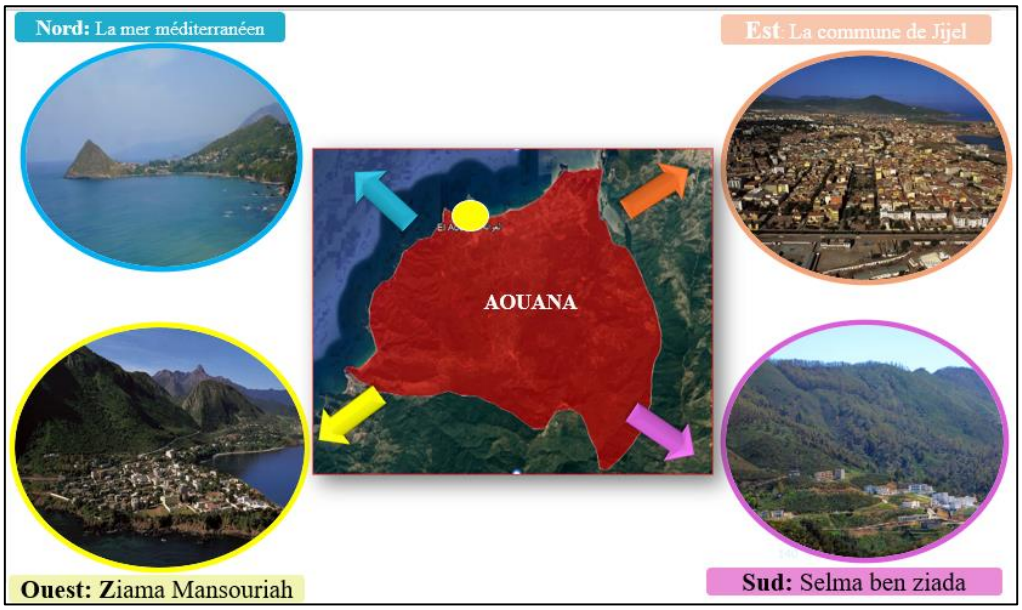


Figure V. 18: Les limites d'El Aouana.
Source : Google Earth+Auteur.

V.8- Le terrain d'intervention :

V.8-1 La morphologie :

Notre Terrain a une forme d'un carrée organique avec une surface de 32 Ha. Caractérisé par l'existence des cours d'eau qui se forment à partir des montagnes.

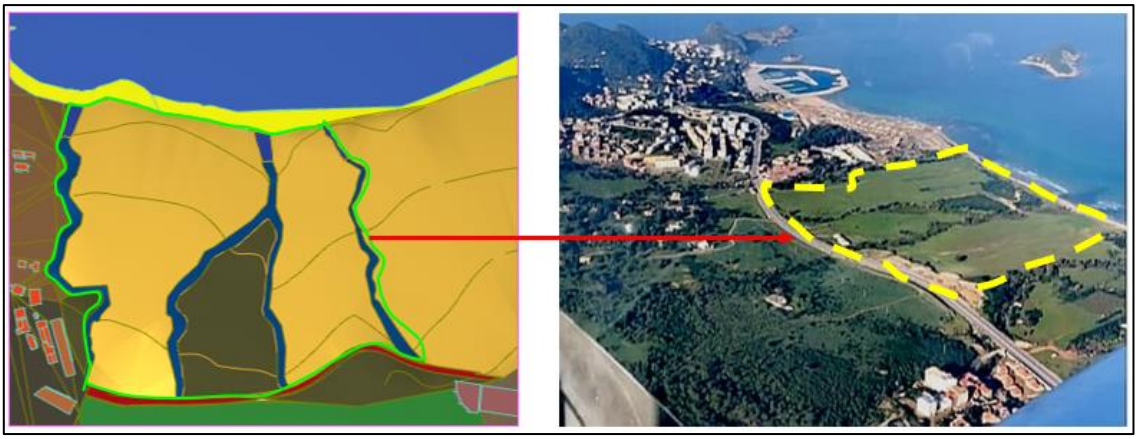


Figure V. 19**:** La Morphologie de terrain d'intervention.
Source : Google Earth+Auteur.

V.8-2 La topographie :

Notre Terrain possède une pente moyenne 3,8% de côté Nord-Sud et une pente moyenne de 0,9% de côté Est-Ouest. Notre terrain présente une pente presque plane avec de légères ondulations.

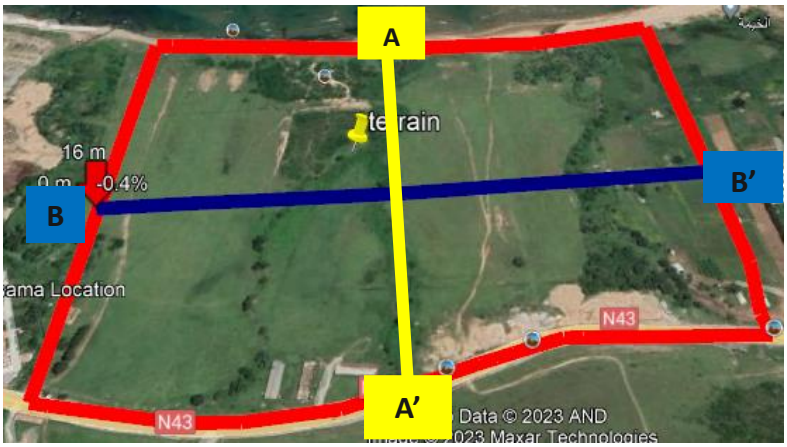


Figure V. 20: La coupe A-A.
Source : Google Earth+Auteur.

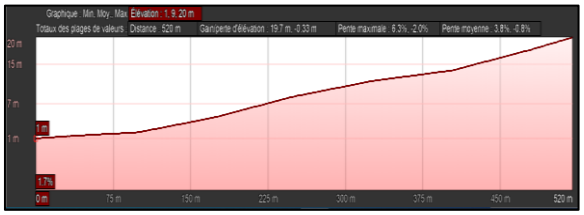


Figure V. 21: La coupe B-B.
Source : Google Earth+Auteur.

V.8-3 L'analyse bioclimatique :

V.8-3-1 L'ensoleillement/les vents :

Le terrain est bien ensoleillé exposé au soleil toute la journée à cause de l'absence des zones d'ombre car il n'existe pas des bâtis hauts ou d'obstacles naturels. Le terrain est exposé aux vents dominants provenant du Nord-Ouest ainsi que les brises de mer venant de l'Est durant toute l'année. Le site présente donc une potentielle aéraulique intéressante.

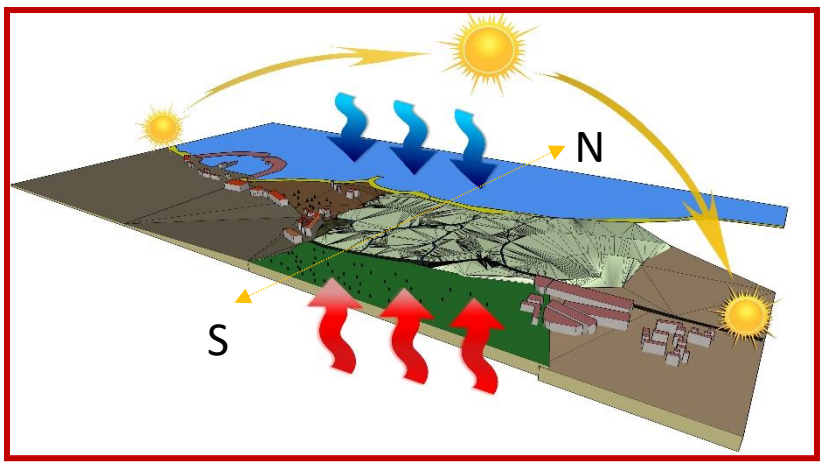


Figure V. 22: L'ensolliement et les vents du terrain d'intervention
Source : Auteur (sketch up).

V.8-3-2 L'ombre :

Nous remarquons que le site est plutôt bien ensoleillé durant la période estivale ainsi qu'aux équinoxes car il n'a pas exposé aux ombres gênantes (absences totales de masques solaires).

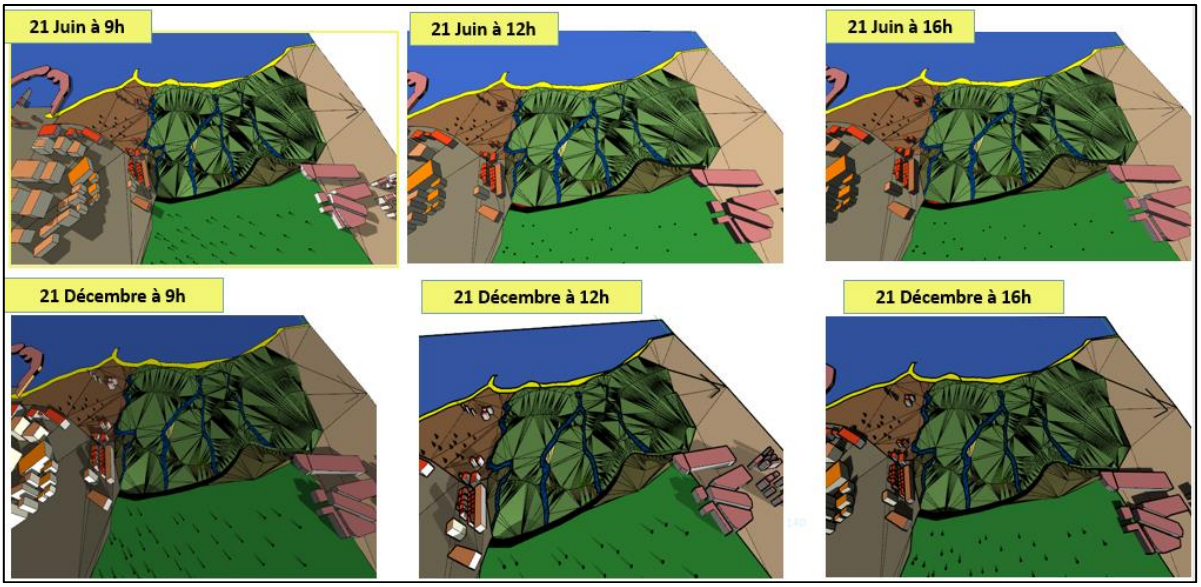


Figure V. 23: la projection d'ombre sur le terrain.
Source : Auteur (sketch up).

V.8-3-3 Les limites :

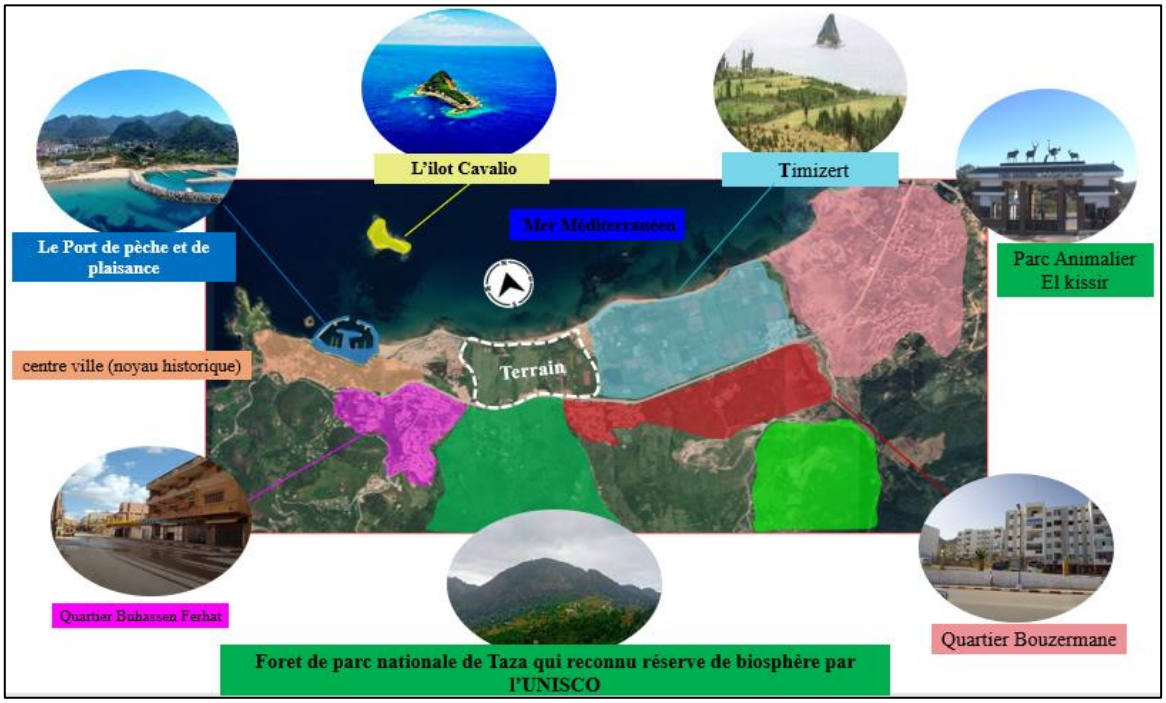


Figure V. 24: la projection d'ombre sur le terrain.
Source : Google Earth+Auteur.

V.8-3-4 L'Accessibilité :

Figure V. 25: L'accessibilité vers le terrain.
Source : Auteur (sketch up).

V.8-4 Analyse Historique : (le contexte urbain) :

La ville d'el Aouana est un véritable moteur pour la démographie communale. La présence des infrastructures routières importante et l'attrait de la méditerannanée par les localités voisines sont autant de points qui favorisent le phénomène d'étalement urbain, par l'empiètement sur les terres agricoles et forestières de la région. Une grande partie du sol a été consommé sur les terrains forestiers par l'habitat collectif et les maisons individuelles édifiées. Ainsi, une forte pression humaine s » exerce sur l'ensemble du littoral et contourne les territoires de lagunes Cela représente une consommation des sols pour l'urbanisation d'environ 20% en six ans, contribue à la fragmentation des paysages et des espaces naturels.[99]

[99] BENZIADA,KHELATOU,RAMDANE « intergration de la biodiversité au projet urbain :Enjeux,Methodes et outils, cas de l'agglomeration chef-liue d'el aouana »2016.P.58. université de jijel.

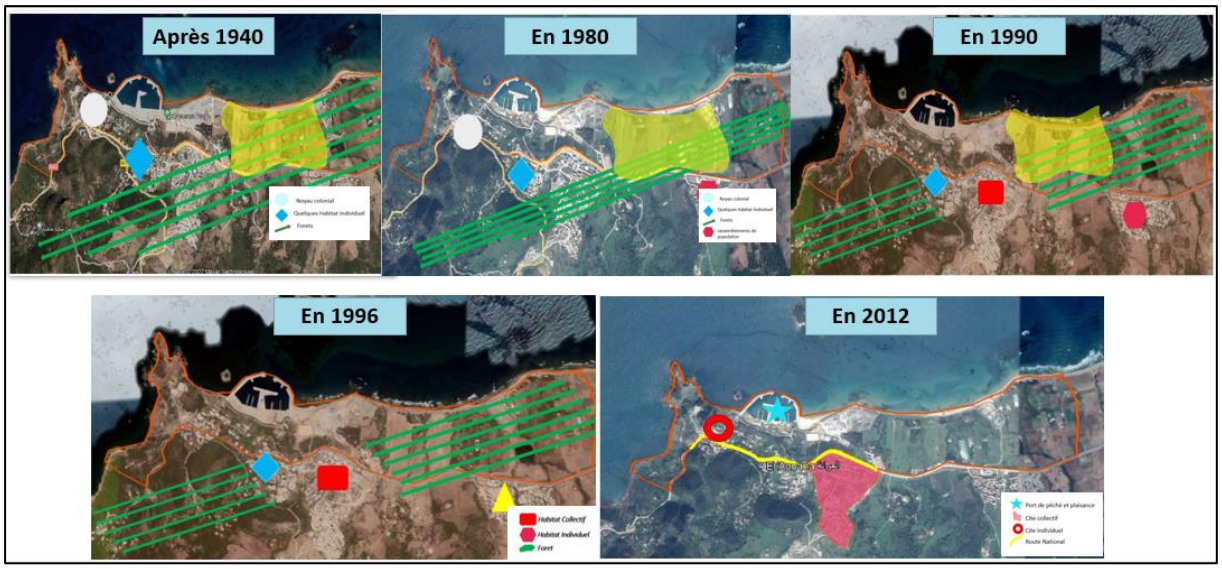


Figure V. 26: Phénomène d'étalement urbain et extension urbaine sur les espaces naturelle de l'ACL.
Source : (BENZIADA,KHELATOU,RAMDANE 2016.)

V.8-5 Le cadre Bati/Non Bati :

La surface de Cadre bâti est 31.8 HA caractérisé par :

- Les espaces vides : Les terres agricoles, Les forêts, les plages.
- Des habitats en mauvaise état.
- Répartition arborescente qui suive la pente de terrain non homogène.

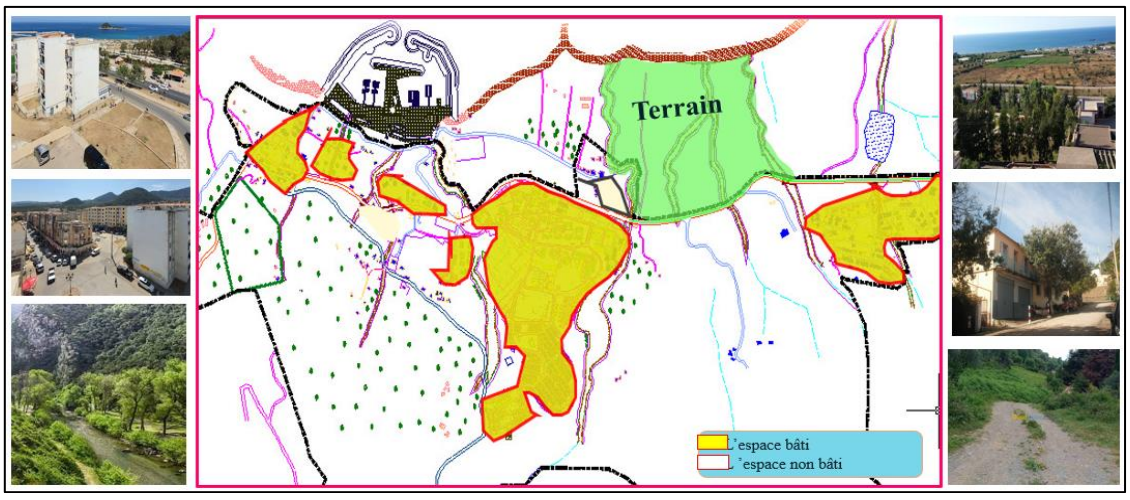


Figure V. 27: Carte illustrant le système bâti et non bâti de la région d'el Aouana.
Source : Pos El Aouana.

V.8-6 L'Analyse Environnementale :(Contexte environnementale et naturel) :

La localité d'el Aouana est recouverte par de la biodiversité, des milieux et des paysages remarquable qu'il est important de conserver. Elle regroupe une mosaïque de milieux. Cela résulte de l'interaction entre l'histoire géologique, le climat et les activités humaines. Ainsi, El Aouana abrite plusieurs types d'écosystèmes : Plaines (El Keria), forets (Djebel Bourebah),

collines, et montagne. Les milieux aquatiques et humides doivent aussi être cités, car ils sont très présents dans le territoire. L'écosystème est caractérisé d'une végétation forestière sempervirente sur des terrains boisés ou dénudés, de type que l'on rencontre dans le littoral méditenanéen.[100]

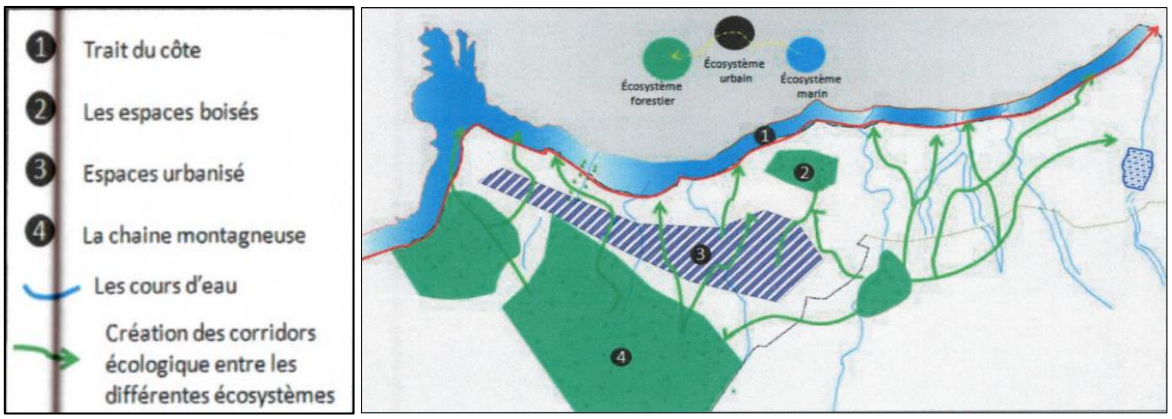


Figure V. 28: la création des corridors écologique entre les différents écosystèmes et la profusion de la nature en ville.

Source : (BENZIADA,KHELATOU,RAMDANE 2016.)

V.8-6-1 La Faune :

Notre terrain est situé entre les deux réserves naturels le parc animalier El Kissir et le parc nationale de Taza qu'ils sont connu une richesse faunistique importantes et classée comme réserve de biosphère par l'UNISCO.

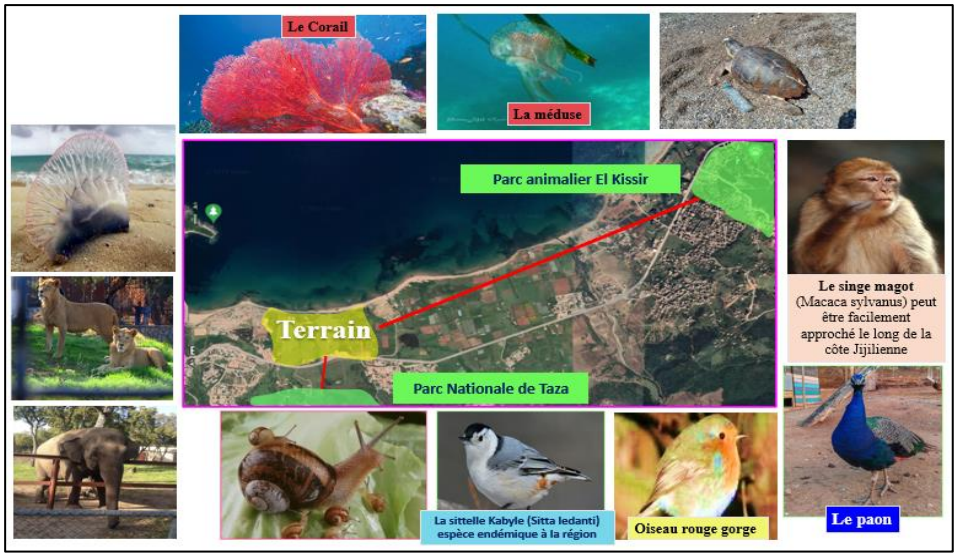


Figure V. 29: la biodiversité de la faune dans la région d'El Aouana.

Source : : les données de secteur de l'environnement

[100] BENZIADA,KHELATOU,RAMDANE « intergration de la biodiversité au projet urbain :Enjeux,Methodes et outils, cas de l'agglomeration chef-liue d'el aouana »2016.P.60 université de jijel.

V.8-6-2 La Flore :

La présence d'une couverte végétale d'un grand pourcentage (arbre et montagnes) :

Figure V. 30: la biodiversité de la flore dans la région d'El Aouana.
Source : les données de secteur de l'environnement

V.8-6-3 La pollution :

La zone d'étude connait une pollution environnementale importante, par rapport la pollution de la mer. Ainsi que la plage en face le terrain d'intervention a été transformer en décharge de déchets par les citoyens.

Figure V. 31: la biodiversité de la flore dans la région d'El Aouana.
Source : les données de secteur de l'environnement

V.8-7 L'Analyse Sensorielle et technique :

V.8-7-1 Le Confort Acoustique :

Le terrain est exposé à plusieurs nuisances sonores par les voitures qui passent par la RN et le port de plaisance. Ne néglige pas le son de la mer qui reste la partie la plus agréable aux alentours du site.

Figure V. 32: les Niveaux de nuisances sonores dans notre terrain.
Source : Auteur.

V.8-7-2 Le Confort Visuelle :

Le terrain profite d'une variété des vues panoramiques à travers plusieurs cotés à la présence de: Le marriage entre la mer et la montagne. L'ile de Cavallo qui donne l'envie d'être seule et de découverte.

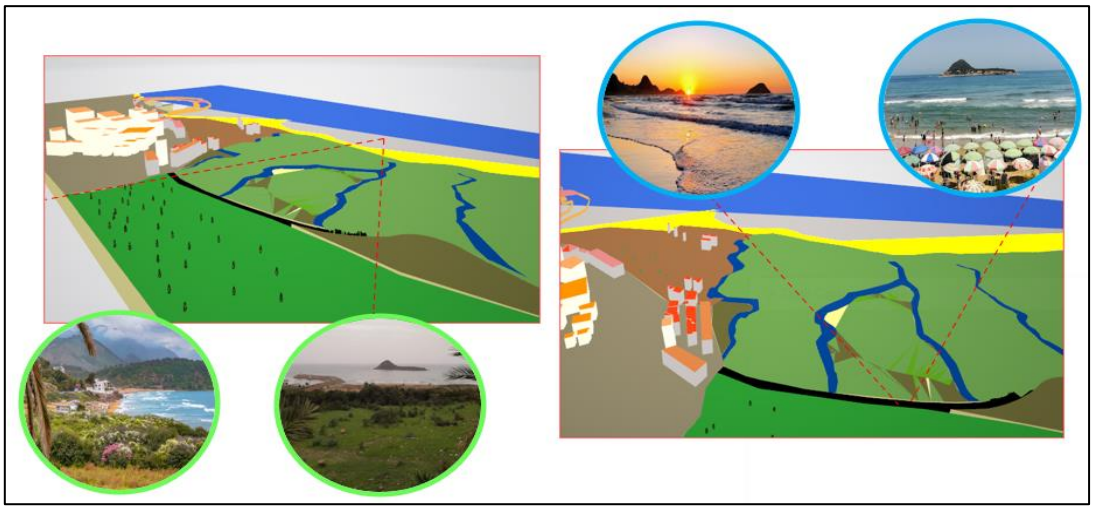


Figure V. 33: différentes vues et panorama à partir du terrain.
Source : Auteur.

Synthèse :

Tableau V. 2: Les avantages et les incontinents de notre terrain d'intervention.

Avantages	Inconvénients
-Une situation géographique stratégique. -Un paysage de qualité et des belles vues su mer et su montagne. -la proximité d'infrastructures routières et maritimes (RN 43 et le port). -Des grandes potentialités naturelles (paysagères) touristiques et économiques (le port de pêche et de plaisance). - Sa richesse naturelle en matière de faune et flore. - Sa grande façade maritime.	-Rapport ville-mer rompu. -Un manque flagrant en matière d'équipement culturelle et scientifiques -Vues panoramique non-exploiter. -Une discontinuité urbaine. -la pollution -La rareté des jardins publiques, de places et des espaces publics d'aménagements bleus de promenade en générale malgré les atouts paysagers que comporte la zone d'el Aouana - Bande de 300 mètres occupée par des constructions précaires - Qualité architecturale et urbaine banalisée, pour l'installation et le passage des espèces animales et végétales. - Les terres agricoles sont victimes d'un étalement urbain et d'une pression foncière de plus en plus importante

Source : Auteur.

Conclusion :

L'analyse de la Région d'el Aouana nous a permis une bonne compréhension du contexte ou notre projet va prendre racine et de maître au point les éléments essentiels du quartier et comprendre son évolution , sa structure urbain et naturelle, ainsi proposer un projet qui s'intègre harmonieusement au contexte et à l'urbain et qui participe au développement de la région.

L'étude des aspects morphologiques et climatiques du site d'intervention nous a aide à prendre une connaissance précise de ce dernier, cerner son climat afin de prendre en compte sa qualité environnementale lors de la conception du projet, ce qui nous conduire à une construction intelligente à faible consommation énergétique et respectueuse de l'environnement.

Chapitre VI:

Approche Architecturale

« L'architecture est un art visuel, et les bâtiments parlent d'eux même ».

_ Julia Morgan _

Introduction :

« Un projet est un espace vivant tel qu'un corps humain ce qui induit que les espaces qui le constituent doivent complémentaires et fonctionnels tel que les organes vitaux » Louis Khan.

Ce chapitre est le résultat et la concrétisation de tout ce qui est présenté dans les chapitres précédents. Nous allons présenter une genèse de notre projet basée sur des concepts et des principes architecturaux (biomimétique et biophilique) avec une description technique et technologies des procèdes utilisées. Une telle démarche qu'elle nous assure une formalisation d'un ensemble architectural cohérant à toutes les contraintes que ce soit du site ou du thème du projet.

Enfin de ce chapitre nous présentons le logiciel utilisé dans la partie opérationnelle de la simulation pour atteindre nos objectifs de recherche.

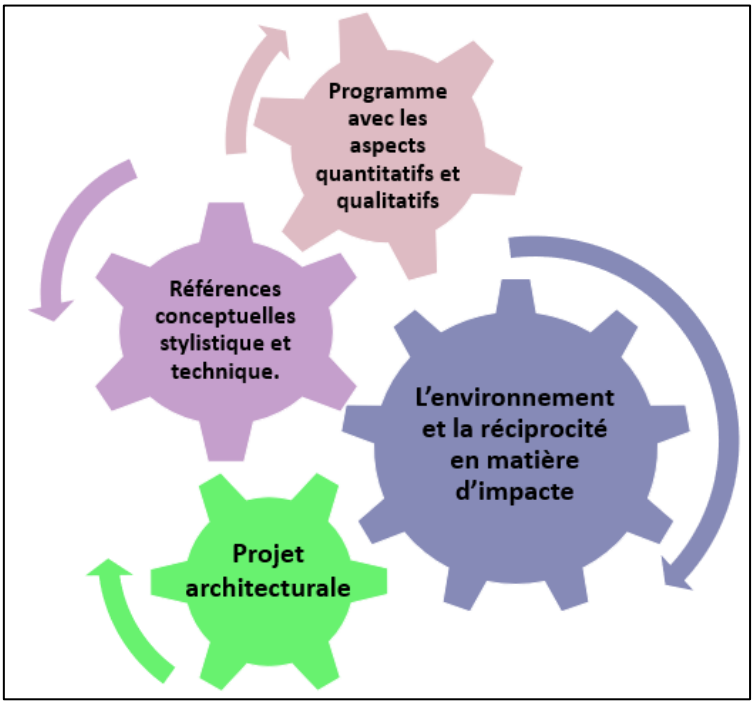


Figure VI. 1 : Étapes de croissance du projet.

Source : Auteur.

VI-1 La philosophie du projet :

L'étude détaillée du contexte et de la thématique, nous a permet de réfléchir à une idée qui va contribuer à améliorer l'image de la ville de Jijel ainsi que la région d'El Aouana et de régler le problème de rupture entre ville et mer, cela à travers un projet qui s'intègre à son contexte et réponds aux exigences environnementales de ce dernier.

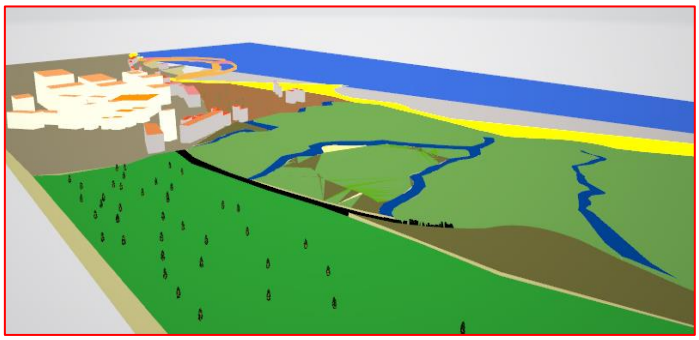
Ainsi on a développé notre philosophie en s'appuient sur l'identité de lieu, en se basant sur le contexte naturel du site (relation mer/foret) et à travers l'emploie d'un réfèrent biomimétique qui accentue l'idée de sauver le monde marin et le monde forestier.

Figure VI. 2: Étapes de croissance du projet.
Source : Google Image.

VI-2 Principes et concepts :

VI-2-1 L'intégration au site :

Dans le but de valoriser notre site, nous essayons d'y intégrer notre projet et cela en prenant en considération les différents éléments qui le composent. On a inscrit notre projet dans son environnement cela par son échelle, son gabarit et sa forme qui s'intègre parfaitement au contexte, en s'allongeant tout au long du terrain.



VI-2-2 La Centralité :

C'est un élément articulateur et organisateur qui assure les différentes relations fonctionnelles et spatiales dont l'espace central est multifonctionnel :

- Liberté du mouvement.
- Le dégagement visuel.
- L'identification de l'espace.
- Facilité de la lecture facile de l'espace.

VI-2-3 La variété :

Une variété des formes implique une variété d'usagers.

VI-2-4 Articulation et unicité :

Le projet doit avoir une image cohérente à travers la liaison entre ces différentes entités.

VI-2-5 Le mouvement :

Dans le but de réaliser un projet dynamique, animé et vivant nous optons pour le concept de mouvement qui se traduira par des volumes fragmentés de gabarits différents et des forme courbes et serpentées afin de renforcer l'attractivité du projet.

VI-2-6 La Fluidité :

La fluidité, un concept qui se traduira par les grands espaces ouverts et organisés en entités fonctionnelles reliées entre elles physiquement ou visuellement assurant ainsi le bon déroulement des fonctions et la satisfaction des usagers et le bon développement des plantes.

VI-2-7 La richesse visuelle :

La richesse visuelle dépend de la présence des contrastes visuels sur la surface observée, La plupart des informations que nous captons sont canalisées directement à travers nos yeux.

VI-2-8 Le paysagisme :

L'utilisation de la végétation et de l'eau afin d'assurer un microclimat confortable dans notre projet.

VI-2-9 La lisibilité de la forme.

VI-2-10 La polyvalence.

VI-3 La Genèse du projet:

1ér acte : Les axes de développement :

La création d'un 1ér axe verticale (foret-Mer) pour relier le projet aux potentialités existantes et d'autre part pour renforcer la relation ville-Mer et qui permet d'avoir une continuité entre le projet et son environnement immédiat.

Faire un 2éme axe horizontale perpendiculaire aux axe (Mer-Foret) et parallèle la RN qui est l'axe de développement de la ZET, il va assurer la liaison entre l'ancien centre-ville et son extension et il va venir redonner du dynamism à cette voie de 1ere hiérarchie.

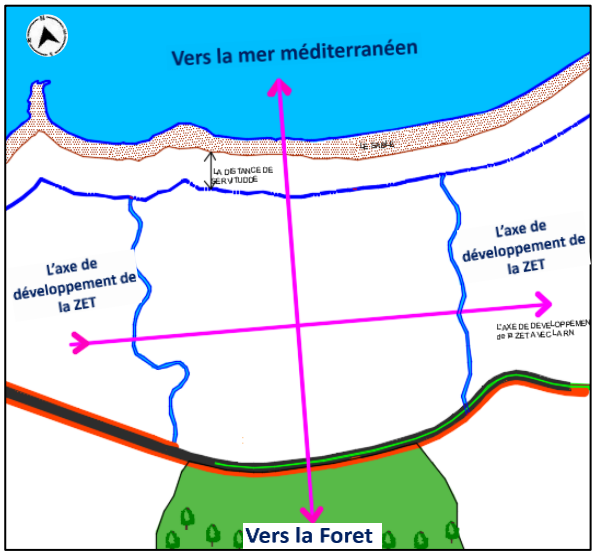


Figure VI. 3: Etape01-Les Axes-

Source : Auteur.

2éme acte : Les axes de perspective :

Faire les Axes de perspectives qui sont:

L'axe de perspective 1-1' (qui mène vers Bejaia et vers la plage).

L'axe de perspective 2-2' (qui mène vers centre- ville Jijel et vers la l'ilot de Cavallo) pour s'ouvrirent le site par ses 4 angles pour profiter.

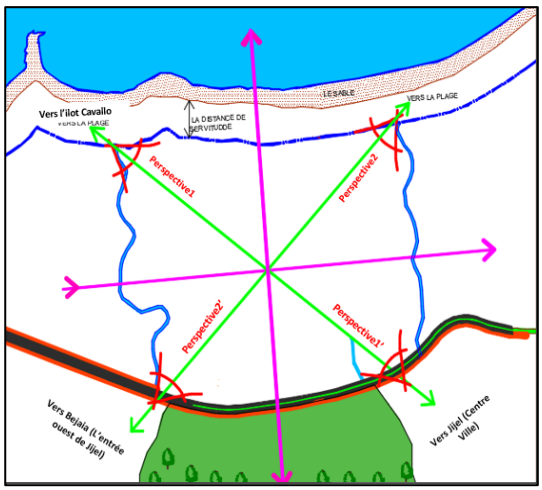


Figure VI. 4: Étape 02-Les Axes-
Source : Auteur.

3éme acte : Une philosophie, une idée fédératrice : le biomimétisme

La réflexion menée dans le cadre de ce projet a été enclenchée par notre objectif thématique portant sur la conservation et la gestion durable des écosystèmes ainsi que le caractère naturel du site d'intervention qui représentera une unité vivante dans la wilaya de Jijel et un réservoir de biodiversité, ceci a donné naissance à une philosophie conceptuelle centrée sur le biomimétisme.

En utilisant l'approche biomimétique d'un bio-système de la nature biologique qui est le cycle de respiration des écosystèmes (**Cycle O2-CO2**) qui unifie la vie de toutes les écosystèmes (végétales et animale) à partir le point d'interaction des différents axes et créer un parcours qui regroupent tous les moyens de circulation écologique et qui vas être le principe d'emplacement des entités de projet.

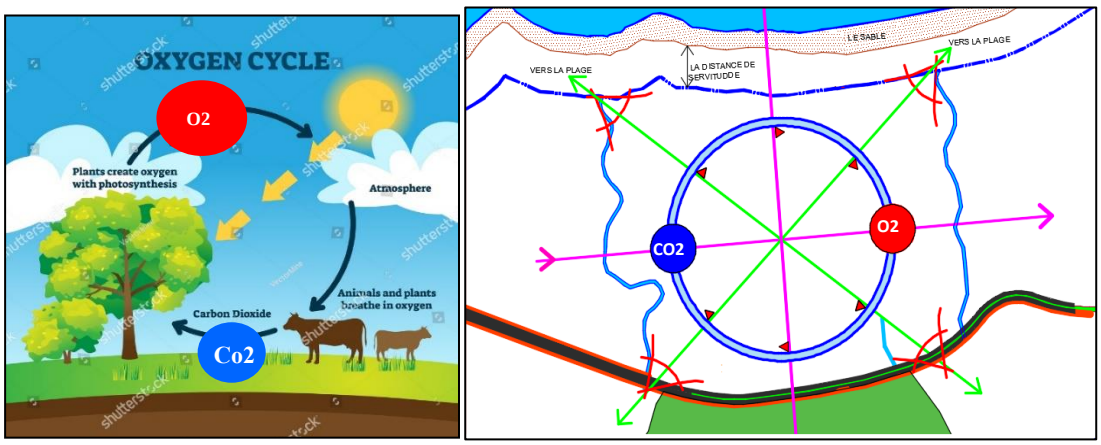


Figure VI. 5: Étape 03-Le cycle de respiration.
Source : Auteur.

4éme acte: Nous avons fait la continuité de principe de respiration au niveau cellulaire a travers le Cycle de Krebs est une série de réactions chimiques résultantes qui est une partie importante dans la respiration pour faire l'emplacement de notre entités de projet.

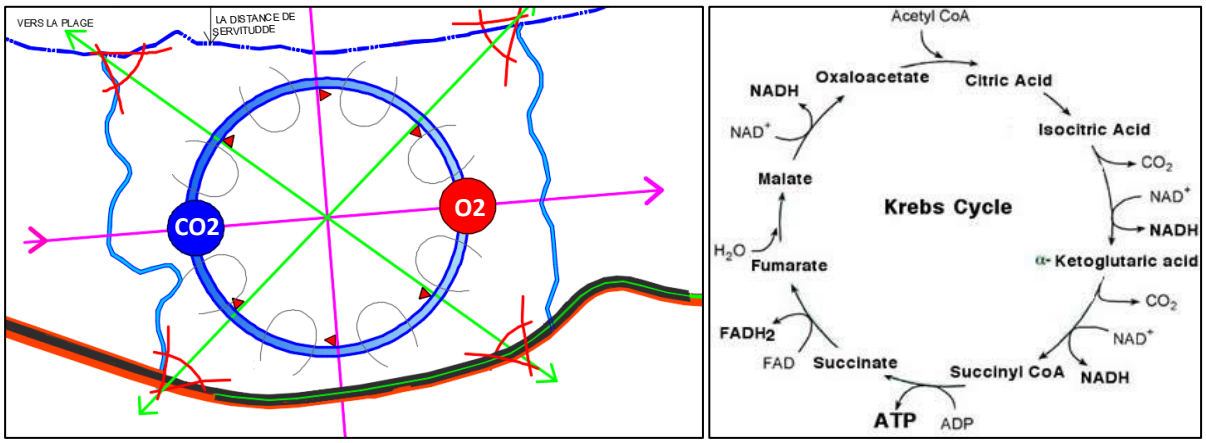


Figure VI. 6: Étape 04-Le cycle de Krebs.

Source : Auteur

5éme acte : Les données d'inspiration :

A partir l'approche théorique, ou on déduit que, le biomimétisme c'est la pratique scientifique qui consiste à s'inspirer des propriétés essentielles d'un animale ou d'un végétale, par l'exploitation de mécanisme de la nature pour innover durablement.

Ainsi que, d'après l'approche analytique, on signale que la zone d'el Aouana est une zone littorale et maritime par excellence.

Nous avons faire une imitation des formes marins et forestiers existants dans la ville de Jijel (El Aouana) qui suive toujours le principe de centralité pour être homogène avec l'ensemble globale, chaque forme va être présente une entité scientifique dans la cité.

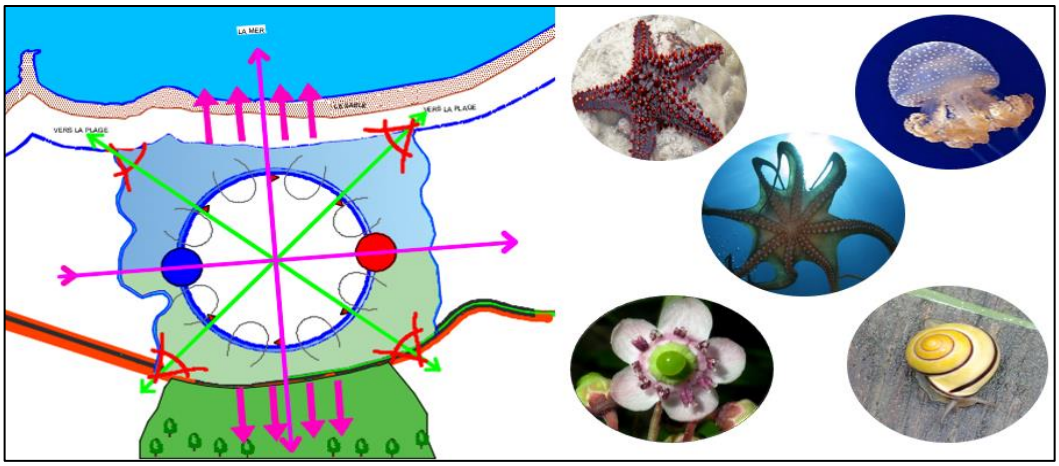


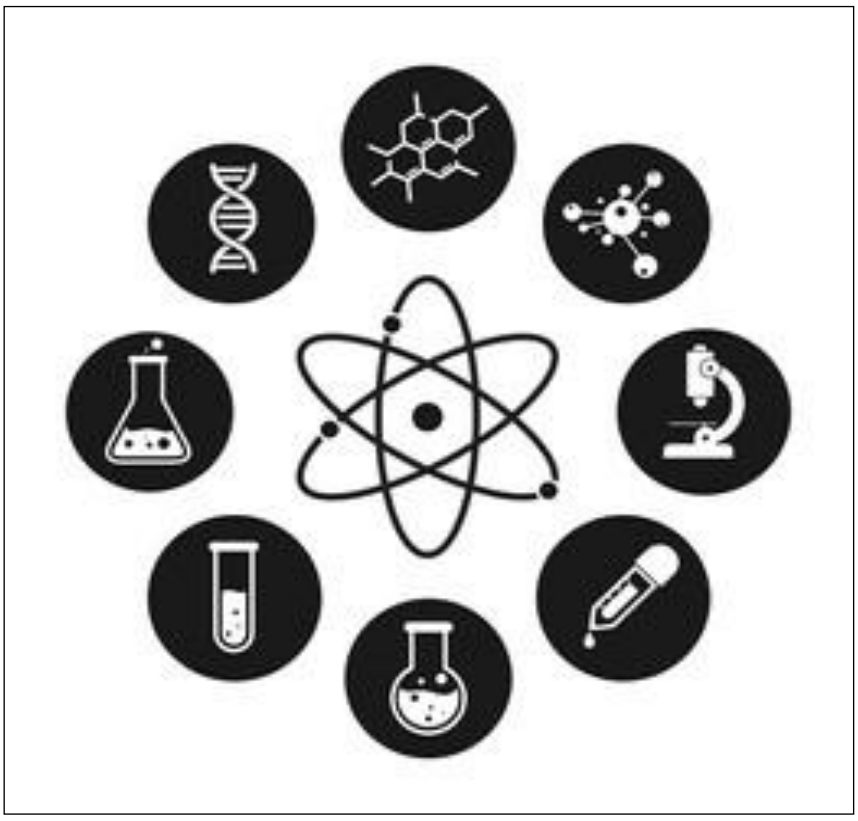
Figure VI. 7: Étape 05-L'imitation formelle

Source : Auteur.

6éme acte : Idée liée au thème (Science) :

Pour concevoir un équipement de destination idéale futuriste, durable, connecté, et attirant qui représente une nouvelle génération d'espaces scientifique et culturels, une occasion d'usage des NTICs (nouvelles technologies d'informations et de communications) et qui symbolise l'actualité scientifique et technologique et naturelle, on a disposé les différentes entités du projet selon leur fonctionnement autour du parcoure de la circulation écologique et les axes structurants selon le principe thématique (la science) et comme la science c'est un ensemble des connaissances multidisciplinaires scientifique, biologiques, astronomiques, culturelle. Une composition géométrique éclatée et chaque forme il a sont fonction.

L'utilisation de principe de la circulation fluide pour la liaison entre les différentes entités de projet, Cette fluidité nous a permet d'arriver à une forme organique respectueuse.



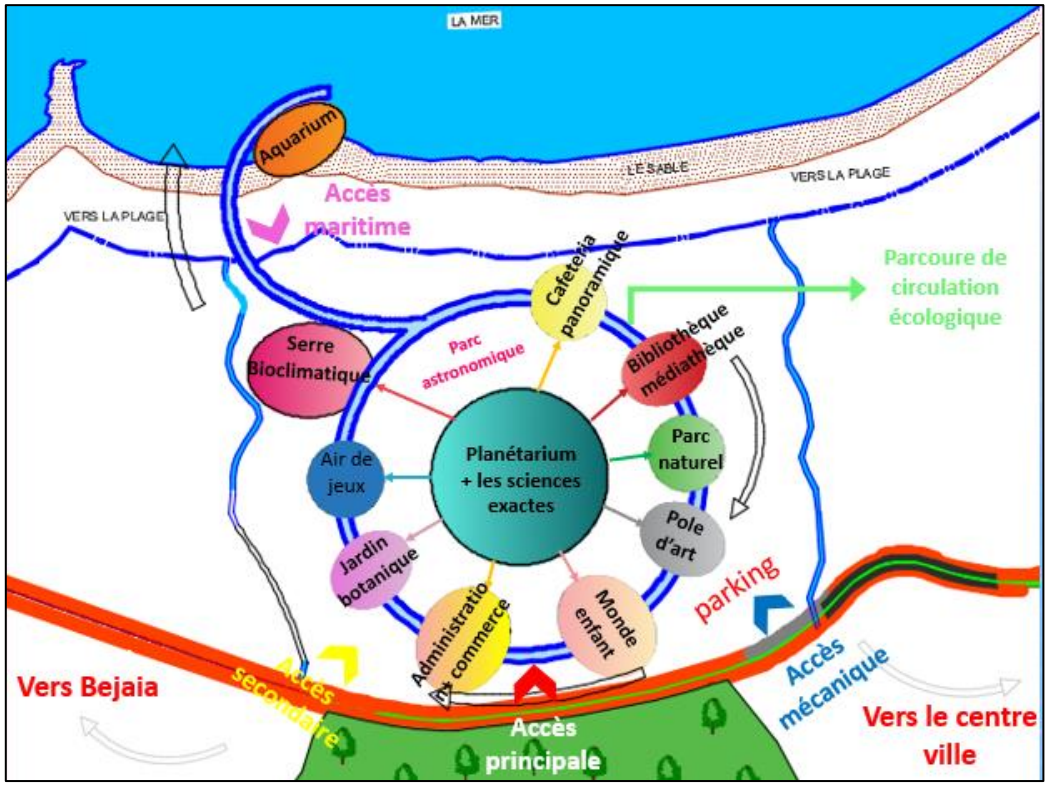


Figure VI. 8: Étape 06

Source : Auteur.

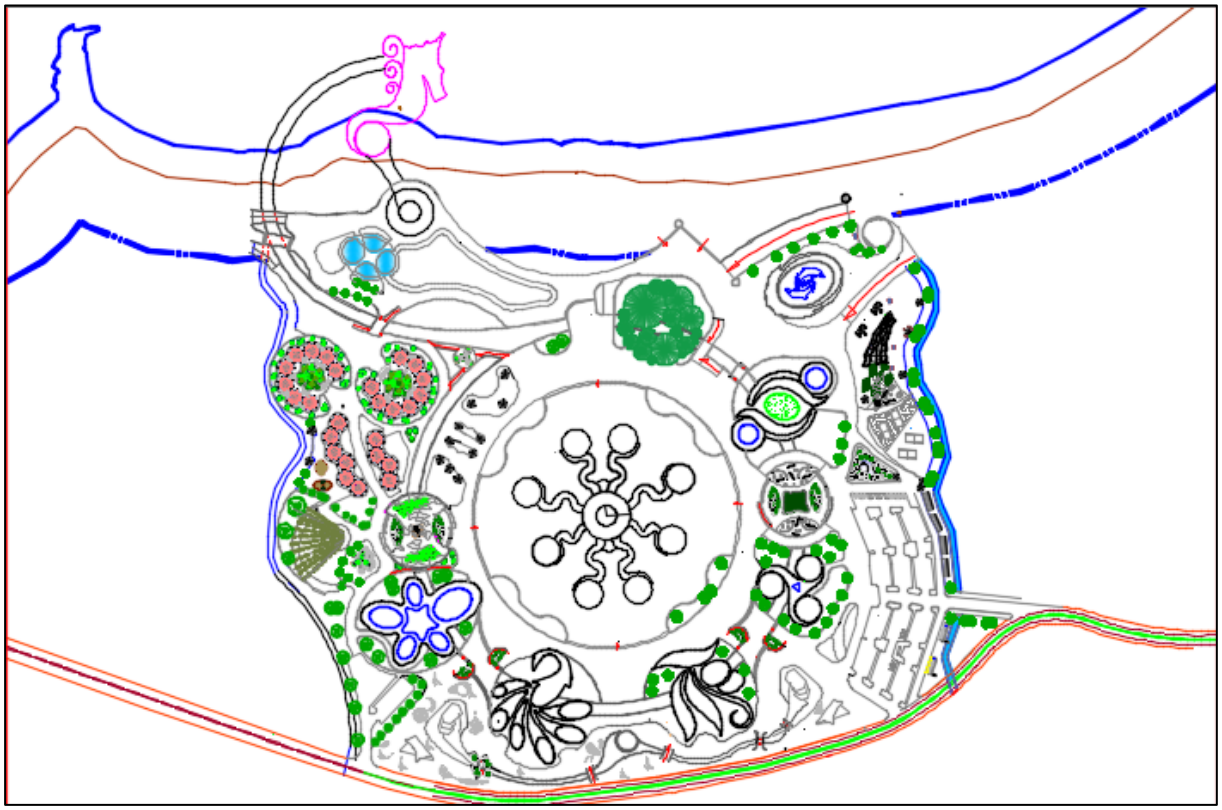
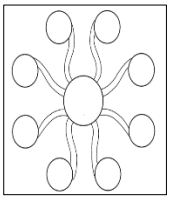
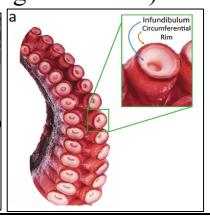
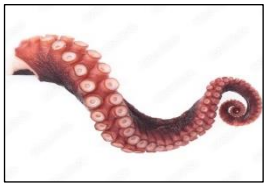
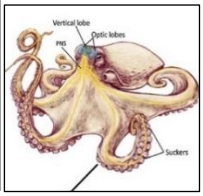
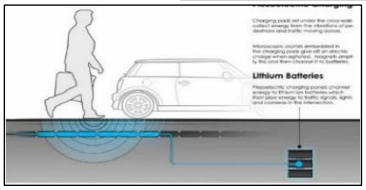


Figure VI. 9: plan de masse préalable

Source : Auteur.

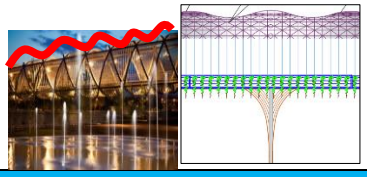
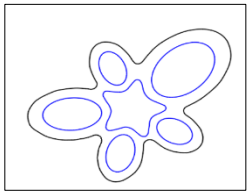
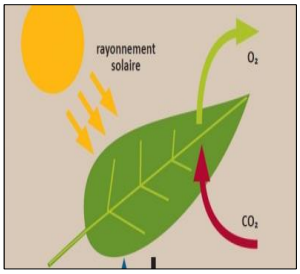
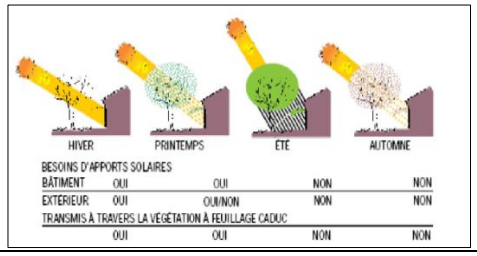
VI-4 Cadre conceptuelle basé sur l'approche biomimétique et biophilique pour une conception architectural durable :

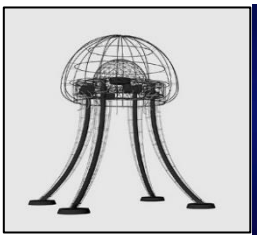
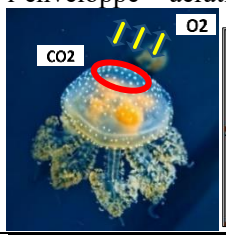
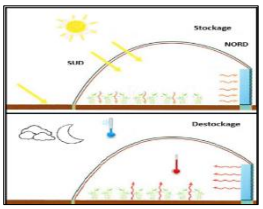
Tableau VI. 1: Cadre conceptuelle basé sur l'approche biomimétique et biophilique pour une conception architectural durable

<table>
<tr><th colspan="4">Entité 01 : Le planétarium et les sciences exactes</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Biomimétisme appliquée</td><td>1er Niveau de biomimétisme : « Imitation formelle » :
On opte pour le choix de la pieuvre comme élément centrale de notre cité de la science pour assurer la centralité, la visibilité, et la perméabilité visuelle vers les autres entités. Et à partir de là on a créé une certaine polyvalence pour accueillir plusieurs fonctions dans notre projet.
  </td><td>2éme Niveau de biomimétisme : Imitation fonctionnelle
2-1 les ventouses de la pieuvre :
a-Les ventouses permettent à la pieuvre de se cramponner sur un point fixe ou de saisir un objet se mouvoir et se tordre dans tous les sens et de sentir aussi. Dans notre projet d'une part, il joue un rôle comme un élément structurant (poteau champignon en bois).
  </td><td>b-Et d'autre part comme une ouverture automatiques (lucarnes circulaires) au-dessus du toit des passerelles permette une certaine ventilation automatisée.
 
 </td></tr>
<tr><td>Le System Nerveux :
Le pavegen, produire de l'électricité en marchant. Il s'agit de plaques incrustées dans le sol et qui récoltent la pression des pas pour générer de l'électricité c'est le même principe de la transmission de l'influx nerveux de la pieuvre à travers les pieds.
 
  </td><td>Le camouflage : Les pieuvres sont notamment très douées en camouflage et elles peuvent même changer de couleur à cet effet, c'est pour ça on a utilisé le verre intelligent thermochromique capable de modifier sa couleur en fonction de la température et la courbe du soleil.

 </td><td>Les points lumineux Les points lumineux :

 </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">La Biophilie appliquée</td><td>-La nature dans l’espace :
Lien visuel avec la nature
Nous avons créé d’un environnement conçu avec une connexion visuelle avec la nature existante (mer-foret) par la présence du toit végétale et la couleur bleu des coupoles
 </td><td>Lien invisible avec la nature :
Les sons naturels : clapotis de l'eau, les oiseaux Les odeurs : des plantes et des fleurs, des murs verts odorants
Les courants d'air des espaces ouverts (terrasse, galerie)
 </td><td>Variabilité thermique et renouvellement d’air
à travers Des Ouvertures automatiques (lucarnes circulaires)
 </td></tr>
<tr><td>-Les Analogies Naturelle :
Formes et motifs biomorphiques dans les Passerelle ondulée
  </td><td>-Lien matérielle avec la nature :
L’Utilisation de Bois
 </td><td>-La Nature de l’Espace :
Le mystère :dans les pieds de la pieuvre.
 </td></tr>
<tr><td colspan="4">Entité 02 : Les jardins botanique</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Le Biomimétisme appliquée</td><td colspan="2">-L’application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle :
Nous somme aller vers une forme végétale de la fleur de la liliacée car c’est une fleur méditerranéenne odorante on le trouve largement dans la willaya de Jijel on a implanté à cette forme les jardins botanique pour la préservation de l’écosystème et des espèces végétales en voie de disparition.
  </td><td colspan="2">-L’application de 2éme Niveau de biomimétisme : l’imitation fonctionnelle
Le principe utilisé dans les jardins botanique est de retenir l'énergie solaire permet de conserver la chaleur et de la restituer la nuit qui est parallèle du principe du photosynthèse
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Lien visuel avec la nature :
Les jardins intègrent les déférentes espèces végétales qui caractérise la wilaya de Jijel et la zone d’el Aouana en particulier pour garder toujours le lien avec la nature existante.
 </td><td colspan="2">Lien avec les systèmes naturels :
Les arbres à feuilles caduques
On a utilisé des arbres à feuille caduque dans les pour profiter d’un ombrage et d’une fraicheur en été, et un maximum d’ensoleillement en hiver.
  </td></tr>
</table>

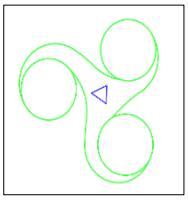
<table>
<tr><th colspan="3">Entite03 : les serres bioclimatiques</th></tr>
<tr><td>Le Biomimétisme appliquée</td><td>L’application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle : Nous avons imité les formes des serres de la même forme des méduses, ou la corp de la méduse formée d’un tissu transparent ombrelle avec des bras sur lesquels reposer c’est le même principe que nous avons appliqué dans les serres.
  </td><td>L’application de 2éme Niveau de biomimétisme : l’imitation fonctionnelle
Le principe de respiration de la méduse réalisé à travers des trous à l’extérieur dans son paroi transparent du même principe des serres
Bioclimatique grâce à la surface vitrée permet de (stockage passif de l’Energie solaire l’isolation de l’enveloppe + aération).
   </td></tr>
<tr><td>La Biophilie appliquée</td><td>La Nature dans l’Espace :
Variabilité thermique et renouvellement d’air : Système de climatisation et de chauffage naturel.
 </td><td>Lien visuel avec la nature : La présence de la végétation (système de plantation à l'intérieur des serres.
 </td></tr>
<tr><th colspan="3">Entite04 : Administration et commerce</th></tr>
<tr><td>Le Biomimétisme appliquée</td><td>L’application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle :
Nous avons imité la forme d’une feuille d’olivier pour l’entité administration et commerce. Une forme de base d’accueil pour donner l’image de
 </td><td>Façade suive les mêmes principes de ramification de la feuille d’olivier.
 </td></tr>
<tr><td>La Biophilie appliquée</td><td>La nature dans l’espace :
Lien visuel avec la nature à travers :
Une connexion visuelle avec la nature existante à travers les toits végétalisés</td><td> </td></tr>
</table>

Entite04 : les sciences d'art (pole d'art et de musique)

Le Biomimétisme appliquée

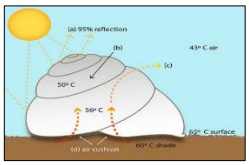
L'application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle :

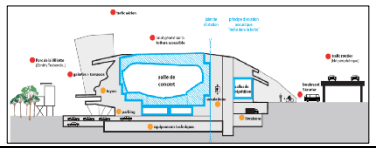
Nous avons imité de la forme d'escargot pour les sciences d'art et de musique (cinéma théâtre auditorium) car : Une forme spirale avec des courbes, est symbole de dynamisme et de mouvement.



L'application de 2éme Niveau de biomimétisme : l'imitation fonctionnelle

La coquille est une partie très importante de l'escargot puisqu'elle lui permet de se protéger contre les prédateurs et la sécheresse. (Le pôle d'art et de musique nécessite le confort acoustique et nécessite pas l'éclairage c'est pour ça la coupole joue le même rôle de la coquille d'escargot).

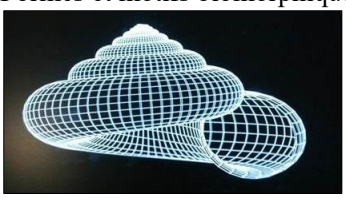




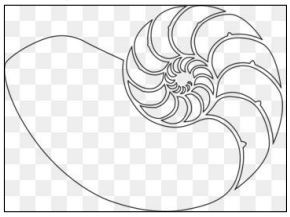
La Biophilie appliquée

Les Analogies Naturelle :

Formes et motifs biomorphiques



Le Mystère

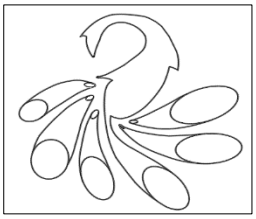


Entite05 : Le monde d'enfant

Le Biomimétisme appliquée

L'application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle :

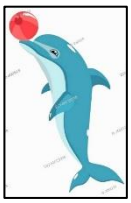
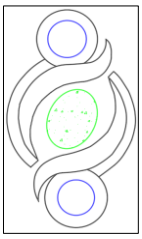
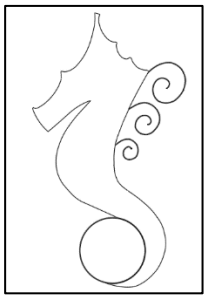
Nous avons opté pour l'entité d'enfant la forme de paon c'est une forme vivante avec des couleurs invitant le public et surtout les enfants à pénétrer plus avant au sein de l'équipement pour donner l'image d'une cité d'enfant.

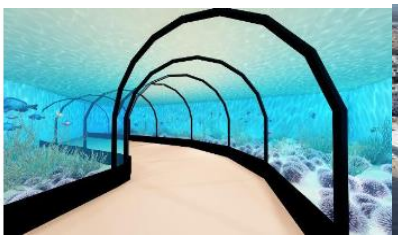


La Biophilie appliquée

Lien visuel avec la nature :

La présence de l'eau et de la végétation,
la ventilation naturelle (patio ventilée), les couleurs…etc.

Entite06 : Pole culturelle (Bibliotheque+Mediatheque)	
Le Biomimétisme appliquée	**L'application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle :** On a choisi la forme des dauphins qui jouent avec des ballons pour le pôle de la culture comme si permettre une circulation et lisibilité facile et une perméabilité visuelle et orientation vers la vue panoramique des espaces verts et de la mer, cette forme donne Une meilleur éclairage naturel des deux côtés de chaque travée surtoutpour les salles de lecture. On a créé un élément d'articulation entre les différentes parties du projet à partir du centre pour ouvrir la bibliothèque sur la médiathèque. (Articulation fonctionnelle).  
La Biophilie appliquée	**La Nature dans l'Espace :** **La présence de la végétation et de l'eau :** à travers le patio **Lumières dynamique et diffuse** (profiter de la lumière naturel) : Les salles de lecture doivent être profité au maximum de l'éclairage naturelle et d'aération.
Entité 07 : L'aquarium	
Le Biomimétisme appliquée	**L'application de 1ér Niveau de biomimétisme : Imitation formelle :** Nous avons choisi la forme de l'hippocampe pour l'entité des sciences marins (aquaruim) pour qu'il sa richesse formelle comme un animal marin placé dans l'axe de l'angle 90°,il joue le role de l'element directeur du projet vers l'ilot de cavallio. 

Biochimie appliquée	**Lien visuel avec la nature :** l'hippocampe vivre dans la mer suive un lien visuel avec l'environnement marin en a integre l'aquaruim dans la mer. **Stimulations sensorielles non-rythmique :** un dialogue entre le bati (aquaruim) et la nature presenté (la mer) **La présence de l'eau** **Le mystère** **Ventilation naturel.** 

VI-5 Outils de simulation :

VI-5-1 Définition de la simulation :

Imitation volontaire ou semi-volontaire d'un trouble mental ou physique ; Représentation du comportement d'un processus physique, industriel, biologique, économique ou militaire au moyen d'un modèle matériel dont les paramètres et les variables sont les images de ceux du processus étudié. (Les modèles de simulation prennent le plus souvent la forme de programmes d'ordinateurs auxquels sont parfois associés des éléments de calcul analogique) ; Dissimulation, par les parties, d'un contrat secret (contre-lettre) sous le couvert d'un acte apparent. (Larousse, 2019)

VI-5-2 La simulation thermique dynamique :

Accepte le bâtiment comme un objet vivant, réactif aux éléments extérieurs, elle tient en compte la réponse des matériaux à une variation des apports thermiques, inerties (occupant, équipement) et externes (soleil, vent...).

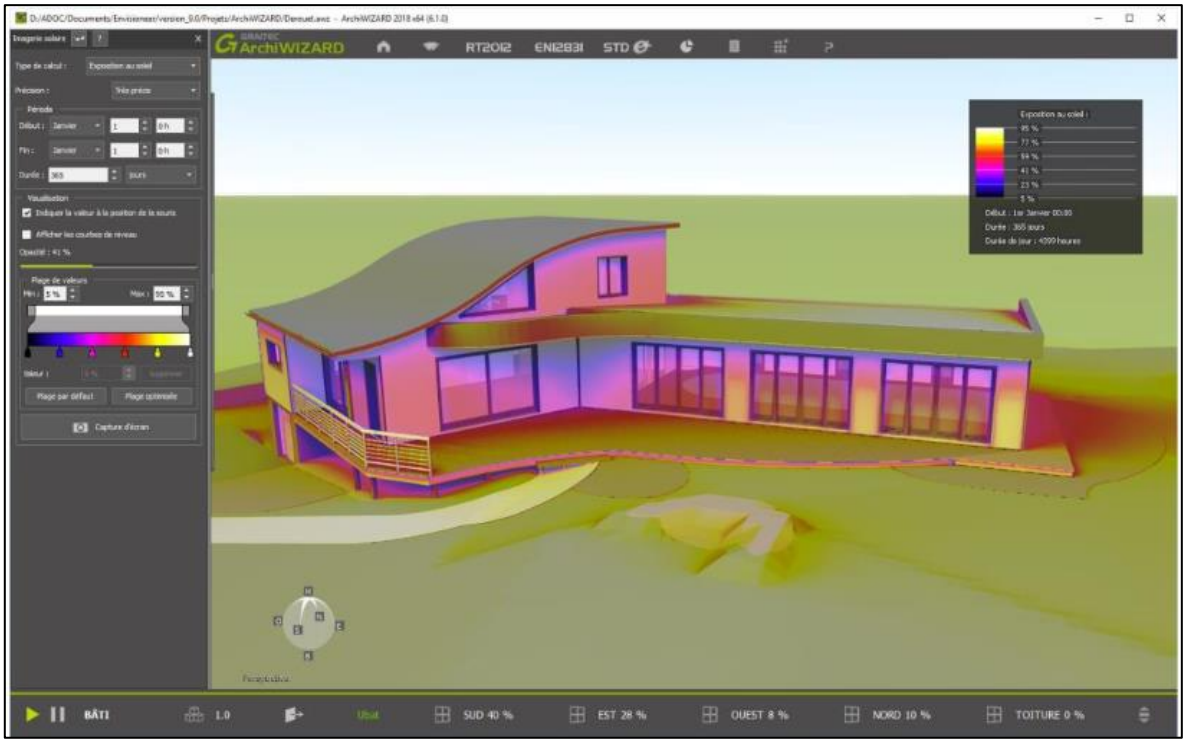


Figure VI. 10: Simulation thermique dynamique (ArchiWizard).
Source : (A-Doc, 2011)

VI-5-3 La simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale :

Un bâtiment à très faible consommation d'énergie ne se comporte pas comme les bâtiments traditionnels. Une modélisation fine de son comportement est nécessaire pour optimiser sa conception au regard des besoins de chauffage et du confort d'été.

En effet, des phénomènes auparavant négligeables dans les bâtiments à 200 kWh/m².an debesoins de chauffage deviennent de première importance dans les BBC (de l'ordre de 30 kWh/m².an de besoins de chauffage) : le traitement des ponts thermiques, la gestion des apports solaires et internes, l'étanchéité du bâtiment... De plus, un bâtiment très isolé est davantage sujet aux surchauffes estivales de par un effet « Thermos »[101].

Il est alors essentiel de minimiser les apports solaires et internes, de maximiser l'inertie et de mettre en place une stratégie de rafraîchissement naturel efficace. Il devient donc nécessaire de quantifier à l'avance les impacts de la conception architecturale sur les besoins de chauffage et le confort d'été. C'est là l'intérêt de la simulation thermique dynamique (STD).

[101] Thermos : Récipient isolant conservant la température d'un liquide pendant quelques heures.

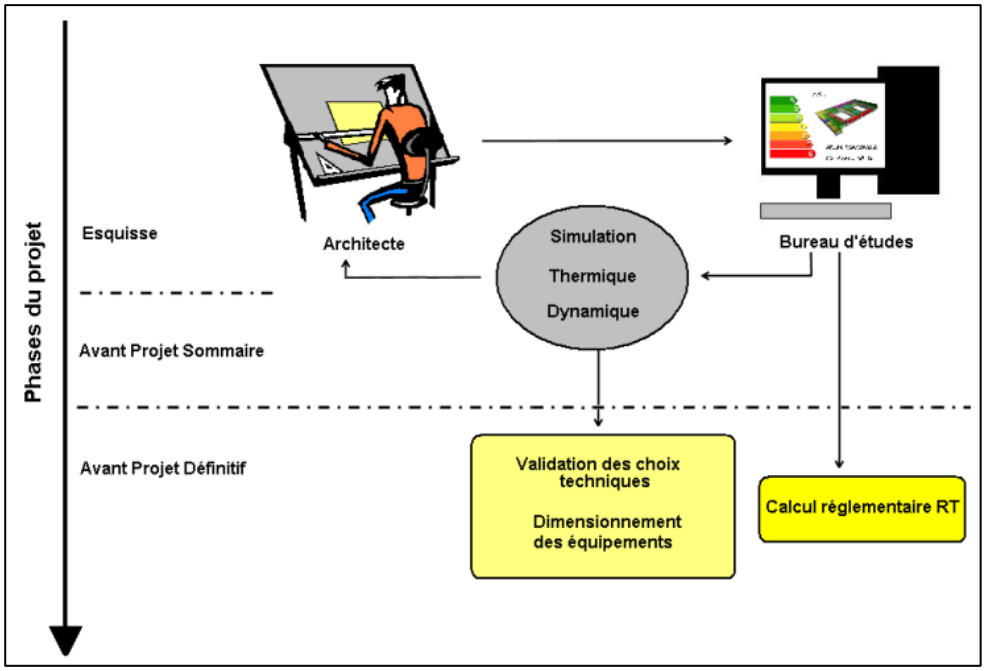


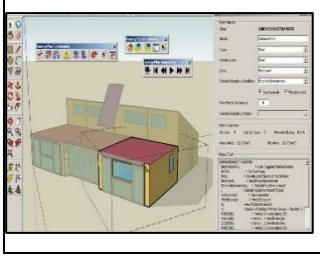
Figure VI. 11: Schéma montre le rôle de la simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale

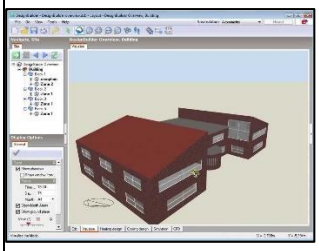
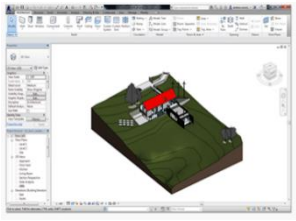
Source : (Mdph35, 2015)

VI-5-4 Les logicielles utilisé pour faire une simulation thermique

Les professionnels exploitent aujourd'hui des modèles numériques que l'on trouve dans les différents logiciels disponibles : Ecotect, ArchiWizard, Blast, Climawin, design builder, Pleiades +Comfie, Energy +, Simbad, TRANSys, virtuel Environment, DPV, eQUEST, EcoDesigner, ESP-r, Green Building Studio, Lesosia, IDA ICE, IES VE , Trave 700 ,

Tableau VI. 2: Interopérabilité des quelques logicielles de simulation thermique dynamique.

Outil	Application	Saisie de données	Les Données résultantes	Importation de géométrie basée sur BIM
DPV (Design Performance Viewer)	Conception environnementale, conception thermique et analyse, charges de chauffage et de climatisation, coût énergétique, Energy / CO2, analyse du cycle de vie, ordonnancement.	CAD-BIM, Revit	/	Le modèle de construction est directement construit dans le CAD-BIM environnement
Ecotect	Conception environnementale, modèle 3D (conception 3D), conception et analyse thermique, chauffage et refroidissement charges, validation ; Contrôle solaire, ombrageant, régnant, vents et flux d'air, naturels et artificiels éclairage, évaluation du cycle de vie, évaluation du coût du cycle de vie, ordonnancement, acoustique géométrique et statistique une analyse.	dwg, ifc, gbXML, .obj, 3DS, .xml, ASCII, etc	Metafiles, Bitmaps Ou animations. RADIANCE, POV Ray, VRML, AutoCAD dxf, Energy Plus, ESP-r, ASCII Mod files, XML, etc.	Importations CAD-BIM modèles de la plupart Logiciel de CAO
Energy Plus 	Simulation énergétique, conception et analyse thermique, Charges de chauffage et de refroidissement, validation ; Solaire	ifc, gbXML, text	ASCII	ifc compatible. (Application BIM)

	contrôle, ombrage, naturel et artificiel éclairage, évaluation du cycle de vie, évaluation du coût du cycle de vie, Planification.			
Design Builder 	Conception environnementale, modèle 3D (conception 3D), conception et analyse thermique, chauffage et refroidissement charges, éclairage naturel et artificiel, air intérieur, températures moyennes de rayonnement et de fonctionnement	gbXML, .dxf, .pdf, .bmp, .jpg	CAO : AutoCAD, Microstation, SketchUp en 3D dxf, .epw, .csv, .tmy, .tmy2	Fournit interopérabilité avec Modèles BIM à travers son importation. gbXML aptitud
Green Building Studio 	Conception environnementale, analyse thermique, consommation annuelle d'énergie (électricité et gaz), émissions de carbone, éclairage de jour, consommation et coût de l'eau, évaluation du coût du cycle de vie, ventilation naturelle.	BIM activé par gbXML ou CAO 3D	gbXML, VRML	Prend en charge le format gbXML et offre une interopérabilité facile avec l'application BIM

Source : (YUDI , 2014)

VI-5-5 Présentation du logiciel « ArchiWIZARD » :

C'est un Le logiciel de simulation énergétique pour l'optimisation et la validation réglementaire de la performance énergétique du bâtiment dès l'esquisse et jusqu'à l'achèvement des travaux, en conception comme en rénovation, en connexion directe avec la maquette numérique (BIM).

ArchiWIZARD est évalué et approuvé par la DHUP pour l'application de la RT2012 et de la méthode Énergie-Carbone (expérimentation E+C-).[102]

Figure VI. 12: logiciel de simulation Archiwizard.
Source : (GRAITEC, 2017)

Nous pouvons simuler les performances et vérifier la conformité réglementaire avec un outil déjà inclus dans notre modèle BIM « Building Information Modeling »:

- Simulation lumière naturelle (Facteur de Lumière Jour, confort lumineux, autonomie lumineuse, etc.) et consommation d'éclairage artificiel ;
- Calcul réglementaire avec le moteur de calcul RT2012 officiel (logiciel d'application de la RT2012 évalué par le CSTB) ;
- Simulation Thermique Dynamique avec le moteur EnergyPlus ;
- Calcul des déperditions et dimensionnement des équipements de chauffage selon la norme EN12831 ;
- Simulation rayonnement solaire (irradiation des façades, potentiel bioclimatique des baies, études d'ensoleillement, dimensionnement photovoltaïque) ;
- Simulation énergétique temps réel pour l'aide à la conception ;

[102] https://graitec.com/fr/products/archiwizard/

- Analyse de Cycle de Vie pour l'expérimentation E+C- et la future RE2020

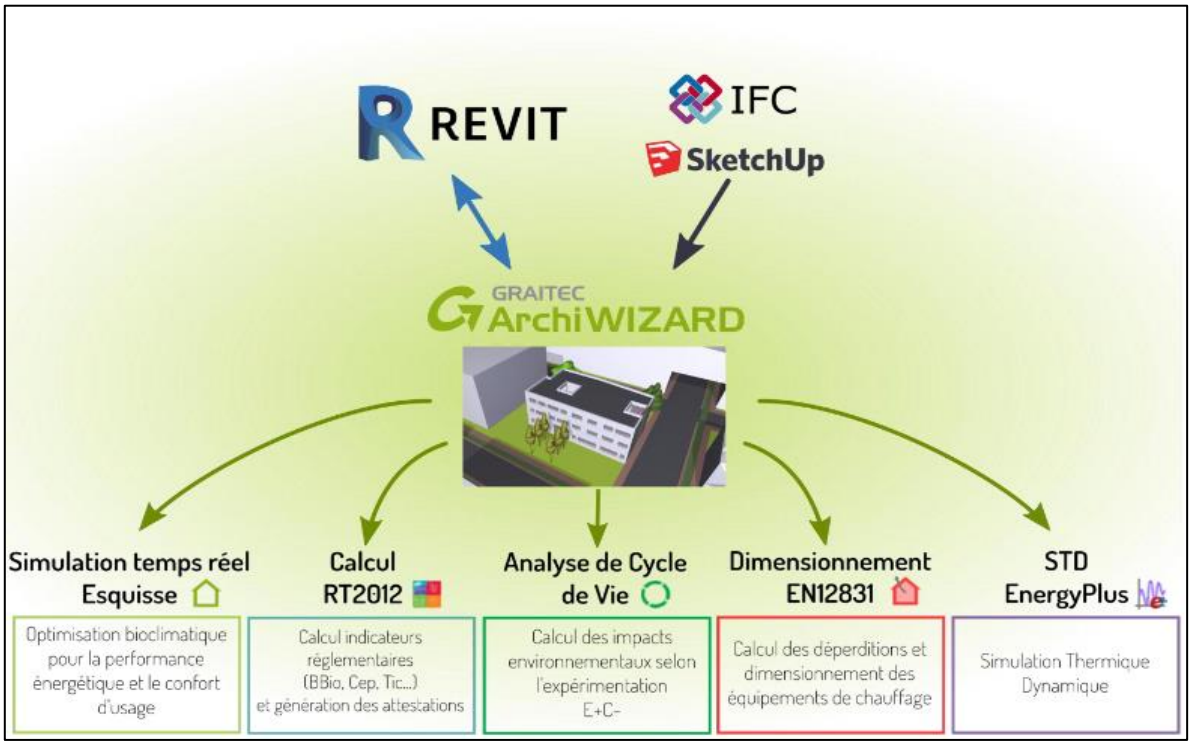


Figure VI. 13: Les outils d'ArchiWIZARD.

Source : https://graitec.com/fr/products/archiwizard/

VI-6 Système technique et constructif :

Comme mon projet se trouve dans un milieu naturel j'ai opté pour une structure légère pour s'adapter le maximum possible avec le site, et profiter du joli panorama tout en évitant l'agression de ce dernier.

C'est pourquoi les choix technologiques utilisé s'effectué en même temps que le choix architectural pour permettre une continuité et une complémentarité entre les différentes composantes et leur intégration ceux explique les choix suivants :

VI-6-1-Choix du système constructif :

VI-6-1-1-La structure métallique :

Dans le but de répondre aux exigences fonctionnelles, spatiales et formelles de notre projet nous avons opté pour la structure métallique qui présente des qualités physiques et mécaniques qui permettent de franchir de grandes portées avec des retombées réduites et un minimum de points porteurs. La structure métallique assure plusieurs avantages :

Figure VI. 14: Bâtiment a structure métallique.

Source : coastalsteelstructures.com

Haute résistance : la haute résistance de l'acier par unité de poids implique qu'il sera peu le poids des structures, cela est d'une grande importance pour la conception.

Uniformité : les propriétés de l'acier ne changent pas sensiblement avec le temps, comme c'est le cas pour les structures en béton armé.

Durabilité : si l'entretien des structures en acier est adéquat, ils dureront indéfiniment.

Ductilité : La nature ductile des aciers structuraux communs leur permet de s'écouler localement, évitant ainsi les échecs prématurés.

Ténacité : les aciers structuraux sont tenaces, c'est-à-dire qu'ils ont une résistance et une ductilité. La propriété d'un matériau pour absorber l'énergie en grandes quantités est appelée ténacité.

VI-6-1-2-La Structure Tridimensionnelle :

La structure Tridimensionnelle est une solution architectonique avec des qualités très différenciées en ce qui concerne un autre type de structures.

Cette catégorie de charpente est appropriée aussi bien pour des petits auvents décoratifs pour son esthétique que pour des constructions de grandes portées pour sa grande résistance et il est adaptée pour n'importe quelles formes d'utilisation comme : halls de sport, centre aquatique centres commerciaux, aéroports, hangars aéronautiques, sphère de planétarium, mures rideaux, bâtiments industriels, frontons,…[103]

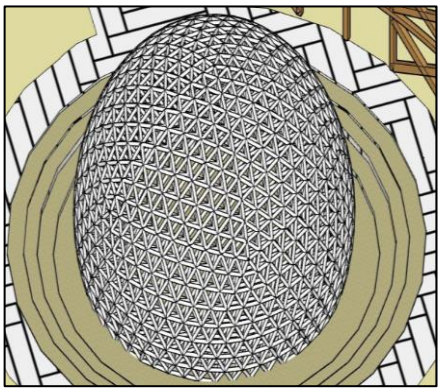


Figure VI. 15 : sphère en structure tridimensionnelle.

Source : revit-memo.blogspot.com

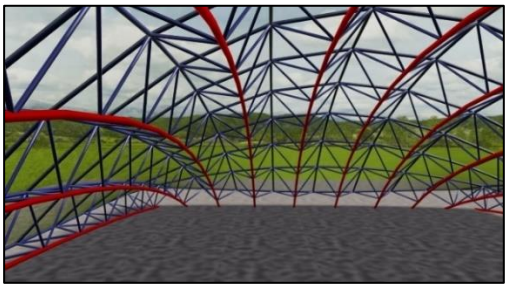


Figure VI. 16 : Structure tridimensionnelle ; vue intérieure Rendu Showcase 2014.

Source : revit-memo.blogspot.com.

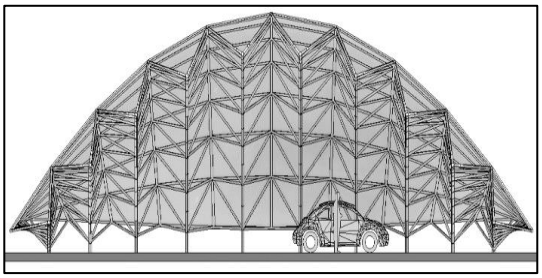


Figure VI. 17 : Structure tridimensionnelle ; coupe transversale Rendu Showcase 2014.

Source : revit-memo.blogspot.com.

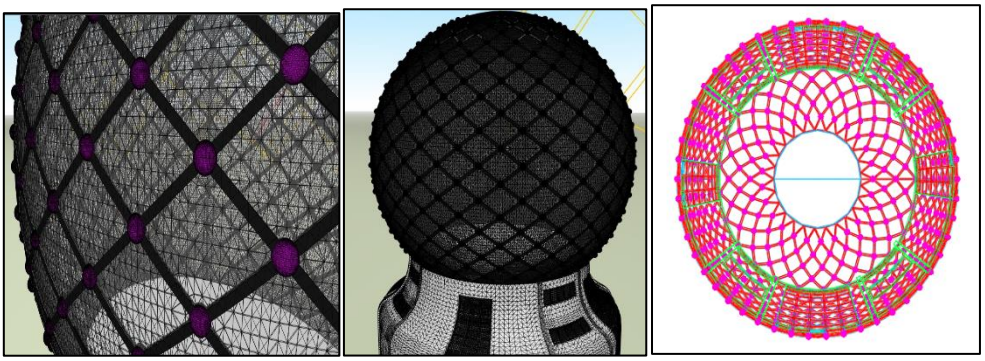


Figure VI. 18: La structure tridimensionnelle de notre projet (Entité planétarium).

Source : auteur.

[103] http://epautistes.coolbb.net/t2890-detail-de-construction-de-structure-tridimensionelels

VI-6-1-3-La structure organique :

Une structure basée sur des formes libres et sinueuses, une rébellion contre toute pensée rectiligne , une véritables sculptures organiques habitables, les bâtiments qui prônent ses principes naissent de la rencontre des besoins de l'être humain avec la nature c'est une est analogue à un organisme naturel,

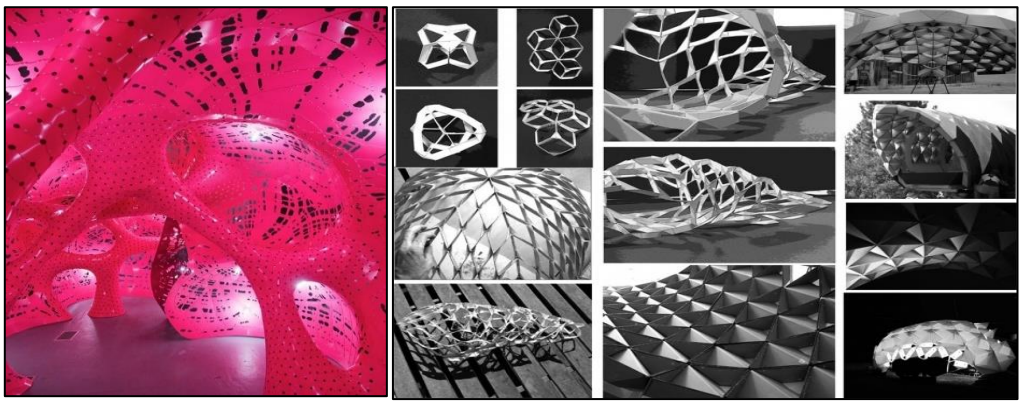
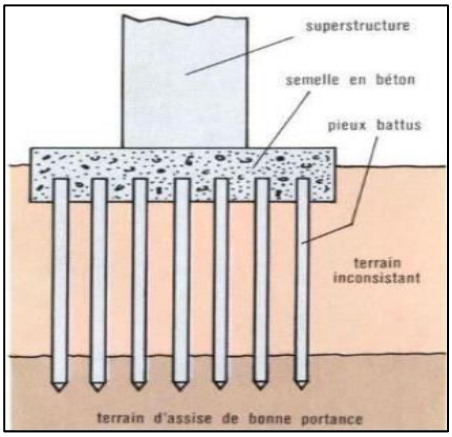
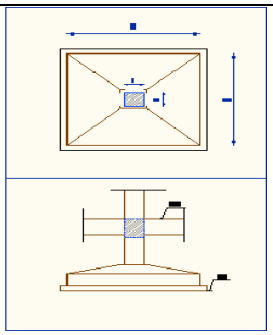
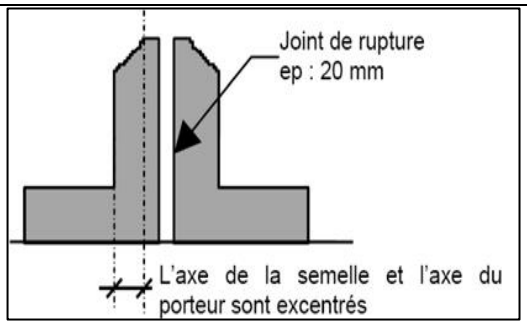
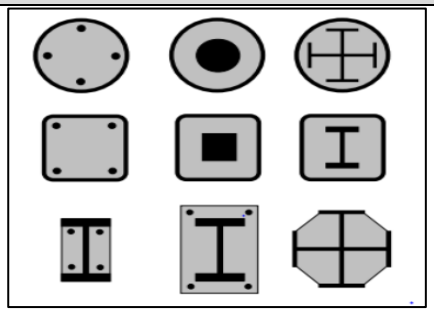
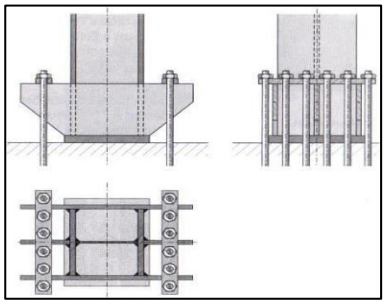
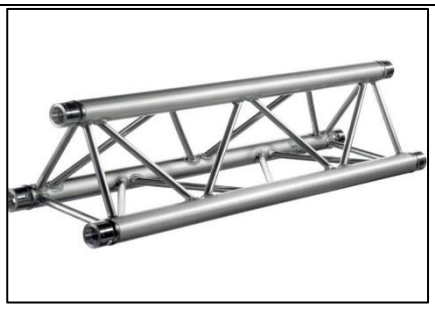
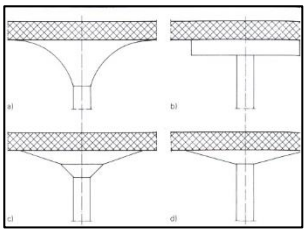


Figure VI. 19: exemples de structure organique.
Source: https://journals.openedition.org/crau/591.

VI-6-2- Gros œuvres :

L 'infrastructure	
Le radier Général : Le radier est une dalle porteuse continue de béton armé coulée à même le sol, qui sert d'assise stable (fondation) à l'ensemble de la construction et également de plancher bas, il : -diminue des risques de tassement. - très bonne liaison donc rigidité de la base du bâtiment	
Semelle isolée : Les semelles isolées sont les fondations des poteaux, est de forme carrée ou rectangulaire ayant une surface supérieure à celle de la base de l'élément de structure à supporter.	

Joint de rupture: Le joint de rupture a pour rôle de permettre la surveillance de la transmission d'un mouvement d'une partie de construction à une autre partie divergente, que toutes deux soient en acier ou en béton.	
la superstructure :	
Poteaux mixte métallique : La capacité portante des poteaux mixtes est largement dominée par la partie métallique de ceux-ci. Les poteaux mixtes sont généralement utilisés en présence d'efforts normaux élevés et d'un souhait de sections de faibles dimensions. L'avantage principal des poteaux mixtes par rapport aux poteaux métalliques est la grande résistance au feu de ceux-ci sans la mise en œuvre de mesures préventives.	 
Poteaux et poutre tridimensionnels : Une poutre/poteau est dite en treillis lorsqu'elle est formée d'éléments articulés entre eux et formant une triangulation.	
Poteau champignon: Le chapiteau présente une forme homothétique à celle du poteau pour une distribution régulière des forces.	

Le plancher mixte collaborant :

Ce plancher est utilisé pour les constructions métalliques:

-Éléments de structure légers : des dalles plus minces.

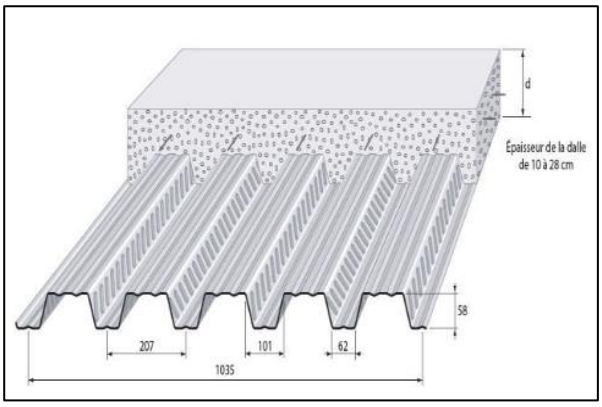
-rapidité d'exécution : pas de coffrage. Sa mise en place est simple et rapide. Les bacs sont manipulables à la main.

- supporte des charges Lourdes.

-conception flexible : Il s'adapte aux différentes formes et se découpe facilement.

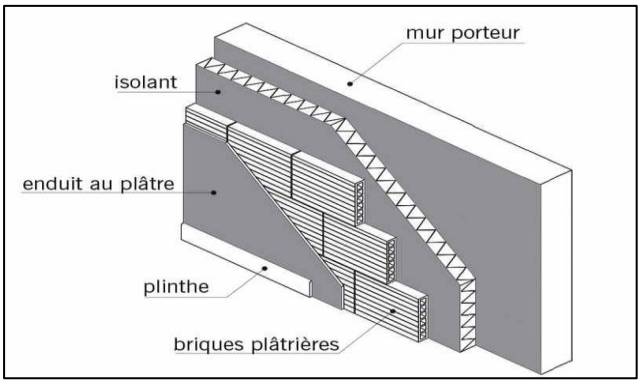
-Il est économique.

-meilleure résistance au feu de l'ensemble

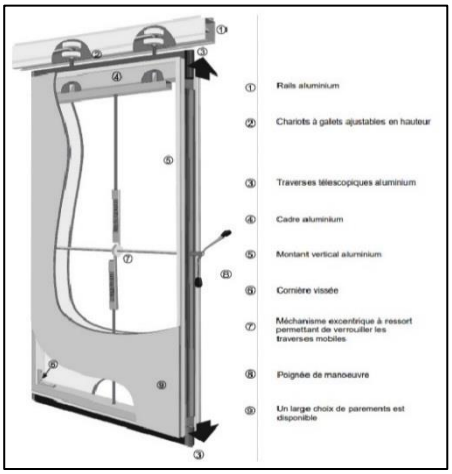


Les cloisons intérieures :

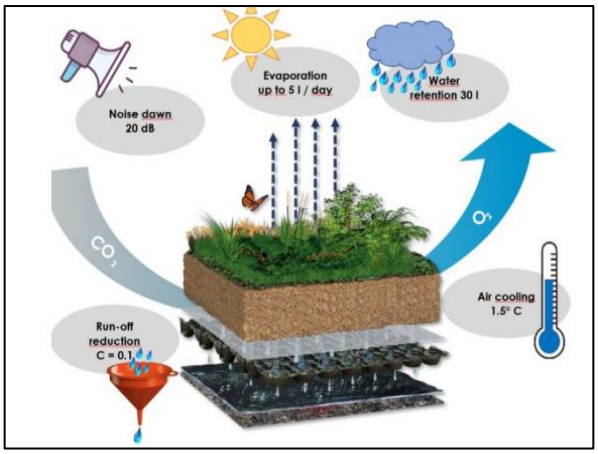
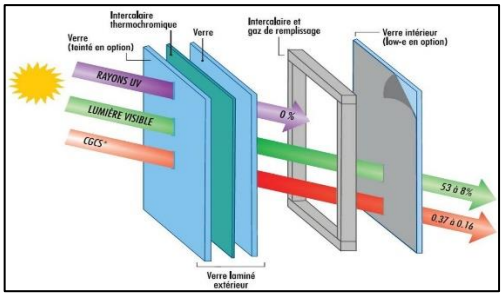
- Les cloisons fixées :

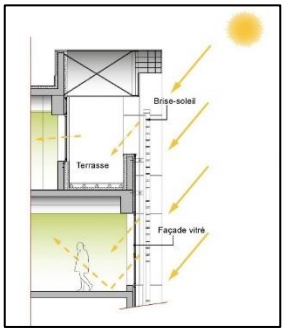
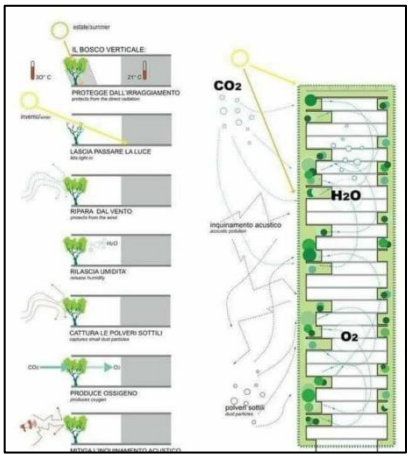
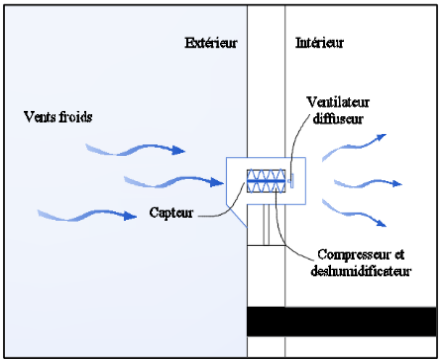


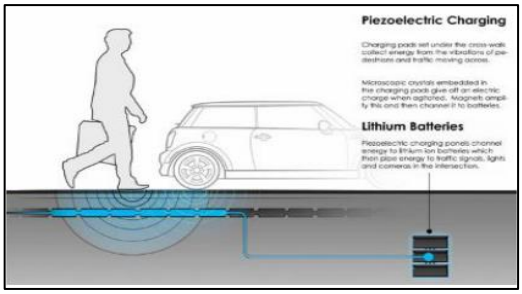
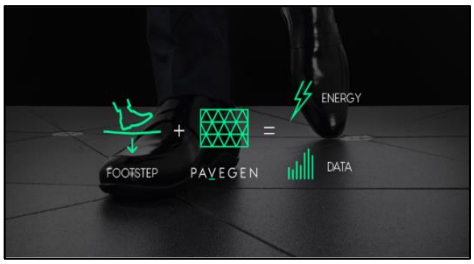
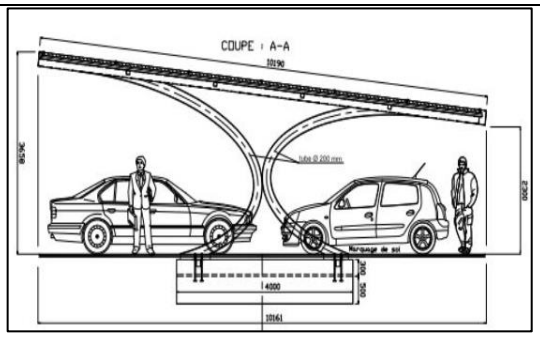
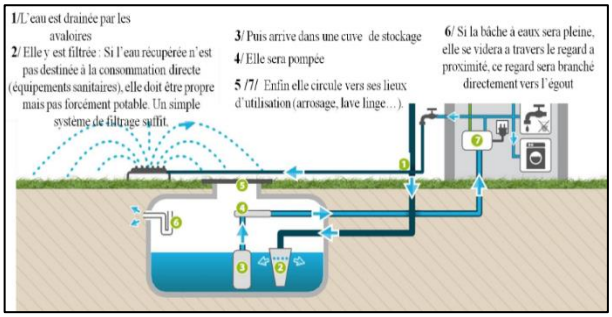
- Les cloisons mobiles :

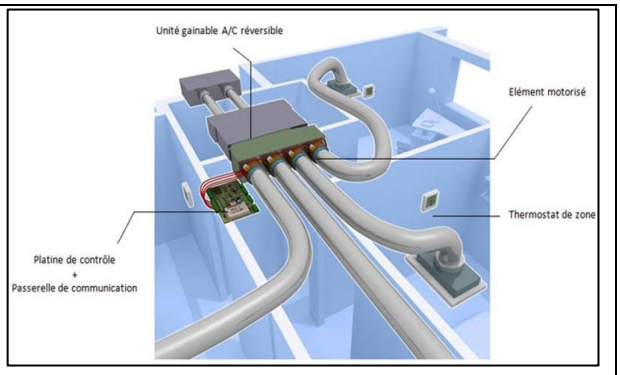
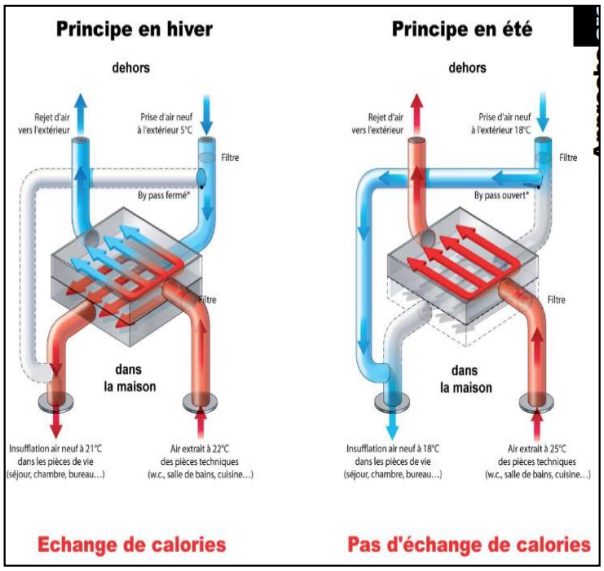
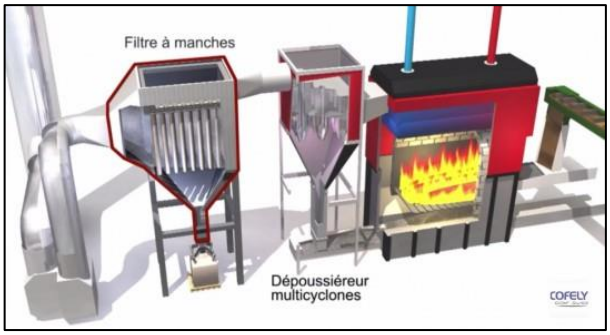


VI-6-3 Les systèmes écologiques utiliser :

Toiture-terrasse végétalisée : Ces toitures permettent de garder la terrasse fraiche en été et de la mettre à l'abri de grands froids l'hiver. Elles se composent de 4 couches distinctes : une membrane d'étanchéité, une couche de drainage et de filtration, un substrat de croissance et une végétale, Parmi leur avantage : Economies de l'énergie, Isolation phonique, Isolation thermique, Protection de la toiture.	
Les murs rideaux : Le mur-rideau est un mur de façade légère doit remplir toutes les autres fonctions d'un mur extérieur soit : isoler thermiquement assurer ou interdire la barrière de vapeur isoler phoniquement résister au feu, résister aux conditions extérieures	
Le verre intelligent thermochromique : Classe vitrage non électro-activé capable de modifier sa couleur en fonction de la température et la courbe du soleil: - Une protection accrue contre le rayonnement solaire et notamment les infrarouges. - Une diminution de de 20 à 60 % du flux de chaleur transmis à travers le vitrage. - Isolation acoustique et réduction du bruit. - Déclenché avec la chaleur, le fonctionnement du verre thermochrome ne nécessite aucun courant électrique comme les autres vitrages intelligents.	

- Une durabilité satisfaisante d'environ 20 ans.	
Brises soleil intelligente : C'est une façade dynamique s'ouvre et se ferme en réponse au mouvement du soleil, réduisant ainsi le gain solaire de plus de 50 pour cent et procurant un environnement plus confortable pour les occupants. **Façade végétalise :** Façade végétale joue le rôle d'une paroi froide très performance, elles se placent au milieu des 3 façades : SUD, OUEST, EST, ainsi elles ont toute la place nécessaire à leur bon développement tout en recevant assez de soleil et d'eau pour leurs besoins : c'est le cas du jasmin, du chèvrefeuille, du lierre.	  
Les capteurs déshumidificateurs : En renfort à la ventilation transversale naturelle et pour remédier au taux d'humidité élevé dans notre site, nous avons disposé, au niveau des façades exposées aux vents froids, des capteurs déshumidificateurs muraux. Ces systèmes permettent de traiter les vents et les décharger en humidité pour une meilleure qualité d'air au sein des espaces intérieurs.	

Le pavegen, produire de l'électricité en marchant : Pavegen est une technologie qui repose sur la piézoélectricité : Il s'agit de plaques incrustées dans le sol et qui récoltent la pression des pas pour générer de l'électricité: Une technologie renouvelable et respectueuse de l'environnement. Pas besoin d'entrée de carburant. Réduire environ 6,817 tonnes d'émissions excessives de CO2 chaque jour par les tuiles dans l'atmosphère.	 
Les ombriere solaires : Offrent une protection des véhicules contre le soleil et le intempéries et permettent de limiter la production de CO2 dûe au recours massif à la climatisation. La structure des ombrières solaires est réalisée en acier.	
Récupération des eaux de pluies : Un éco geste facile à mettre en place. Il permet d'économiser l'eau payante et donc de consommer de manière raisonnée les ressources naturelles. Un système de récupération des eaux pluviales sera mis en place au niveau de la serre qui par l'inclinaison de ses murs et de sa toiture favorisera l'écoulement de l'eau et ainsi la diriger vers un bassin enterré. Cette eau sera utilisée pour l'arrosage des plantes et l'entretien des façades.	

La climatisation centralisée : La climatisation centralisée offre la possibilité de chauffer ou rafraichir plusieurs espaces à partir d'une installation principale, la climatisation gainable utilise un ensemble de conduits qui relie l'élément extérieur aux différents points de diffusion intérieur.	
La ventilation mécanique contrôlée à double flux (VMC) : Une VMC double flux est une ventilation permettant d'insuffler de l'air frais dans les pièces sèches (les serres aride et tempéré) et de l'extraire dans les pièces humides (serre tropicale) formant ainsi un circuit. Elle associe le principe de fonctionnement de la VMC double flux classique à un système permettant de faire varier le débit d'air aspiré et/ou insufflé en fonction de l'hygrométrie.	
La chaudière biomasse : La chaudière biomasse n'utilise pas la combustion de combustibles fossiles, mais la combustion de matières organiques, végétales et animales, par exemple : le bois, des sous-produits du bois comme la sciure et l'écorce, et des résidus organiques tels que la paille et les coques de fruits ainsi que les noyaux d'olive, ce qui la rend très économique à l'utilisation.	

<table>
<tr><th colspan="2">Eclairage</th></tr>
<tr><td>Eclairage solaire Pour les espaces extérieures
Les lampes solaires de jardin fonctionnent à l'énergie solaire Gratuite, en toute autonomie, et vous permettent de réduire votre consommation électrique, pour des économies d'énergies, s'allumant automatiquement à la tombée de la nuit.
 </td><td>Eclairage artificiel :
Une lumière artificielle est prévue à l’intérieur du musée pour éclairer les différents espaces comme la salle de projection et les espaces d’exposition avec un jeu de couleurs et de lumières.
 </td></tr>
</table>

Conclusion générale

«En tant que designer, je me demande pourquoi je ne peux pas concevoir un bâtiment comme un arbre? Un bâtiment qui fait l'oxygène, fixe l'azote, séquestre le carbone, distille l'eau, construit le sol, transforme l'énergie solaire en carburant, fait des sucres complexes et des aliments, crée des microclimats, change de couleur avec les saisons et s'auto reproduit. Ceci est en utilisant la nature comme un modèle et un mentor, non pas comme un inconvénient. C'est une perspective agréable ... »

(Pedersen Zari 2006, McDonough & Braungart 1998)

Conclusion générale

Pour qu'une architecture offre à la vie la dimension de la durabilité, celui qui conçoit doit porter toute son attention à la relation entre l'homme et son environnement.

La bio-inspiration n'est pas une pratique neuve. Elle a su apporter des solutions fiables au fil du temps, en copiant ponctuellement ce qui marche dans la nature, en préservant les sources épuisables de la planète, dont nous avons besoin. Cette discipline peut aussi apparaitre comme un guide prospectif de changement de mentalités, lançant les nouvelles manières de penser les objets de demain. L'étude de cette démarche de conception a permis de comprendre ce panel des atouts et de possibilités infinies dans la nature.

Notre projet de fin d'étude s'oriente toute naturellement vers une étude reliant la conception à la durabilité pour but majeur « la préservation de l'écosystème et la biodiversité » , l'aboutissement de notre projet architectural n'est que le résultat d'une méthodologie qui répond à différents paramètres à la fois spatiaux, fonctionnels, structurelle, et référentiels, avec la prise en considération de l'aspect environnemental qui représente un volet très important dans la conception architecturale; nous avons essayé à travers ce travail d'apporter de nouvelles solutions pour la problématique actuelle de l'environnement à travers une nouvelle thématique (le biomimétisme et la conception biophilique), nous cherchons à concilier l'interaction entre les deux démarches avec la création durable, en utilisant les caractéristique naturelles (animales et végétales) et ses systèmes comme moteur de pensée et d'inspiration architecturale, en projetant un équipement à caractère scientifique et éducatif dans le but de former et sensibiliser le grand public sur la protection et la revalorisation de son environnement, ainsi que le sauvegarde de la biodiversité des différents environnements, sans oublier la recherche scientifique qui permet d'assurer la continuité de leur existence .

Donc cette recherche conclut l'importance de l'intégration de la nature dans la conception architecturale ,d'un part à travers la conception biomimétique comme source d'inspiration pour une ingénierie intelligente et innovante qui peut réduire ou éliminer l'impact négatif de la construction sur l'environnement, et d'autre part à travers la conception biophilique pour améliorer la performance de l'homme dans leur environnement bâti a travers l'intégration des éléments naturelles toute pour créer un environnement plus durable.

Enfin, la nature n'a pas de réponse a tout, le futurologue britannique James WOUDHUYSEN confie que « l'homme moderne a parfois tendance à croire que l'esthétique

devrait imiter la nature. Mais il est naïf de penser que la nature apporte toujours la meilleure solution, et que le fait de simplement copier le biologique pourra résoudre tous les problèmes environnementaux, comme par exemple celui des émissions de CO2.Souvent, la pensée naturaliste ne fait que remplacer une vraie réflexion », dans ce sens l'homme se doit de trouver les solutions aux problèmes qu'ils créent.

Bibliographie :

Ouvrage :

1. Alois Riegl, “The Arabesque” from Problems of style: foundations for a history of ornament, translated by Evelyn Kain, Princeton, NJ: Princeton University, 1992.
2. BAHAMON Alejandro, PEREZ Patrica, « Architecture animale, analogie entre le monde animal et l’architecture contemporaine », Edition l’indédite, collection analogies,(2007).
3. Ball,P.,“Patterns in Nature: Why the Natural World Looks the Way It Does”, The University of Chicago Press, 2016.
4. BENYUS Janine. « Biomimcry : Innovation inspired by nature », New York: William Morrow & Co. , (1997).
5. BENYUS Janine. « Biomimétisme, quand la Nature inspire des innovations durables », édition Rue de l'échiquier, collection lnitial(e) DD , (2011) .
6. Bigner G, « Architecture et écologie, comment partager le monde habité ? », Edition Eyrolles, 2012.
7. BRADBURY Dominici,POWERS Richard, « Maisons naturelles contemporaines»,édition,Thames & Hudson 2011..
8. BROSSARD Pauline, GAUTHIER Clélia, « Architecture et développement durable, un gigantesque défi » édition archibooks. (2010).
9. Christian Lévêque; « La biodiversité au quotidien :Le développement durable à l’épreuve des faits » ; (2008).
10. Claude Vidal & Pol Marquer; « Vers une agriculture européenne durable : outils et méthodes » ; Educagri Ed ;2002.
11. Faurie C., & al, « Ecologie approche scientifique et pratique », 6e édition, TEC ET DOC.
12. Fromm, E. « The Anatomy of Human Destructiveness ». New York: Fawcett Crest. (1973). P 406.
13. GRUBER Petra, « biomimetics in architecture : architecture of life and buildings, Springer-Verlag/Wien », 2011.
14. Gruber, P, “Biomimetics – Materials, Structures and Processes, Biological and Medical Physics”, Biomedical Engineering, New York, 2011.

15. KANASAS .C, The philisophy of Sustainable Design, Ecotone. (2004).
16. KELLERT, S. R., J. HEERWAGEN, et M. MADOR. Biophilic design : The theory, science and practice of bringing buildings to life, s.l., John Wiley & Sons.(2011).
17. LEUNG, D.Y.C.; TSUI, J.Y.; CHEN, F.; YIP, W.K.; VRIJMOED, L.P.; LIU, C.H. «Effects of Urban Vegetation on Urban Air Quality». Landscape Research, v.36, n.2, p173-188, (2011).
18. Matthieu Tétard; « le sauvage dans la ville ; Une approche sociopolitique de la biodiversité urbaine » ;(2012) ;p14.
19. Micheal Pawlyn, « Biomimicry in Architecture », London, RIBA publishing, 2011.
20. MONFORT-WINDELS Fabienne, Le bio mimétisme : la nature formidable source d'inspiration, SIRRIS Centre collectif de l'industrie technologique belge.
21. Natasha Chayaamor-Heil, *et al.*, « Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils ».
22. Panchuk,N.,"An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital &Parametric" [Architectural Design] Waterloo,Ontario, Canada, 2006.
23. Patterns of Biophilic Design (14 Modèles de conception biophilique). New York : Terrapin Bright Green LLC (2016).
24. Pelcé, P." New Visions on Form and Growth", Oxford, 2000.
25. SCHROETER D'orna. Introduction au biomimétisme, traduit par Rachid ROUBA. , (2006).
26. SCHUITEN LUC. « Vegetal city ». Editions Mardaga. Collection : art contemporain. France. (2009).
27. Sylvie Alexandre et al ; « la stratégie nationale pour la biodiversité : bilan et perspective » ;(juin 2010) ; p05.
28. Sylvie Alexandre et al ; « la stratégie nationale pour la biodiversité : bilan et perspective » ;(juin 2010) ; p 05.
29. WILSON, E. O.: « Biophilia, the Human Bond With Other Species ». Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), (1984),p 157 .
30. YAHYA Arun , Bio mimétisme, la technologie imite la nature. (2009). P29.

Thèses et mémoires :

1. Arash Vahedi, "Nature as a Source of Inspiration of Architectural Conceptual Design", M.Sc., Université de la Méditerranée orientale, 2009.

2. BOUDAHI, HAMEK (le biomimetisme comme moyen d'amelioration des conditions microclimatiques dans les villes mediterraneennes), Mémoire de master, Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel, 2019.
3. Hala Sayed Mahmoud Sayed Aamer,(Bio-Form Mimicry in Architectural Design),Master Génie architectural, Université Benha du Caire, Égypte.2021.
4. Hadbaoui ; « Pratique du biomimétisme dans l'architecture bioclimatique : Essai sur la performance énergétique des enveloppes architecturales autonomes responsives dans un climat aride », université de Constantine, 2018.
5. Mle. ABROUS Imane, Mle. BATTOU Lynda .Mézaïa's Ecorium ; pour la conservation et la gestion durable des écosystèmes. Mémoire de master. Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou. (2019).
6. Rania Mnif 2019, Quand l'architecture écoute la nature.
7. TOUIER , HAROUCHE (le biomimétisme dans le cadre du design durable), Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel 2016

Articles et Rapport:

1. Abeer Samy Yousef Mohamed ; «biomimetic architecture : creating a passive defense system in building skin to solve zero carbon construction » dilemma EQA 29, (2018).
2. Bagh-e Nazar," Inspiration from Nature in the Training of Structural Design in Architecture", Article, The Scientific Journal of Nazar research center, 2019.
3. BICHARI Thakur, « Social_Ecological_and_Economic_Values_of_Biodiversity ».
4. Biomimicry3.8&The Biomimicry Institute AskNature 2016.
5. Cook-Patton S.C. & Bauerle T.L.« Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs » : Aliterature review. J. Environ. Manage., 106, p 85–92. (2012).
6. Dosen, A.S., et M.J. Ostwald .Prospect and Refuge Theory: Constructing a Critical Definition for Architecture and Design [Théorie de refuge et de perspective : construire une définition critique d'architecture et de design]. The, international Journal of Design in Society, (2013).
7. Drabo Ibrahima « Activités anthropiques et menaces sur la Biodiversité »2009.
8. Kellert, S.R. et Wilson, E.O. « The Biophilia Hypothesis ». Island Press, Washington DC. (1993).

9. D. Aslan and S. A. Selçuk, "A Biomimetic Approach to Rainwater Harvesting Strategies Through the Use of Buildings," Eurasian Journal of Civil Engineering and Architecture, vol. 2, no. 1, , 2018, pp. 27-39, 2018.
10. G.M.YELER et S.YELER, « Models From Nature For Innovative Building Skins»," Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, vol. 3, no. 2, (2017) , pp. 142-165.
11. Jamsari, E. A., Nawi, M. A. M., Sulaiman, A., Sidik, R., Zaidi, Z., and Ashari, M. Z. A. H., "Ibn Firnas and his contribution to the aviation technology of the world," Advances in Natural and Applied Sciences, 2013, vol 7, p 74-79.
12. Jin K., Park,K.,"The Design Characteristics of Nature-inspired Buildings", Université de Sungkyul, Anyang, Corée du Sud,2018.
13. LEUNG, D.Y.C.; TSUI, J.Y.; CHEN, F.; YIP, W.K.; VRIJMOED, L.P.; LIU, C.H.(2011) « Effects of Urban Vegetation on Urban Air Quality».2011.
14. M. Shahda et autres ,«Biomimicry Levels as an Approach to the Architectural Sustainability», Port Said Engineering Research Journal, (2014).
15. Nelly Ramzy, « sustainable spaces with psychological connotation: historical architecture as reference book for biomimetic models with biophilic qualities », Journal international de recherche architecturale,2015, Vol 09,n°2,P 251.
16. Pedersen Zari, M. « Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability ». The SB07 NZ sustainable building conference. Auckland. (2007).
17. Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire, 2005, p5.
18. Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire.
19. Sheweka, S.M. Magdy Mohamed, N. « Green façades as a new sustainable approach towards climate change », Energy Procedia N°18, pp.507–520. (2012).
20. T. Duzenli and E. &. A. D. Tarakci, "Concept Of Sustainability and Biophilic Design In Landscape Architecture," The Journal of Academic Social Science, Haziran, 2017.

Cours :

1. Cours sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes de Mouquet N.
2. Hadbaoui ; « Pratique du biomimétisme dans l'architecture bioclimatique : Essai sur la performance énergétique des enveloppes architecturales autonomes responsives dans un climat aride »,université de Constantine, 2018.
3. La pensée constructive en Architecture (pdf fichier).

4. MEDJELEKH Dalel, « cour : Approche biomimétique en architecture, enveloppe adaptative et matériaux actifs », Université Badji Mokhtar Annaba ,2021.P 2.
5. Santiago Calatrava, City of arts and science : The similarity of elements(pdf fichier). Université de Montpelier, France.

Document gouvernementaux :

1. Agence nationale d'aménagement du territoire.
2. Document administratif : PDAU de la ville de jijel.
3. Document administratif : Pos d'El Aouana.
4. Le ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme, Laouar S.,« Etat de la biodiversité en Algérie », 2009
5. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnent, Projet MATE-PNUD-FEM, Etude diagnostique sur la biodiversité et les changements climatiques en Algérie, 2015.
6. URBEO. « Le biomimétisme, une source pour l'architecture durable ». (2014*
7. Walter V & al., « Rapport de synthèse de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire MEA», 2005.

Sites web :

1. Site de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire : https://www.millenniumassessment.org/fr.
2. https://www.leonardo-da-vinci.net/fr/machine-volante/
3. https://www.researchgate.net
4. Rossin,2010 :www.biomimcryquild.com
5. https://city-breaker.com/glasgow-musees-incontournables
6. http://www.temples-egypte.net/philae/isis/cour/colonnade/colonnadeEst.html
7. http://rue-des-9-templiers.eklablog.com/le-nombre-d-or-a210231680
8. https://www.pinterest.com/.
9. https://www.archdaily.com
10. http://vincent.callebaut.org.
11. :https://www.architecturaldigest.
12. www.ectorparking.com
13. www.skyscrapercity.com

14. www.bbc.com,www.microscopies.com
15. http://planbuisson.com/la-pepiniere-bambous-dordogne-perigord,
16. https://spftpe.wordpress.com
17. https://ezgrogarden.com/history-of-hydroponics-2/the-gardens-of-babylon/
18. https://www.atlasobscura.com/places/auerworld-palace.
19. https://www.spain.info/fr/decouvrir-espagne/alhambra-grenade-recommandations/
20. http://www.valencia-cityguide.com/es/atracciones-turisticas/ciudad-de-las-artes-y-las-ciencias.html.
21. www.valence-espagne.org
22. 3dwarehouse.sketchup.com
23. https://structurae.net/fr/ouvrages/palau-de-les-arts-reina-sofia
24. wikiarquitectura.com
25. https://noticias.arq.com.mx/Detalles/14527.html
26. https://www.cac.es/en/museu-de-les-ciencies/servicios.html
27. www.entradas-valencia.com
28. http://www.spainisculture.com
29. https://arquitecturaviva.com/obras/museo-de-las-ciencias
30. https://www.valence-espagne.org/cac/umbracle.htm
31. http://www.tecnum.net/oceanografic.html
32. https://planetofhotels.com/guide/en/singapore/singapore/gardens-bay
33. https://grant-associates.uk.com/projects/gardens-by-the-bay
34. https://mavink.com/explore/Gardens-by-the-Bay-Singapore-Plan
35. https://www.calacademy.org/scientists/academy-fellows
36. https://www.calacademy.org/map
37. http://map-of-paris.com
38. https://lasentinelle.dz/index.php/2022/08/18/tourisme-jijel-plus-attractive-que-jamais/
39. http://horizonsŕdz.com.
40. https://www.wikiwand.com/en/City_of_Arts_and_Sciences.
41. https://www.afterclasse.fr/fiche/287/la-biodiversite-resultat-et-etape-de levolution/schema.
42. https://www.sciencelearn.org.nz.
43. Dictionnaire.sensagent.leparisien.fr.
44. Open éducation journal.
45. http://www.ccsti.fr/fr/acteurs/la_charte.html.

Annexe

Interprétation des Résultats de la simulation :

Indicateur de performance thermique de l'enveloppe (U bat) :

Le premier tableau nous donne des informations globales du bâtiment notamment la SRT la surface utile ainsi que le volume de la partie du projet étudié. L'indicateur de performance thermique de l'enveloppe Ubat égale à 0.9 W/m². K : donc il est dans le cas favorable e qui démontre une performance de l'enveloppe qui répond aux exigences de la RT 2012.

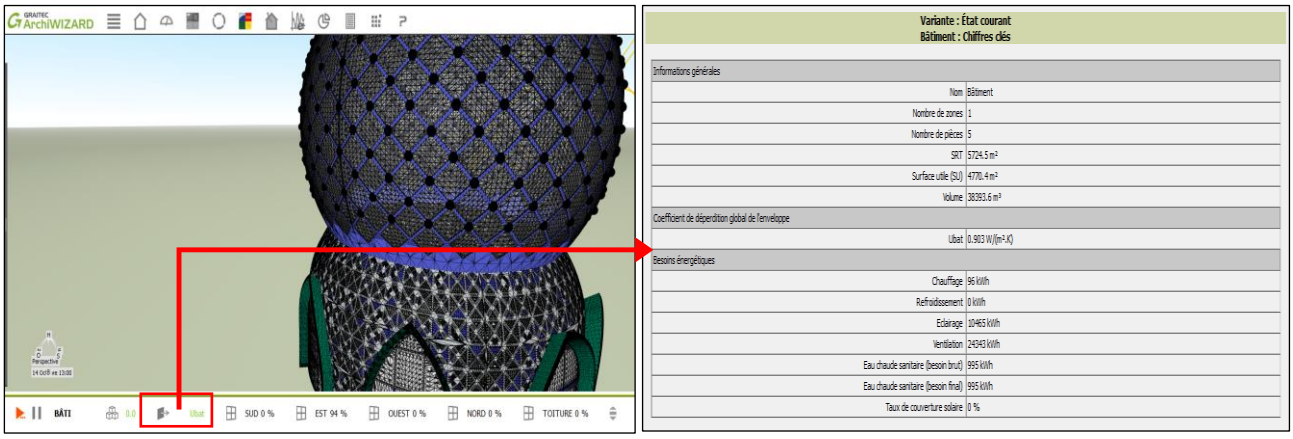


Figure : la valeur Ubat de la partie étudiée.
Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur.

Ration de transmission thermique linéique moyenne globale) :

Pour les paramètres du comportement thermique du bâtiment. Le premier paramètre à constater et le ratio Ψ de transmission thermique linéique moyen global qui est calculé comme suit Ψ = Σi (Ψi x Li) / SRT. La RT 2012 exige qu'il soit inférieur à 0.28 W/ (m2SRT.K). Selon les résultats analytiques on note que ce ratio dans notre bâtiment est de 0.07 W/ (m2SRT.K) et donc répond aux exigences de la RT 2012.

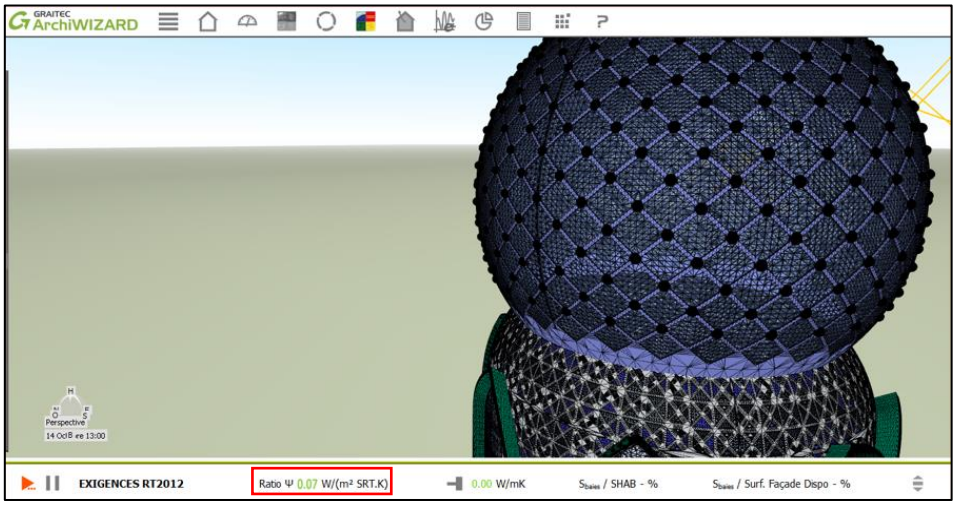


Figure :la valeur Ratio de la partie étudiée.
Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur.

Le Besoin bioclimatique (Bbio) :

D'après les résultats obtenus on constate que la valeur des besoins bioclimatiques de notre bâtiment est de 208.3 et les besoins bioclimatiques maximales est de 225 et donc Bbio < Bbiomax, ce qui répond aux exigences de la RT 2012.

La consommation conventionnelle en énergie primaire annuelle (Cep) :

Dans notre projet, le Cep est de 243 contre 598 pour le Cep max, ce qui est conforme aux exigences de la RT 2012.

Bâtiments	Bâtiment
Département	59 - Nord H1a (59)
SRT en m²	4400.0
Bbio en pts	207.3
Bbiomax en pts	225.0
Cep en kWhep/(m².an)	243.0
Cepmax en kWhep/(m².an)	598.0
Aepenr* en kWhep/(m².an)	5.1

Les besoins énergétiques :

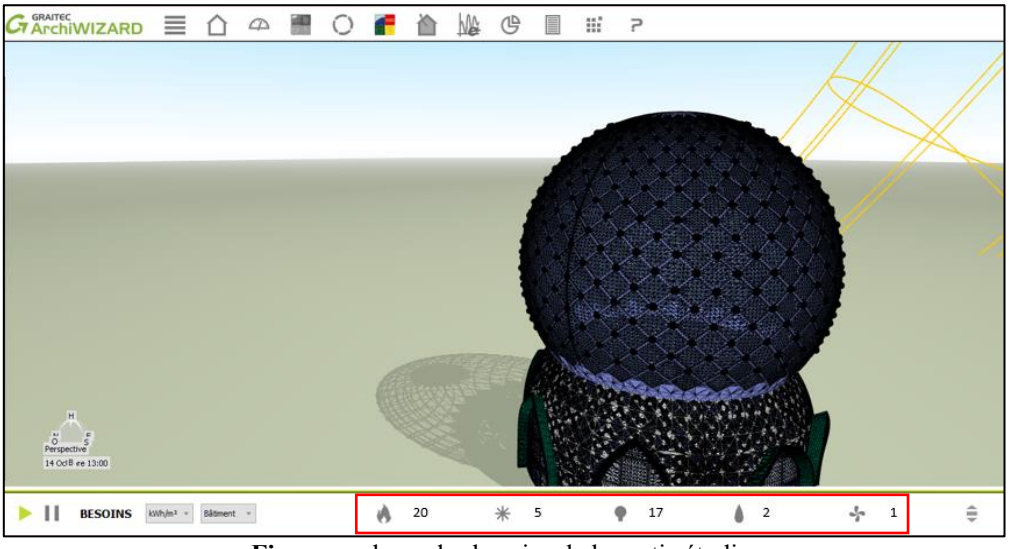
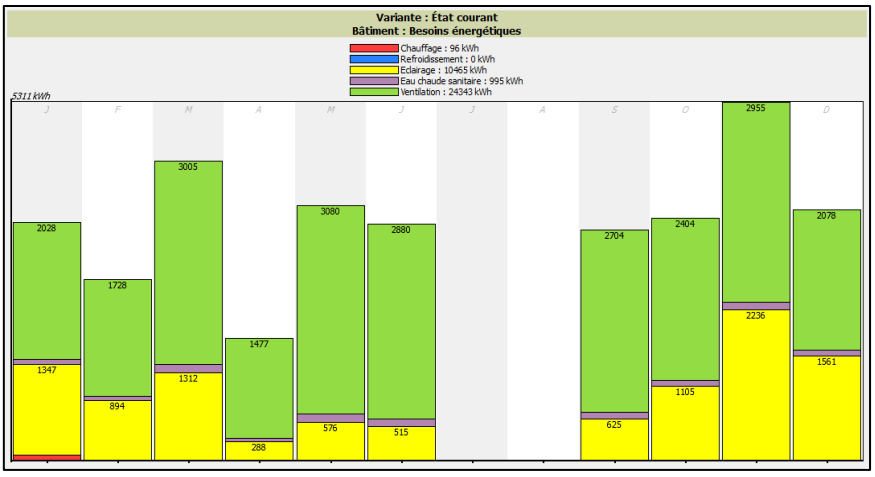


Figure : valeurs des besoins de la partie étudier
Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

Les Besoins	Les Valeurs	Totale
Besoin annuel de chauffage du bâtiment	10	45
Besoin annuel de refroidissement du bâtiment	5	
Besoin annuel d'éclairage du bâtiment	17	
Besoin annuel brut d'eau chaud sanitaire du bâtiment	2	
Besoin annuel de ventilation du bâtiment	1	

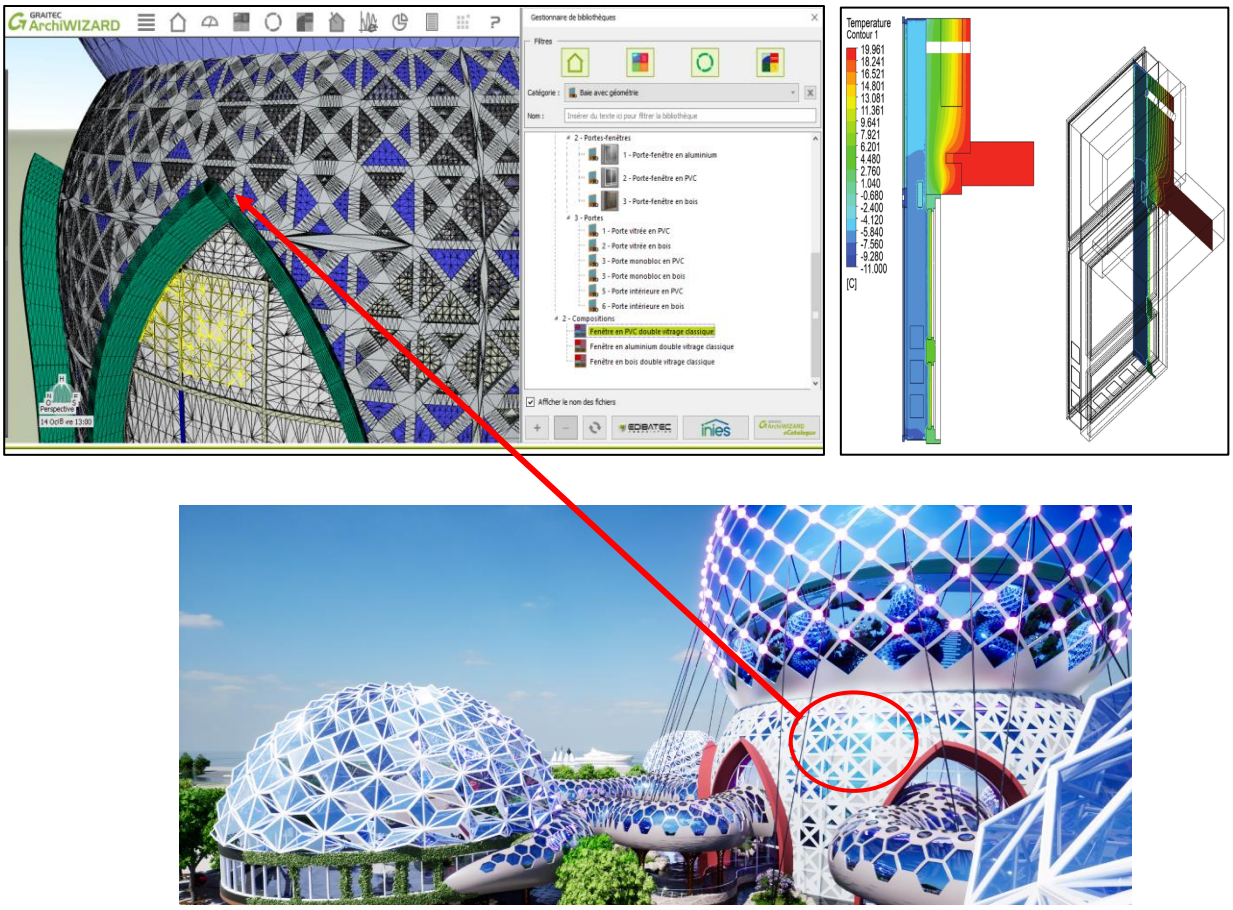
Tableau : valeurs des besoins de la partie étudier
Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

Eclairage	1347	894	1313	288	577	516	0	0	625	1105	2237	1562	10465
Eau chaude sanitaire	83	69	124	60	124	120	0	0	111	97	120	87	995
Ventilation	2029	1728	3005	1478	3080	2880	0	0	2705	2404	2955	2079	24343

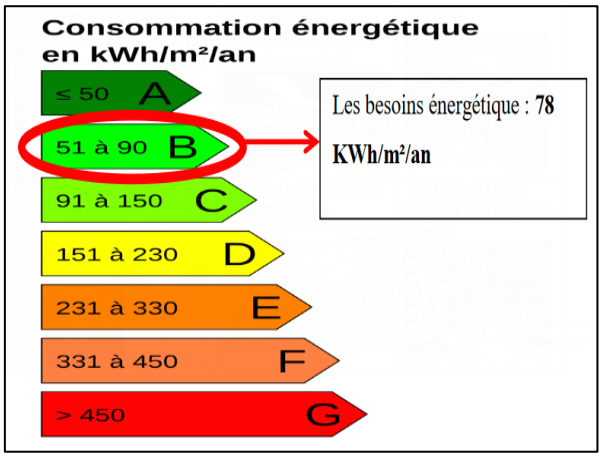


La Façade double peau :

Après l'installation de la façade double peau autour de l'élément centrale, nous avons constaté qu'il y a un équilibre entre la consommation énergétique à travers l'isolation thermique et la gestion de Ventilation Naturelle de la façade double peau.



Les résultats de la simulation montrent des niveaux acceptables aussi bien pour les besoins de confort intérieur que pour les indicateurs globaux de performance. Nous avons constaté que le meilleur emplacement de la façade double peau permet de couvrir la demande annuelle avec efficacité énergétique optimale.



L'imagerie solaire :

Après avoir l'étude de simulation sur le modèle numérique sur la partie de mon projet les résultats afficher comme suite:

La valeur minimale est 29W/m², il est marqué dans la coupole de projet.

La valeur maximale est 205W/m², il est marqué les décrochements qu'ils sont le meilleur emplacement de la façade double peau pour une meilleur isolation thermique.

On opte que la classification du projet est en classe A avec une consommation entre 74% et 96%.

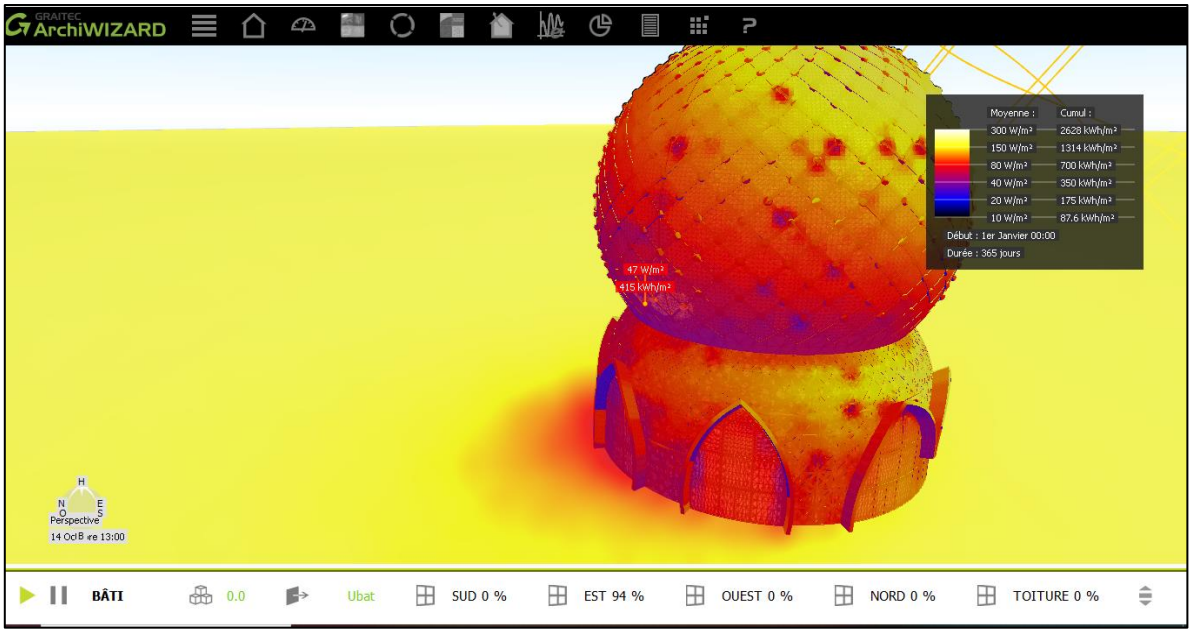


Figure : Imagerie du projet, **source** : Auteur.

Conclusion :

La simulation est un outil efficace pour l'étude en architecture environnementale qui aide l'architecte soit à la phase conception ou à la phase rénovation, ainsi que l'estimation réelle de la consommation d'énergie et aussi le pourcentage d'inconfort.

Donc la simulation est nécessaire pour la validation des solutions architecturales préposées.

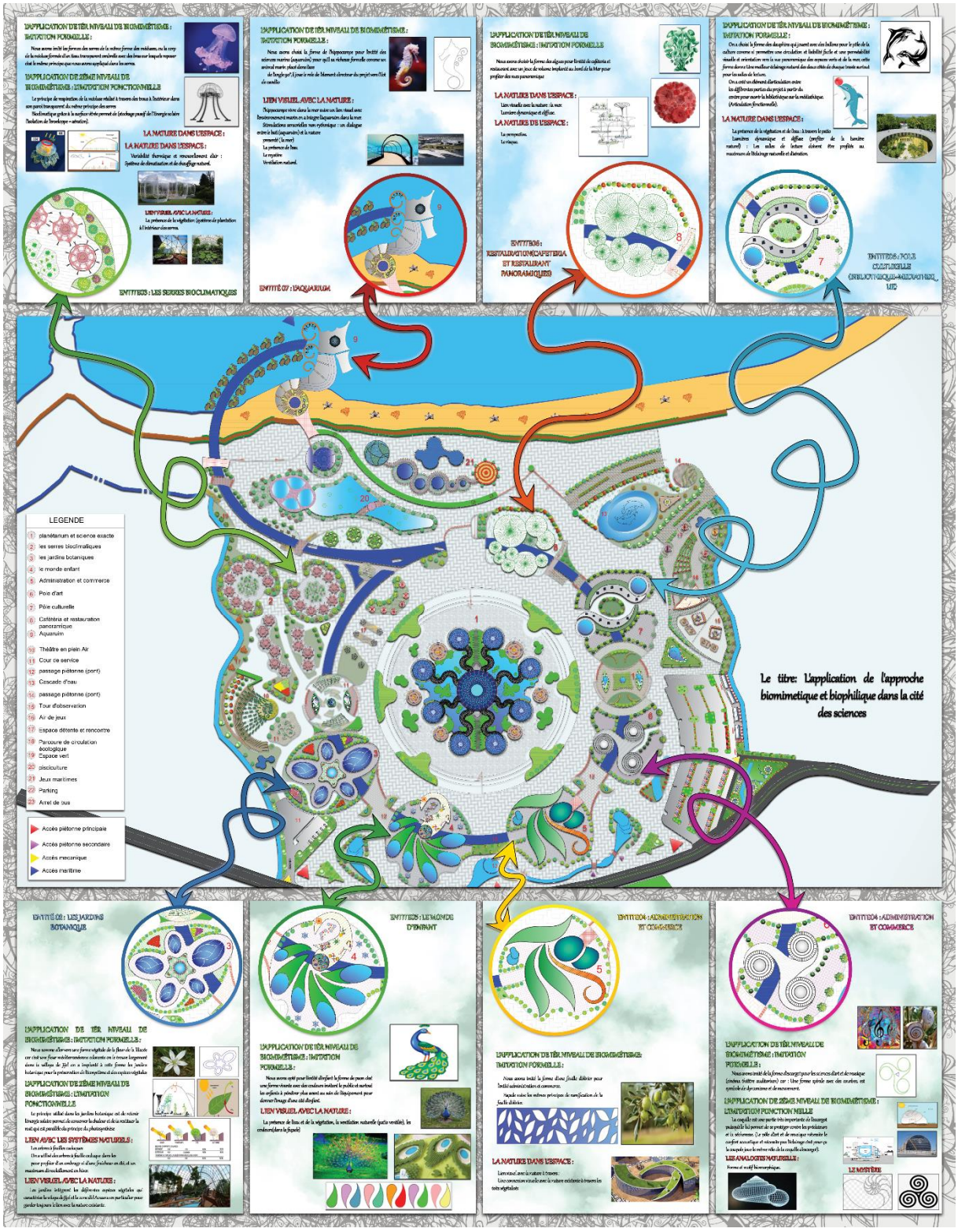
Pour une architecture de meilleure efficacité énergétique il est importé d'adopté une démarche globale intégrant :

-Une conception passive.

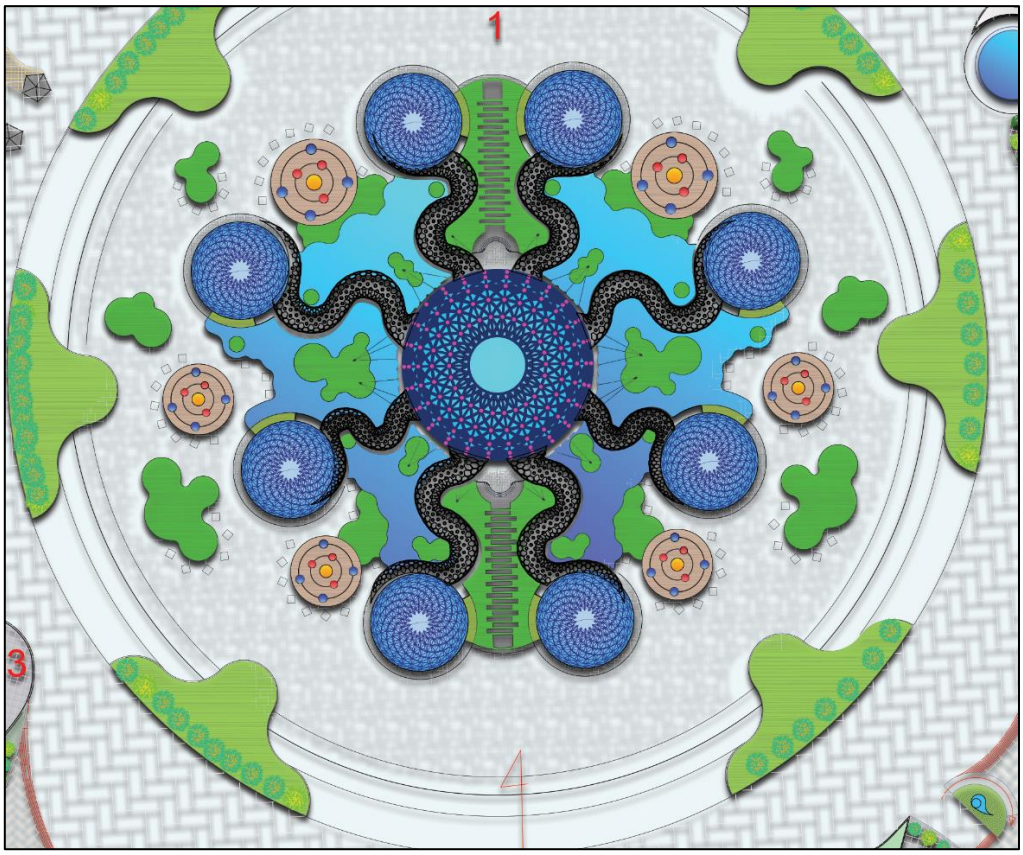
-Rationalisation de la consommation énergétique à travers une démarche d'optimisation basée sur la simulation architecturale.

-Intégration de la façade double peau comme élément dans le projet architectural.

L’application de l’approche biomimétique et biophilique au niveau du plan d’aménagement :

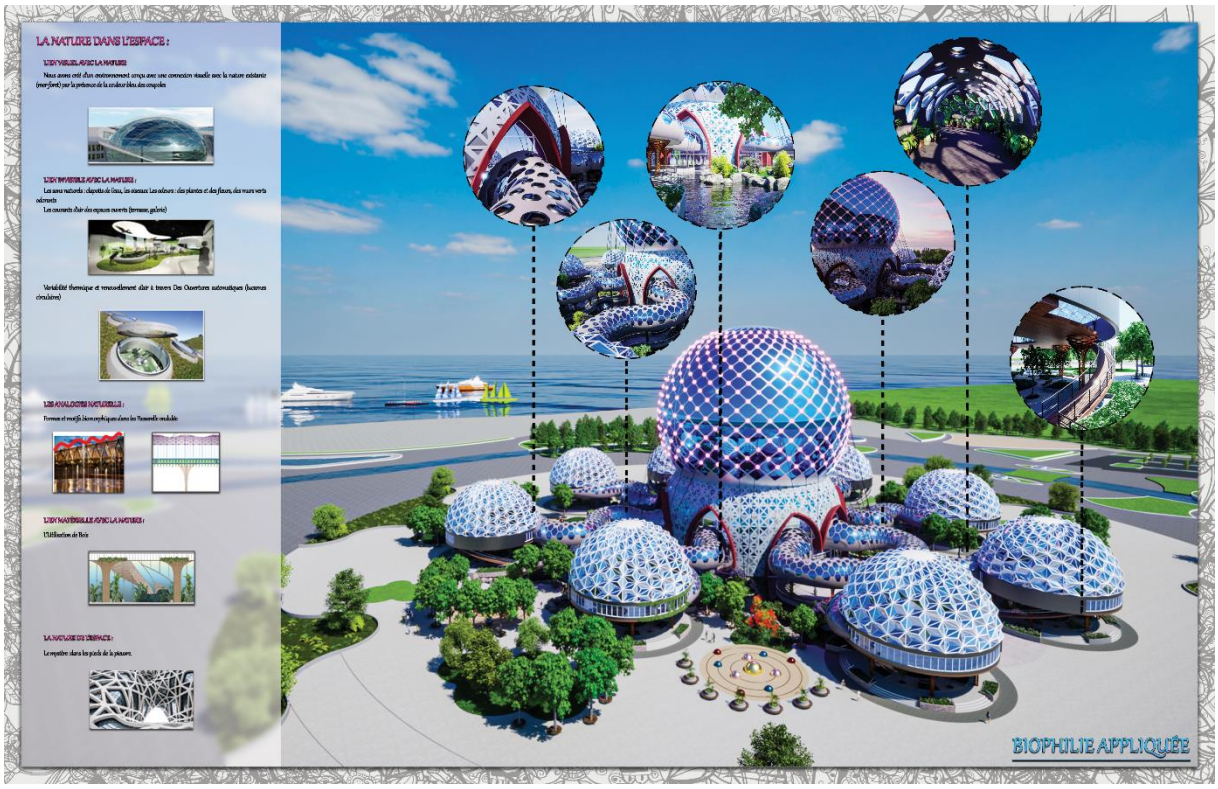


Le plan de masse de l’entité planétarium et sciences exacte inspirée de la pieuvre(la partie détaillée) :

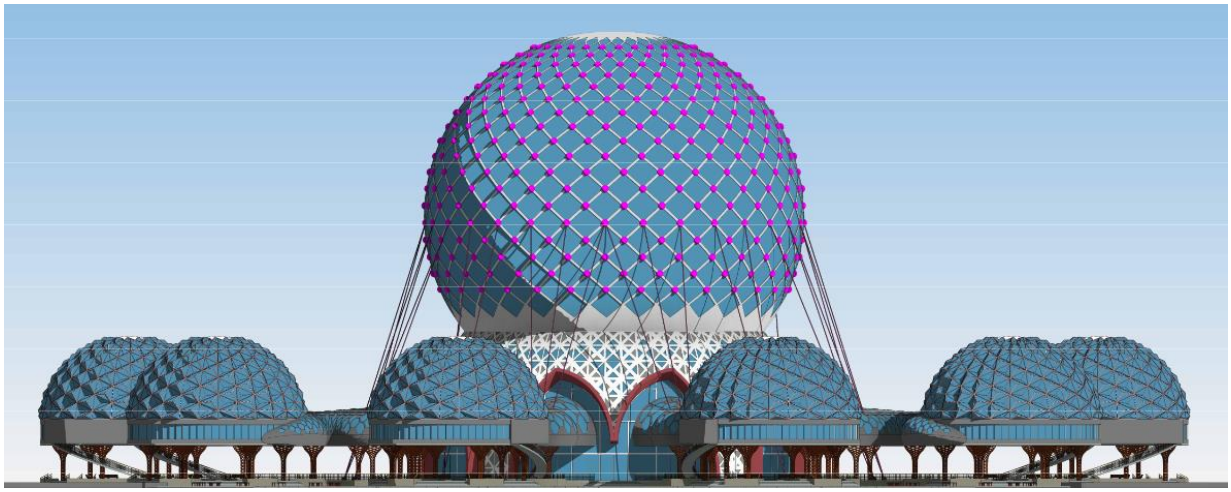
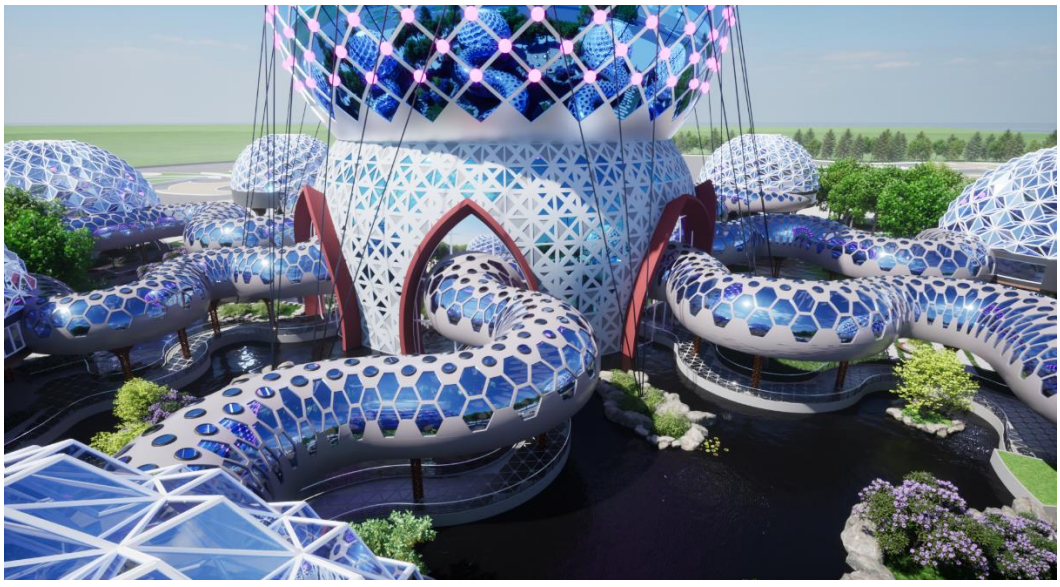
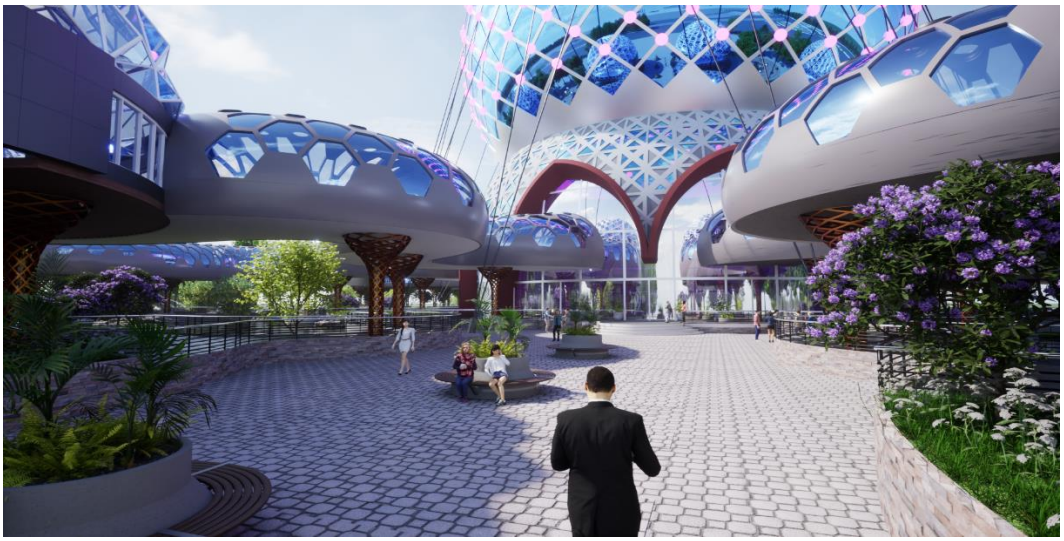
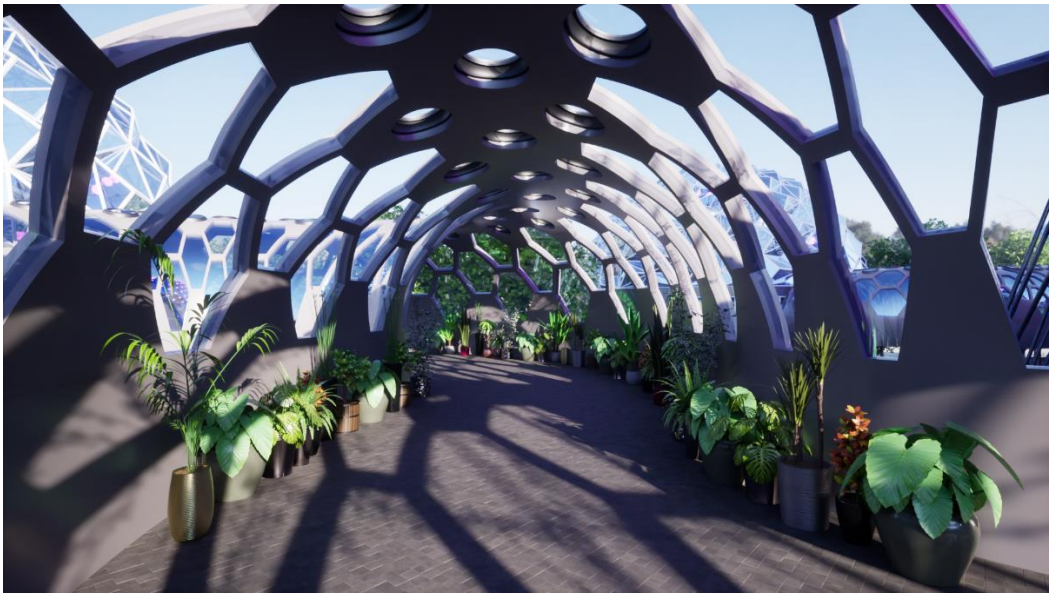
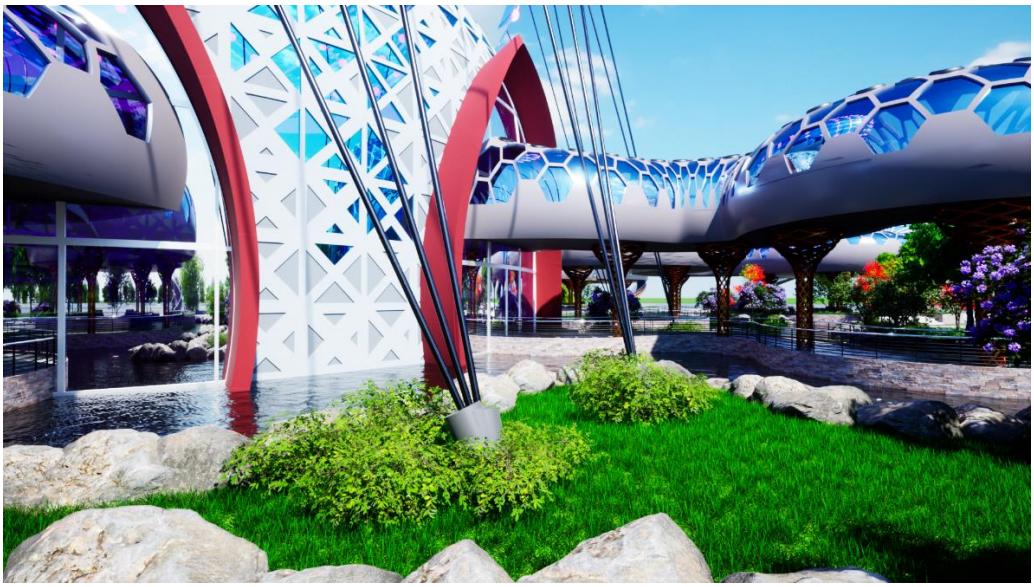
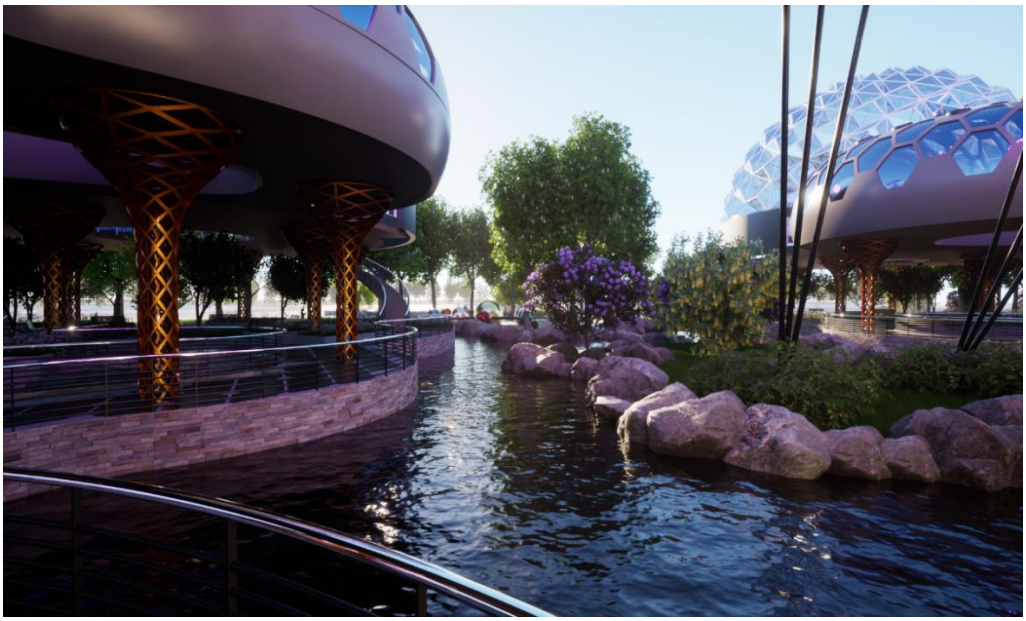
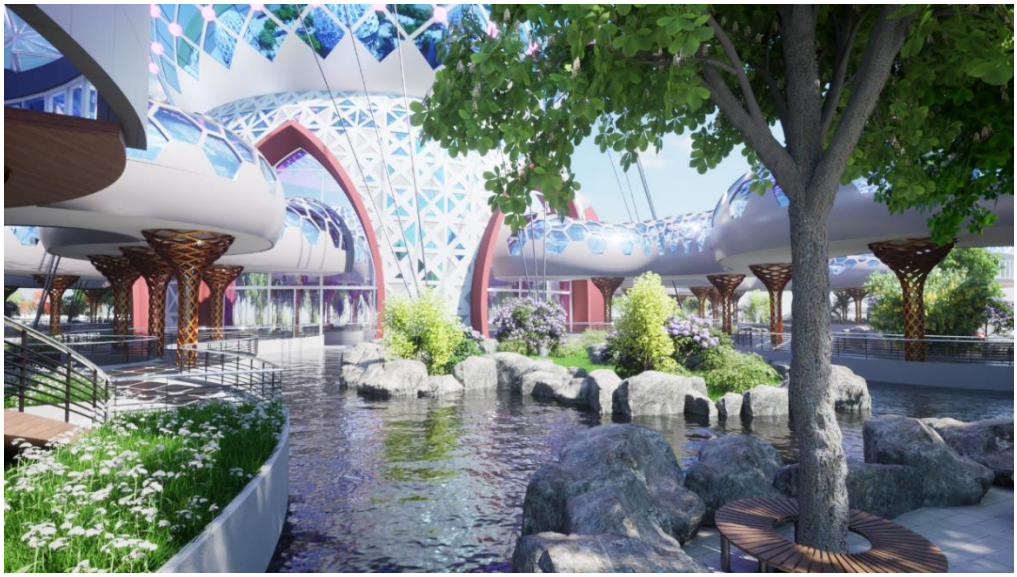
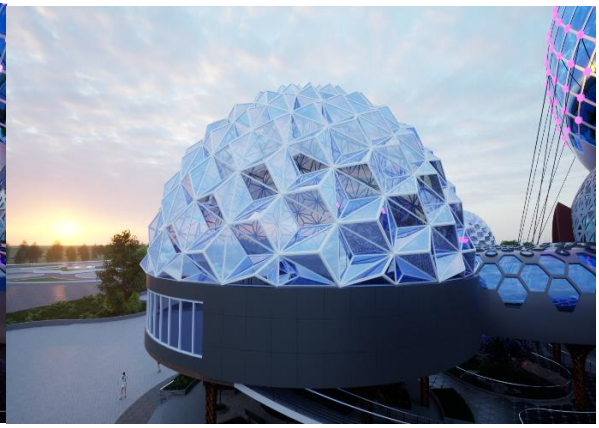
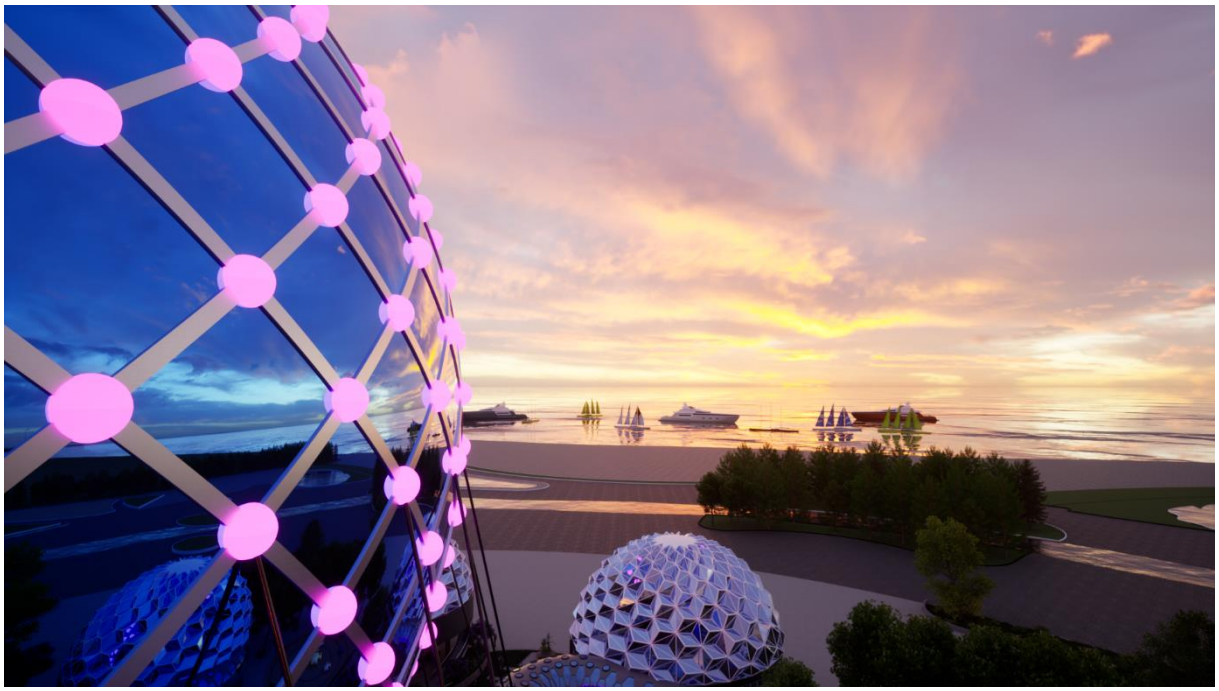


L’approche biomimétique appliquée au projet :

L’approche biophilique appliquée au projet :



La façade du projet :



Les Vues 3D du projet :