



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA -01-  
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME  
Département d'Architecture

## **Mémoire de Master en Architecture.**

**Option : Architecture, Environnement et technologie**

### **Thème de recherche**

Effacité verdoyante : l'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal

**P.F.E** : La conception d'un complexe de bien-être à la ville de  
TIPAZA «BE-WELL »

### **Présenté par :**

-ALIKACEM AMEL RANIA, 191932037664

-FERGANI RADHIA, 191932037999

### **Encadré(e)(s) par :**

-DR. BENCHEKROUN MARWA

-DR. BABA SLIMANE NOUR EL HOUDA

-DR. KAOULA DALEL

### **Membres du jury :**

**Président(e)** : Dr. DJELLATA AMEL. (MCA).

**Examineur** : DR. BOUKARTA SOUFIANE. (MCB).

**Année universitaire : 2023/2024**

## REMERCIEMENTS

كَانَ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِذَا أَتَاهُ الْأَمْرُ يَسْرُهُ، قَالَ: «الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي بِنِعْمَتِهِ تَتِمُّ الصَّالِحَاتُ»

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Avant d'entamer ce projet de fin d'études, nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à Dieu, le Tout-Puissant. C'est grâce aux qualités qu'Il nous a accordées - courage, force et patience - que nous avons pu mener à bien ce modeste travail, surmonter les obstacles rencontrés en chemin et accomplir cette étape importante de notre parcours académique.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude chaleureuse envers nos trois promotrices, **Dr.BENCHEKROUN Marwa, Dr.BABA SLIMANE Nour el houda et Dr. KAOULA Dalel**. Nous les remercions pour leur présence, leur soutien, leurs conseils et critiques constructifs, ainsi que leur patience avec nous. Leur apport considérable a été essentiel pour le succès de ce travail, sans lequel il n'aurait pas pu atteindre son plein potentiel.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers tous les enseignants de l'institut d'architecture et d'urbanisme de l'université BLIDA – 1, particulièrement, **Mr. CHAOUATI Ali, Mr. ZEDDAM Reda et Mr.DJAZIRI KHEIREDDINE**. Leur engagement, leur expertise et leur passion pour l'enseignement ont été une source constante d'inspiration et de motivation pour nous. Grâce à leurs efforts, leurs conseils éclairés et leur soutien, nous avons pu acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour mener à bien notre projet.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers nos chers parents et nos familles pour leur amour, leur soutien inconditionnel et leurs sacrifices constants. Leur encouragement a été essentiel pour notre succès académique. Nous remercions également notre **équipe d'atelier Ecobuilt** pour leur collaboration, leur esprit d'équipe et leur engagement indéfectible et leur aide précieuse tout au long de l'année.

Enfin, nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin.

## Dédicace 01

Le voyage n'a pas été court, et il ne devait pas l'être. Le rêve n'était pas proche, ni le chemin parsemé de facilités, mais aujourd'hui, enfin, voici le jour tant espéré, celui vers lequel j'ai tant travaillé et attendu avec patience. Je suis reconnaissant envers Dieu Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force et le courage nécessaires afin de réussir ce travail de fin d'études.

Je suis honorée de dédier ce travail à :

**À mes chers parents**, à travers chaque étape de ma vie, votre amour et votre soutien ont été mes piliers. Vous m'avez appris la valeur du travail acharné, de la compassion et de la persévérance. Chaque succès que j'ai rencontré est le reflet de votre dévouement et de vos sacrifices. Merci d'avoir toujours cru en moi et pour tout l'amour inconditionnel que vous m'avez donné. Vous êtes mes héros et mes inspirations. Que Dieu vous protège et vous bénisse pour tout ce que vous avez fait pour moi.

**À mon cher grand frère**, je tiens à te dédier cette reconnaissance spéciale pour ton soutien inégalé et ton aide précieuse, surtout durant ma première année, où ton expérience a été un phare pour moi. Tu es bien plus qu'un frère pour moi : un guide constant et un soutien essentiel qui m'a permis de progresser et d'apprendre. Ta présence aimante et tes conseils éclairés ont été des piliers sur lesquels je me suis appuyée. Je te suis profondément reconnaissante d'être là pour moi.

**Une dédicace spéciale pour mon frère Kamel**, je tiens à vous exprimer un immense merci pour votre dévouement sans faille envers moi au cours de ces cinq dernières années. Vous avez sacrifié votre temps, vous m'avez attendu du matin au soir, et votre soutien inconditionnel a été d'une valeur inestimable. Vos questions et votre intérêt pour mon travail cette année ont été un soutien précieux, que j'apprécie énormément. Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi.

**À ma sœur Hakima et mes neveux Anfel, Malek, et Wassim**, je vous dédie ces mots avec tout mon amour et ma tendresse. Que chaque jour soit rempli de bonheur, de rires et de moments précieux partagés ensemble. Vous illuminez ma vie de bonheur, et je suis profondément reconnaissant de vous avoir auprès de moi.

**À toute l'équipe d'Atelier « EcoBuilt » et à mes chères "girls"**, nous avons vécu ensemble cinq années d'inspiration, de collaboration et de succès. Votre présence chaleureuse a enrichi ce

parcours de manière inoubliable. Je vous remercie pour votre dévouement constant, votre soutien indéfectible et l'amitié précieuse que nous avons partagée.

**À ma binôme FERGANI Radhia**, ces cinq années ont été un chemin de croissance personnelle, d'apprentissage mutuel et de succès partagés. Ta présence à mes côtés a été un soutien inestimable qui a rendu chaque défi plus surmontable et chaque victoire plus significative. Je te suis reconnaissante pour ta collaboration constante et ton dévouement. Les souvenirs que nous avons créés ensemble resteront gravés dans ma mémoire, et je suis profondément reconnaissante d'avoir partagé cette expérience exceptionnelle avec toi.

À tous les enseignants qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours académique, surtout **DR. BENCHEKROUN MARWA, DR BABA SLIMANE NOUR EL HOUDA et DR. KAOULA DALEL, Mr. CHAOUTI ALI, Mr.ZEDDAM REDA et Mr.DJAZIRI KHEIREDDINE.**

Et à tous ceux qui, par leur présence, leur soutien, leur contribution, de près ou de loin, ont participé à l'élaboration de ce travail, je souhaite exprimer ma profonde gratitude. Je tiens également à remercier le Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, le courage et la patience nécessaires pour concevoir, préparer et présenter ce modeste travail.

**ALIKACEM Amel Rania**

## Dédicace 02

Ce mémoire est dédié aux personnes qui ont été mes plus grandes sources de soutien, d'inspiration et de joie tout au long de ce parcours.

**À mes parents :** merci pour votre soutien inconditionnel et votre confiance en moi. Votre amour et vos encouragements m'ont donné la force et la détermination de poursuivre mes rêves. Merci pour votre soutien inconditionnel et votre confiance en moi. Vous êtes la lumière qui guide mon chemin, et ce mémoire est autant le vôtre que le mien.

**À mes sœurs, Rofaida et Sara :** votre affection et votre soutien constant m'ont toujours réconfortée. Merci d'être mes meilleures amies et mes complices. Vous avez été mes piliers, mes confidentes et mes sources de joie. Votre amour inconditionnel et vos encouragements m'ont permis de croire en moi-même et de surmonter les défis. Je suis infiniment reconnaissante pour tout ce que vous avez fait pour moi. Vous êtes une bénédiction dans ma vie et je chéris chaque instant passé à vos côtés

**À mes frères, Abdellah et Mohamed :** votre présence et vos encouragements ont été essentiels à ma réussite. Merci pour votre amour et votre soutien sans faille.

**À mes meilleures amies, Aliaa et Ikram :** votre amitié a été une source inépuisable de joie et de réconfort. Merci d'avoir toujours été là pour moi, dans les bons comme dans les mauvais moments. Votre amitié est un trésor précieux que je chéris de tout mon cœur.

**À mes copines "girls", widad , ikram , Fatima, Lylya , ines, Selma, Abir , Amina, wissal ,chaymaa ,kaouther :** votre amitié et votre soutien m'ont beaucoup aidée tout au long de ce voyage. Merci pour votre présence, votre encouragement et les innombrables souvenirs que nous avons partagés. Votre chaleur, votre rire et vos mots gentils ont embelli ce parcours et rendu les moments difficiles plus supportables. Je chéris chaque instant passé ensemble et je suis reconnaissante de vous avoir dans ma vie.

**À l'équipes d'EcoBuilt et ibdaa club :**

Merci pour les souvenirs inoubliables et pour votre collaboration. Votre esprit d'équipe et votre dévouement ont été une grande source d'inspiration.

**À ma meilleure binôme pendant cinq années amel :**

Merci pour ton soutien indéfectible, ta patience et ton engagement tout au long de ces années. Ta collaboration et ton amitié ont rendu ce parcours beaucoup plus enrichissant et agréable. Je suis extrêmement reconnaissante d'avoir partagé cette aventure avec toi.

**FERGANI Radhia**

## **Résumé :**

Face aux défis posés par les changements climatiques, de nombreux pays ont intensifié leurs efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et promouvoir les énergies renouvelables. Le secteur du bâtiment, particulièrement énergivore, adopte une approche globale appelée conception biophilique. Cette approche vise à intégrer des stratégies passives qui réduisent l'impact environnemental tout en améliorant le confort des occupants.

Notre étude se concentre sur l'application des principes de la conception biophilique pour optimiser le confort thermique dans un centre de bien-être. Nous avons mené une recherche approfondie sur les principes biophiliques et les stratégies passives, identifiant un ensemble de paramètres favorisant une amélioration du confort thermique.

Le projet vise à répondre aux besoins d'un centre de bien-être en utilisant des éléments tels que la lumière naturelle, la végétation intérieure, des matériaux naturels, la ventilation naturelle, et l'intégration de l'eau pour créer un environnement intérieur sain et confortable. Ces éléments sont conçus pour maintenir des conditions thermiques agréables tout en minimisant la dépendance aux systèmes mécaniques de chauffage et de climatisation.

En conclusion, cette étude démontre que la conception biophilique offre une solution efficace et durable pour garantir le confort thermique dans les bâtiments, tout en favorisant la santé et le bien-être des utilisateurs.

## **Mots clés :**

Changements climatiques, conception biophilique, stratégies passives, confort thermique, bien-être.

**Abstract:**

Faced with the challenges posed by climate change, many countries have intensified their efforts to reduce greenhouse gas emissions and promote renewable energy sources. The building sector, particularly energy-intensive, is adopting a comprehensive approach called biophilic design. This approach aims to integrate passive strategies that reduce environmental impact while improving occupant comfort.

Our study focuses on applying the principles of biophilic design to optimize thermal comfort in a wellness center. We conducted thorough research on biophilic principles and passive strategies, identifying a set of parameters that favor an improvement in thermal comfort.

The project aims to meet the needs of a wellness center by using elements such as natural light, indoor vegetation, natural materials, natural ventilation, and the integration of water to create a healthy and comfortable indoor environment. These elements are designed to maintain pleasant thermal conditions while minimizing reliance on mechanical heating and cooling systems.

In conclusion, this study demonstrates that biophilic design offers an effective and sustainable solution to ensure thermal comfort in buildings, while promoting the health and well-being of users.

**Keywords:**

Climate change, biophilic design, passive strategies, thermal comfort, wellness center.

## ملخص :

تواجه العديد من الدول تحديات جسيمة نتيجة التغيرات المناخية، مما دفعها إلى تكثيف جهودها للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتعزيز استخدام الطاقات المتجددة. يعتبر قطاع البناء، الذي يستهلك الكثير من الطاقة، من القطاعات التي تعتمد نهجاً شاملاً يعرف بالتصميم الحيوي. تهدف هذه النهج إلى دمج استراتيجيات سلبية تقلل التأثير على البيئة وتعزز راحة المقيمين.

تركز دراستنا على تطبيق مبادئ التصميم الحيوي لتحسين الراحة الحرارية في مركز للعناية بالصحة والجمال. قمنا بإجراء بحث معمق حول المبادئ الحيوية والاستراتيجيات السلبية، مما سمح لنا بتحديد مجموعة من المعايير التي تساعد على تقليل استهلاك الطاقة بشكل كبير وتحسين الراحة الحرارية.

يهدف المشروع إلى تلبية احتياجات مركز العناية بالصحة والجمال من خلال استخدام عناصر مثل الضوء الطبيعي، والنباتات الداخلية، والمواد الطبيعية، والتهوية الطبيعية، ودمج العناصر المائية لخلق بيئة داخلية صحية ومريحة. تم تصميم هذه العناصر للحفاظ على ظروف حرارية مريحة مع الحد الأدنى من الاعتماد على أنظمة التدفئة والتبريد الميكانيكية.

في الختام، توضح هذه الدراسة أن التصميم الحيوي يوفر حلاً فعالاً ودائماً لضمان الراحة الحرارية في المباني، مع تعزيز صحة ورفاهية المستخدمين. من خلال تقليل استهلاك الطاقة وخلق بيئات داخلية أكثر صحة ومتعة، يمثل التصميم الحيوي خياراً استراتيجياً لمواجهة التحديات البيئية والاجتماعية الحالية.

## الكلمات الرئيسية:

التغيرات المناخية؛ التصميم الحيوي؛ استراتيجيات سلبية؛ الراحة الحرارية؛ الراحة النفسية



# TABLE DE MATIERES

## REMERCIEMENTS

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

<b>1</b>	<b>CHPITRE 01 : INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCTION GENERALE.....	2
1.2	THEMATIQUE GENERALE.....	4
1.3	PROBLEMATIQUE GENERALE .....	9
1.4	PROBLEMATIQUE SPECEFIQUE .....	11
1.5	HYPOTHES DE LA RECHERCHE.....	12
1.6	OBJECTIFS DE LA RECHERCHE .....	12
1.7	METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	13
1.8	STRUCTURE DU MEMOIRE .....	15
<b>2</b>	<b>CHAPITRE 02 : ETAT DE L'ART.....</b>	<b>16</b>
2.1	Introduction.....	17
2.2	<b>PARTIE I : Concepts et définition.....</b>	<b>17</b>
2.2.1	<b>Développement durable .....</b>	<b>17</b>
2.2.1.1	Définition.....	17
2.2.1.2	Les piliers de développement durable .....	18
2.2.1.3	Objectif du développement durable.....	20
2.2.2	<b>L'architecture biophilique .....</b>	<b>21</b>
2.2.2.1	Définition de la biophilie.....	21
2.2.2.2	Définition de la conception biophilique .....	23
2.2.2.3	Rôle de la conception biophilique sur le bien-être .....	23
2.2.2.4	Les objectifs de l'architecture biophilique .....	24
2.2.2.5	Les bienfaits de l'architecture biophilique .....	24
2.2.3	<b>Les 14 principes de la conception biophilique.....</b>	<b>25</b>
2.2.3.1	Les analogies naturelles .....	25
2.2.3.2	La nature de l'espace.....	29
2.2.3.3	La nature dans l'espace .....	34
2.2.4	<b>L'efficacité énergétique.....</b>	<b>44</b>

2.2.4.1	Efficacité énergétique dans le bâtiment.....	45
2.2.4.2	L'objectif de l'efficacité énergétique.....	46
2.2.5	<b>Performance énergétique</b> .....	46
2.2.6	<b>Confort et architecture</b> .....	47
2.2.6.1	Définition du confort.....	47
2.2.6.2	Définition du confort en architecture .....	48
2.2.7	<b>Confort thermique</b> .....	49
2.2.7.1	Définition.....	49
2.2.7.2	Les facteurs influant sur le confort thermique.....	49
2.2.7.3	L'isolation thermique .....	50
2.2.8	<b>Bien-être</b> .....	51
2.2.8.1	Définition.....	51
2.2.8.2	Types de bien-être.....	51
2.2.8.3	Le bien-être en architecture .....	52
2.2.8.4	Facteurs contribuant au bien-être des occupants .....	52
2.2.9	<b>Les équipements et les espaces de bien-être</b> .....	53
2.2.9.1	Soins secs .....	53
2.2.9.2	Soins humides.....	54
2.2.9.3	Parties de consultation.....	54
2.2.9.4	Soins beautés .....	54
2.2.9.5	Détente et loisirs .....	55
2.3	<b>Synthèse du chapitre</b> .....	<b>55</b>
<b>3</b>	<b>CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE</b> .....	<b>56</b>
3.1	Introduction .....	57
3.2	<b>PARTIE I : Partie Urbaine</b> .....	57
3.2.1	<b>POUR QUOI LA VILLE DE TIPAZA ?</b> .....	57
3.2.2	A la découverte de la ville de Tipaza ! .....	58
3.2.2.1	Tipaza, une ville entre mer et montagne.....	58
3.2.2.2	Tipaza, une ville facilement accessible .....	59
3.2.2.3	Tipaza un attrait touristique.....	59
3.2.2.4	Tipaza et ses merveilles .....	60
3.2.2.5	Tipaza et ses zones côtières .....	61
3.2.3	Dans quelle partie de la ville peut-on intervenir ?.....	63
3.2.4	Environnements immédiats et ses vocations .....	63
3.2.5	Tipaza a un climat méditerranéen.....	65
3.2.6	Analyse avec l'outil AFOM .....	67

3.2.7	Analyse énergétique .....	68
3.2.8	Plan d'action.....	69
3.2.9	L'intervention urbaine : aménagement de l'air d'étude .....	69
3.2.9.1	Les étapes du processus de l'intervention urbaine .....	70
3.2.9.2	Concepts d'aménagement.....	71
3.2.10	Plan d'aménagement .....	72
3.3	<b>PARTIE II : Partie Architectural</b> .....	75
3.3.1	POUR QUOI cette parcelle ? .....	75
3.3.2	Analyse du site d'intervention.....	76
3.3.3	Concepts de l'idée .....	77
3.3.4	Genèse de l'idée .....	77
3.3.5	Genèse de l'idée du centre de bien-être.....	79
3.3.6	Organigramme fonctionnel/spatial .....	80
3.3.7	Programmes surfaciques.....	81
3.3.8	Circulation des espaces.....	83
3.3.9	Structure du bâtiment .....	84
3.3.10	Architecture et structure de la toiture .....	85
3.3.11	Stratégies bioclimatique .....	86
3.3.12	Concepts architecture et structure de la toiture .....	87
3.4	<b>Conclusion</b> .....	88
<b>4</b>	<b>CHAPITRE 04 : Simulation et optimisation</b> .....	<b>89</b>
4.1	Introduction .....	90
4.2	Différents logiciels de la simulation.....	90
4.3	Présentation du logiciel de la simulation « Design Builder ».....	92
4.4	Simulation du confort thermique.....	93
4.4.1	Présentation de l'espace étudié.....	93
4.4.2	Méthodologie de travail.....	93
4.5	Résultats et discussion.....	94
4.6	Conclusion.....	100
<b>5</b>	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	
6.1	BIBLIOGRAPHIE .....	
6.2	LISTE DES FIGURES .....	
6.3	LISTE DES TABLEAUX .....	
6.4	LISTE DES ABREVIATIONS .....	

<b>7</b>	<b>ANNEXES</b> .....
<b>7.1</b>	<b>PARTIE II : Analyse des exemples</b> .....
7.1.1	Présentation des projets .....
7.1.1.1	Projet 01: Wellness center « Tschuggen Bergoase ».....
7.1.1.2	Projet 02: Naman Pure Spa.Da Nang City,Vientnam.....
<b>7.2</b>	<b>Analyse énergétique</b> .....
<b>7.3</b>	<b>Les plans</b> .....
<b>7.4</b>	<b>Ambiance urbaine at architectural</b> .....

# **CHAPITRE 1**

## **INTRODUCTION GENERALE**

### **1.1. INTRODUCTION GENERALE :**

Dans un monde de plus en plus conscient de l'impact environnemental de ses activités, l'architecture occupe une position centrale dans la quête d'un développement durable. L'option architecture, environnement et technologie vise à répondre aux défis contemporains en intégrant des pratiques respectueuses de l'environnement tout en assurant un niveau de confort élevé répondant aux nouveaux standards. Le secteur de la construction est responsable d'une part significative des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'énergie et de l'exploitation des ressources naturelles. Il est donc impératif d'adopter des approches innovantes et durables dans la conception et la construction des bâtiments.

L'atelier E-Cow Built est une initiative pédagogique intégrée dans le cadre du Master 2 visant à fournir aux étudiants des compétences pratiques et théoriques dans le domaine de l'architecture durable, de la construction écologique et des technologies de pointe. Cet atelier est conçu pour combiner les aspects théoriques avec des expériences pratiques, tout en mettant un accent particulier sur l'innovation et la durabilité.

Cet atelier se concentre sur deux aspects ayant pour objectif l'optimisation de l'efficacité énergétique, et ne se limitant pas seulement à la construction de nouveaux bâtiments. La réhabilitation énergétique des bâtiments existants est tout aussi cruciale, car elle implique la rénovation des structures pour améliorer leur performance thermique et énergétique. Cela peut comprendre l'isolation des murs, des toits et des planchers, le remplacement des fenêtres par des modèles à haute performance énergétique, et l'installation de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation plus efficaces. C'est pour cette raison que certaines thématiques traitent de la modernisation des bâtiments anciens, permettant non seulement de prolonger leur durée de vie, mais aussi d'améliorer le confort des occupants et de réduire les coûts énergétiques.

Les thématiques traitées par les différents étudiants se focalisent sur le confort des occupants, qui est un aspect indissociable de cette démarche, d'autres se concentrent sur les certifications LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ou BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), mettant l'accent sur la qualité de vie à l'intérieur des bâtiments. Cela inclut le contrôle de la température, de la qualité de l'air, de l'acoustique et de l'éclairage naturel. Des technologies avancées permettent de réguler ces paramètres de manière intelligente, créant ainsi des environnements de vie et de travail agréables tout en réduisant la consommation énergétique.

Les différents objectifs de cet atelier visent l'intégration dès la conception les principes de durabilité et de haute performance énergétique, et ainsi choisir dès le départ des matériaux à faible impact environnemental, concevoir des structures optimisées pour l'efficacité énergétique et intégrer des systèmes de gestion de l'énergie. Sensibiliser les étudiants sur les stratégies passives tels que l'orientation des bâtiments, leur forme et l'utilisation de technologies comme les panneaux solaires ou les pompes à chaleur jouant un rôle crucial dans la réduction de l'empreinte écologique. De plus, la construction modulaire et les techniques de préfabrication peuvent réduire les déchets de construction et améliorer l'efficacité du processus.

L'atelier se concentre également sur l'utilisation des outils numériques, tels que la modélisation des informations du bâtiment (BIM) et la simulation des performances énergétiques des bâtiments, afin d'optimiser leur conception pour maximiser l'efficacité énergétique et évaluer l'impact environnemental à travers ces différents outils.

Cette démarche permet d'anticiper et de réduire les impacts environnementaux dès les phases de conception et de construction, car ces technologies offrent une vision globale du projet et facilitent la prise de décisions éclairées en matière de durabilité.

L'option architecture, environnement et technologie ne se limite pas à l'adoption de nouvelles techniques de construction ou à la réhabilitation énergétique. Elle inclut également une réflexion plus large sur l'urbanisme et la planification territoriale. Les éco-quartiers et les villes intelligentes émergent comme des réponses intégrées aux défis du développement durable, s'évertuant à optimiser l'utilisation des ressources, à réduire les déplacements en voiture grâce à une mixité fonctionnelle et à favoriser les modes de transport doux.

En conclusion, l'intégration de l'architecture, de l'environnement et de la technologie représente une réponse nécessaire et ambitieuse aux défis du changement climatique et de la transition énergétique. Elle exige une approche holistique, combinant la construction neuve et la réhabilitation des bâtiments existants, pour créer des environnements bâtis qui sont à la fois durables, confortables et résilients.

Dr.BENCHEKROUN Marwa

## 1.2. THEMATIQUE GENERALE :

### **Introduction :**

Au tournant du XXI<sup>e</sup> siècle, la question du développement durable est devenue l'un des défis les plus urgents de notre époque. Alors que la planète est confrontée à des défis environnementaux majeurs, tels que le changement climatique, la perte de biodiversité et l'épuisement des ressources naturelles, il est essentiel de repenser les modes de vie, les activités économiques et la politique du pays.

Le développement durable apparaît comme une philosophie et une approche essentielle pour assurer un avenir viable aux générations actuelles et futures. On peut donc définir le développement durable comme une notion qui indique le besoin de transition et de changement dont a besoin notre planète et ses habitants pour vivre dans un monde plus équitable, en bonne santé et en respectant l'environnement. **(Mtaterre,2023)**

Le rapport de Brundtland l'a défini lors de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement comme étant « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour la génération à venir de satisfaire les leurs* » **(Le rapport de Brundtland,1987, page40)**

Le développement durable repose sur plusieurs aspects fondamentaux qui doivent être équilibrés de manière à promouvoir une harmonie entre les aspects environnementaux, économiques et sociaux. Pour concrétiser efficacement ces derniers aspects, il est essentiel d'adopter une approche ou une stratégie intégrée qui prend en compte des interactions entre ces trois domaines tels que la conception bioclimatique, les stratégies passives et les stratégies actives.

Concernant la conception bioclimatique ou bio climatisme, c'est une discipline centrale dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme qui vise à la création de bâtiments en symbiose avec leur environnement naturel. Cette discipline se caractérise par un engagement à tirer parti des conditions locales, qu'il s'agisse du climat, de la géographie ou de la géomorphologie du site. **(Illuminem,2023).**

L'objectif principal de l'architecture bioclimatique est d'améliorer le confort tout en maximisant l'efficacité énergétique du bâtiment. Pour ce faire, elle utilise des stratégies passives, et des stratégies actives ; comme l'a bien souligné l'architecte Olivier BRANBANT



« *C'est essayer de travailler avec le climat, et non pas contre le climat* ». (Olivier BRANBANT,2016).

En ce qui concerne les stratégies passives, elles exploitent les ressources naturelles et les particularités climatiques locales, leurs objectifs visent à réduire la dépendance aux systèmes mécaniques de chauffage, de refroidissement et d'éclairage, en mettant l'accent sur l'utilisation judicieuse des éléments naturels tels que la lumière du soleil, la ventilation, l'isolation thermique et la masse thermique.

En plus des stratégies passives les stratégies actives intègrent des dispositifs mécaniques et technologiques pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique. Ces techniques permettent de réguler des aspects environnementaux à l'intérieur du bâtiment en utilisant des systèmes tels que la climatisation, le chauffage, la ventilation mécanique, l'éclairage artificiel. Toutes ces stratégies actives requièrent une utilisation responsable de l'énergie.

Aujourd'hui, l'énergie exerce un impact considérable sur notre environnement. Ses répercussions les plus notables incluent la pollution atmosphérique qui engendre l'effet de serre, conduisant ainsi à une émission climatique. L'énergie est indéniablement cruciale pour notre bien-être économique et notre qualité de vie, donc il est impératif de la gérer de manière responsable afin d'améliorer l'efficacité énergétique et d'assurer une performance énergétique avec un confort optimal pour les occupants.

Quant à l'efficacité énergétique, elle consiste à trouver le point d'équilibre entre l'énergie consommée par les occupants et l'énergie dépensée par le bâtiment lui-même. En d'autres termes, l'objectif de l'efficacité énergétique consiste à : « *consommer moins, mais mieux* ». (Climate.selectra,2023).

La performance énergétique d'un bâtiment, est définie comment étant la quantité d'énergie consommé pour un niveau de confort donné et dans des conditions d'exploitations données. Elle est communément exprimée par unité d'énergie consommée par mètre carré exploitable. (activexpertise-arles, 2023). Cette consommation est liée : à la qualité de son enveloppe, à la performance de ses équipements énergétiques et de leur qualité d'exploitation ainsi qu'aux conditions d'occupations (jours et horaires d'occupation).(eqinov,2023)

Tous ces principes nous ont menées à réfléchir à la conception biophilique qui s'inspire du concept de "biophilie," désignant « *l'attraction innée des êtres humains aux autres organismes vivants...* ». **(Edward O. Wilson ,1984, page1)**

La conception biophilique est une conception architecturale, destinée aux personnes en tant qu'organismes biologiques, respectant les systèmes corps-esprit en tant qu'indicateurs de la santé et du bien-être tout en étant adaptés à un contexte local. Une bonne conception biophilique comprend des perspectives liées aux conditions de santé, normes socioculturelles, expériences vécues, fréquence et durée de l'usage, les différentes vitesses de vécu, la perception de l'utilisateur et le traitement de l'expérience ainsi que la création d'espaces qui sont inspirants, sains, ressourçant et qui intègrent la fonctionnalité du lieu et de l'écosystème (urbain) dans lequel il se trouve. **(Dosen, A.S., et M.J. Ostwald,2013)**

De plus, le design biophilique est la réponse au besoin humain d'être connecté à la nature qui vise à rétablir ce lien au sein de 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 au maintien d'une connexion à celle-ci dans les environnements au sein desquels nous vivons et travaillons chaque jour. **(KELLERT, S. R., J. HEERWAGEN, et M. MADOR,2011)**

Il existe de nombreux exemples de projets architecturaux avec une conception biophilique qui intègre des caractéristiques environnementales et climatiques tels que :

- **Le projet One Central Park à Sydney, en Australie**, qui est un exemple de conception biophilique réussie. Le bâtiment est recouvert de plantes et d'arbres, créant ainsi un environnement naturel pour les occupants. Le projet a remporté de nombreux prix pour son design innovant et durable. (Architecturalrecord,2023). Le bâtiment est équipé d'un système de récupération de l'eau de pluie pour l'irrigation du mur végétal et des jardins environnants, un système de ventilation naturelle qui utilise des puits de lumière et des ouvertures dans les murs pour faire circuler l'air frais dans le bâtiment. **(ctbuh journal,2014)**



Figure 1 : Le projet One Central Park à Sydney, en Australie, Source : google image

- **Le projet Bosco Verticale à Milan, en Italie,** est un autre exemple de conception biophilique réussie. Les deux tours sont recouvertes de plus de 900 arbres et 20000 plantes. Il est équipé d'un système de loggias intérieures/extérieures qui permettent aux résidents de profiter de l'air frais et de la lumière naturelle tout en étant protégés du bruit, du vent et du soleil. Et d'autre système de ventilation naturelle qui utilise des puits de lumière et des ouvertures dans les murs pour faire circuler l'air frais dans le bâtiment. (Architecturaldigest,2023)



Figure 2: Le projet Bosco Verticale à Milan, en Italie, Source : google image

## CHAPITRE 01 : INTRODUCTION GENERALE

L'intégration de la conception biophilique dans les bâtiments représente une décision stratégique motivée par la reconnaissance des multiples bénéfices qu'elle apporte. Notre décision d'approfondir cette étude vise à évaluer de manière détaillée l'impact de cette approche sur l'efficacité énergétique et la performance énergétique dans le contexte qui est notre pays en vue d'assurer un confort thermique optimal aux occupants.

Nous aspirons à exploiter pleinement le potentiel de conception biophilique pour créer des espaces qui allient esthétique et durabilité, contribuant ainsi à une utilisation plus judicieuse de l'énergie et à une meilleure adaptation aux spécificités environnementales locales. Cette démarche s'inscrit dans notre engagement envers un développement urbain innovant et respectueux de l'environnement dans notre pays.

### 1.3. PROBLEMATIQUE GENERALE :

L'Algérie, un pays riche en ressources naturelles, se trouve confrontée à un enjeu significatif lié à l'efficacité énergétique et un défi majeur en matière de performance énergétique de son environnement bâti. Malgré une demande croissante en énergie due à l'expansion rapide de la population et de l'urbanisation, l'efficacité énergétique demeure un élément essentiel pour garantir la durabilité environnementale et la sécurité énergétique du pays.

La consommation énergétique, dans le secteur du bâtiment résidentiel algérien représente 35% de la consommation totale d'énergie, englobant tous les secteurs. (**Consommation Énergétique Finale de l'Algérie,2017**). De plus, selon les projections établies par l'Observatoire Méditerranéen de l'Énergie (OME) qui a été fondée le 1 janvier 1992, l'objectif principal est de promouvoir la coopération et la collaboration entre les entreprises énergétiques de la région méditerranéenne et d'autres acteurs du secteur de l'énergie dans la région(**devex,2023**). La demande d'électricité a plus que triplé au cours des trois dernières décennies, et cette tendance devrait se poursuivre jusqu'en 2025.

Après son indépendance, l'Algérie a lancé d'ambitieux programmes de construction sans se soucier de l'efficacité énergétique des bâtiments. Les habitations vernaculaires, avec une performance énergétique élevée, ont été progressivement remplacées par des constructions présentant une efficacité énergétique médiocre, car les professionnels du secteur ont ignoré les conditions climatiques locales et les normes de performance thermique requises.

Un autre élément à prendre en considération est l'augmentation du niveau de vie de la population, entraînant une demande accrue de confort, notamment due à la généralisation de l'accès à l'électricité, se traduisant par une demande croissante en appareils électroménagers. (**BOUAMAMA WAHIBA,2013**). Ainsi, la hausse de la demande d'énergie devient un problème très préoccupant. Il est donc impératif pour l'Algérie d'adopter une nouvelle approche, axée sur l'utilisation efficiente de l'énergie en tant que levier de compétitivité et de développement durable.

Conscientes des dangers qui menacent notre planète, l'Algérie a participé à la 27ème session de la Conférence des Parties (COP27), tenue en Egypte du 6 au 18 novembre 2022, qui a présenté un plan ambitieux de lutte contre le réchauffement climatique pour l'Afrique, plan approuvé à l'unanimité par l'Organisation des Nations Unies (ONU).

L'Union africaine, a proposé également la création d'un fond pour soutenir les mesures de lutte contre les conséquences négatives du changement climatique, approuvé par la

conférence de paix. Et le Conseil de sécurité, exhortant les pays développés à remplir leurs obligations de réduire la dégradation climatique. (Aberrahmane Metboul,2022).

L'Algérie, témoigne de l'existence de multiples constructions en état vétuste, qui ne répondent plus aux exigences du confort actuel, En revanche, le pays s'efforce de réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments en promouvant des pratiques de construction et de rénovation éco énergétiques. Cela comprend l'isolation thermique, l'utilisation de matériaux de construction efficaces sur le plan énergétique, et l'installation de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation plus efficaces. (Brahim BAOUCHI,2015).

Ces principes nous ont amené à réfléchir à la conception biophilique, car elle est basée sur le respect du climat et l'intégration au site, tout en réduisant la consommation énergétique et aboutissant à des espaces de vie plus sains et plus agréables.

Actuellement, il apparaît que des études claires démontrant l'application réussie du design biophilique et son impact spécifique sur l'efficacité énergétique et la performance énergétique en Algérie font défaut. Cette lacune souligne l'importance d'entreprendre des recherches approfondies pour évaluer comment cette approche innovante peut être adaptée aux particularités climatiques et architecturales de notre pays. Notre décision d'explorer cette thématique émerge de la volonté de combler ce manque d'informations spécifiques, en vue de mieux comprendre comment le design biophilique peut contribuer à une utilisation plus durable de l'énergie dans le contexte algérien.

En engageant cette étude, nous aspirons à fournir des insights précieux pour guider la future intégration du design biophilique dans notre environnement bâti, en optimisant à la fois le confort des habitants et assurer une efficacité énergétique du bâtiment.

La conception biophilique cherche à connecter notre besoin inhérent de nous associer à la nature dans l'environnement bâti moderne. Elle est également adaptée au contexte local et respecte les systèmes corps-esprit en tant qu'indicateurs de la santé et du bien-être.

Ces réflexions liées à la problématique générale, nous ont amené à poser la question suivante :« **Comment la conception biophilique peut contribuer à l'amélioration de la performance énergétique au sein du bâti tout en assurant le confort de ses occupants ?** »

#### 1.4. PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE :

La wilaya de Tipaza située sur la côte méditerranéenne de l'Algérie possède une richesse naturelle exceptionnelle en faune et en flore ainsi qu'un paysage particulier avec un climat de type méditerranéen à tendance subhumide comprenant deux saisons : un hiver s'étalant d'Octobre à Mars et un été allant d'avril à Septembre. **(P.O.S AU3,2014)** « *Plan d'occupation du sol* ».

La wilaya comprend en plus de ses ressources naturelles, ses côtes, ses plages et ses sites archéologiques des atouts environnementaux importants mais elle n'échappe pas aux effets dévastateurs du changement climatique. Les tendances observées dans cette région comprennent une augmentation des températures moyennes, des variations dans les schémas de précipitations, les étés plus chauds et les hivers plus doux ont des conséquences sur la santé des habitants et sur l'économie locale.

De plus, La wilaya a connu une demande croissante en énergie due à l'urbanisation rapide et à la diversification des secteurs économiques. Ces défis ont des conséquences importantes dans le domaine de la construction et du bien-être, étant donné qu'ils découlent d'une insuffisance de l'efficacité énergétique et d'une mauvaise qualité de l'air. **(Energy.gov,2023)** Pour lutter contre ces problèmes, la planification stratégique et la réduction de pollution sont des éléments essentiels pour atténuer les impacts du changement climatique à Tipaza et préserver son environnement naturel et son mode de vie local **(Ecologie.gouv,2024)**. Sur le volet environnemental, et selon le PDAU 2014, la wilaya accorde une attention croissante à la protection de l'environnement et le développement durable.

Dans cette optique, elle a enregistré 18 projets pour le secteur de l'environnement et la préparation de la région à travers divers plans de développement quinquennaux. Cependant, en ce qui concerne l'aspect énergétique, il est remarquable que le PDAU et le POS ne contiennent aucune directive visant à renforcer l'efficacité et la performance énergétique, malgré l'existence d'une approche politique qui le stipule.

Afin de répondre à ses besoins et résoudre ses problèmes, que ce soit du point de vue environnemental ou en matière d'efficacité énergétique, la conception biophilique peut-être une solution tout en respectant son écosystème fragile et en bénéficiant de son climat particulier. Les bâtiments conçus avec des éléments bioactifs, tels que l'utilisation de lumière naturelle, de matériaux durables et d'espaces verts, contribuent à réduire la demande énergétique tout en créant un environnement intérieur plus sain et plus agréable.

Nos questions de recherche peuvent être formulées ainsi :

**« Peut-on utiliser l'architecture biophilique pour favoriser un refroidissement passif et ainsi assurer la performance énergétique ? »**

**1.5. Hypothèses :**

Pour répondre aux questions posées ; nous énonçons les hypothèses suivantes :

- L'intégration de l'eau et des éléments aquatiques dans la conception biophilique pourrait assurer un confort optimal aux occupants.
- L'optimisation de l'apport de lumière naturelle dans les espaces intérieurs grâce à la conception biophilique pourrait permettre une réduction de la consommation d'énergie tout en améliorant le confort des occupants.
- L'intégration de la végétation, toits verts et des murs végétalisés, dans la conception biophilique peut agir comme un isolant thermique naturel, contribuant ainsi à assurer le confort thermique.

**1.6. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :**

Nous pouvons résumer les objectifs attendus de ce travail comme suit :

- Donner à la ville de Tipaza une mise en place d'une démarche pour promouvoir l'efficacité énergétique et la performance énergétique dans les bâtiments.
- Favoriser la durabilité et la résilience des bâtiments avec l'intégration des principes de conception biophilique pour répondre aux défis actuels liés au changement climatique.
- Réduire la durabilité des bâtiments avec l'intégration de la nature dans la conception architecturale tout en offrant un environnement plus confortable et sain aux occupants.
- Assurer le confort et le bien-être des usagers.



## 1.7. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE :

Notre travail de recherche s'articule autour de deux parties principales, la première théorique et la deuxième opérationnelle.

- **La première partie théorique** : repose sur une exploration approfondie des bases conceptuelles de notre thème de recherche, qui porte sur "*Efficacité verdoyante : l'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal*". Nous avons entrepris **une recherche bibliographique** exhaustive, en consultant des ressources telles que des livres, des thèses, des mémoires, des articles scientifiques, et des documents académiques pertinents. Cette phase de notre travail a été essentielle pour définir avec précision les concepts clés qui sous-tendent notre étude, à savoir *l'efficacité énergétique, la performance énergétique, la conception biophilique, le confort et le bien-être*.

En nous appuyant sur les travaux de recherche existants, nous avons pu établir une base solide de connaissances théoriques pour notre recherche. Parallèlement, nous avons consulté **des documents administratifs** tels que les Plans d'Occupation des Sols (POS) et les Plans Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) afin de mieux comprendre la vision et les réglementations en vigueur dans la zone d'étude, en l'occurrence la ville de Tipaza. Cette démarche nous a permis de cerner les orientations en matière de développement durable et d'énergie, et d'obtenir des recommandations importantes pour orienter notre projet.

- **La deuxième partie opérationnelle** : se concentre principalement sur la mise en application de nos connaissances théoriques dans le contexte spécifique de la ville de Tipaza. Nous entamons cette phase par une **analyse approfondi de la ville et de la zone d'intervention**. L'objectif est d'identifier les points forts, les faiblesses, les opportunités et les menaces, en employant une analyse (AFOM). Cette analyse nous permet de prendre des décisions éclairées concernant la conception architecturale de notre projet, en mettant l'accent sur les éléments qui peuvent être optimisés pour favoriser la performance énergétique et le bien-être des habitants.

Par la suite, nous nous attaquons à la **phase de conception** du projet en nous appuyant sur une approche résolument biophilique. Notre démarche consiste à mettre en avant la symbiose entre l'environnement naturel et la conception du projet, en intégrant des éléments tels que la végétalisation, l'utilisation de matériaux durables, et la maximisation de la lumière naturelle. C'est à ce stade que les principes de la biophilie se concrétisent dans notre

démarche de conception, visant à créer des espaces de vie plus en harmonie avec la nature, tout en favorisant la réduction de la consommation énergétique.

Enfin, nous concluons notre travail en mettant en œuvre l'ensemble des outils et des principes évoqués dans le processus de conception du projet. Pendant cette phase, nous procédons à **l'évaluation de la performance énergétique** et de l'impact environnemental du projet. Pour ce faire, nous utilisons des logiciels de simulation spécialisés pour quantifier les économies d'énergie attendues, ainsi que les avantages en termes de durabilité, de respect de l'environnement et le confort thermique.

En somme, notre mémoire combine la théorie et la pratique pour explorer de manière approfondie et détaillée la manière dont la conception biophilique peut contribuer de manière significative à l'optimisation de la performance énergétique, en mettant en lumière les aspects théoriques tout en les appliquant de manière concrète dans le contexte spécifique de la ville de Tipaza.

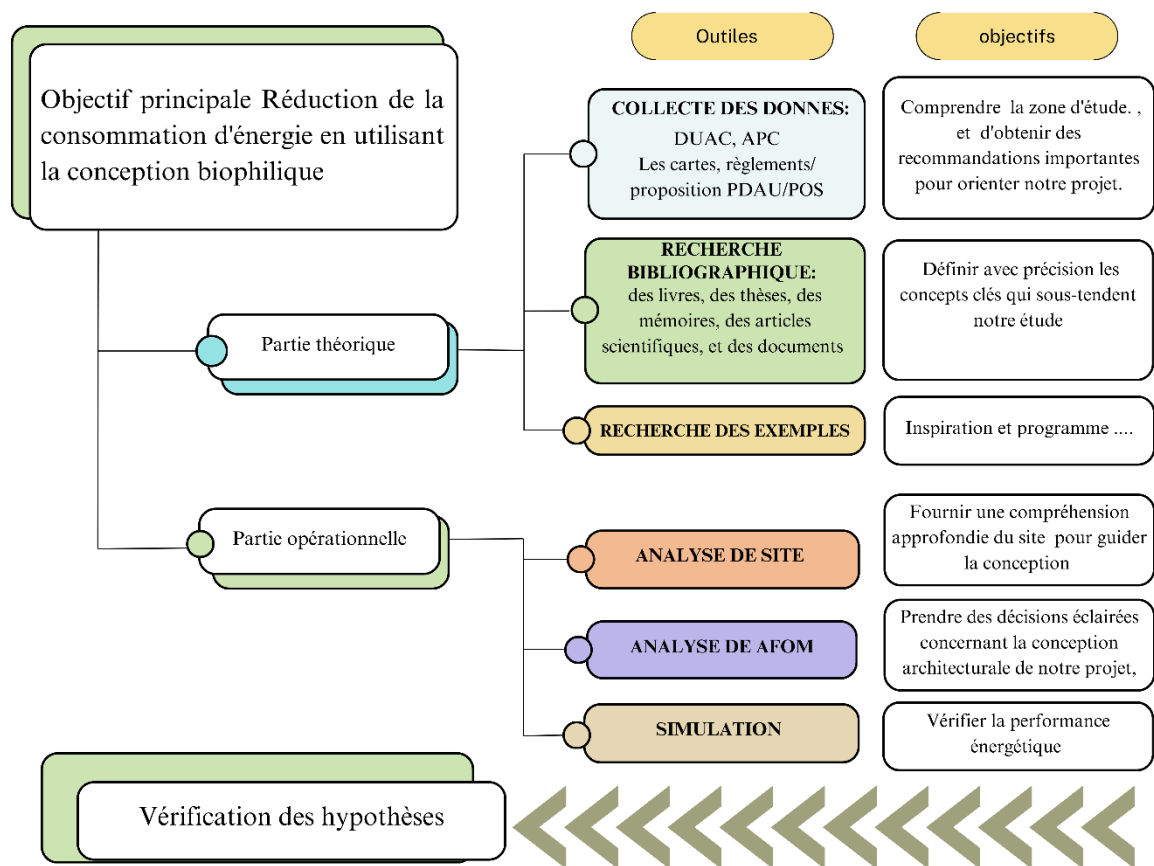


Figure 3: Schéma méthodologique de la recherche, Source : auteur

## 1.8. STRUCTURATION DU MEMOIRE :

Notre mémoire est composé de trois (03) grands chapitres dont nous récapitulons l'essentiel de chacun d'eux comme suit :

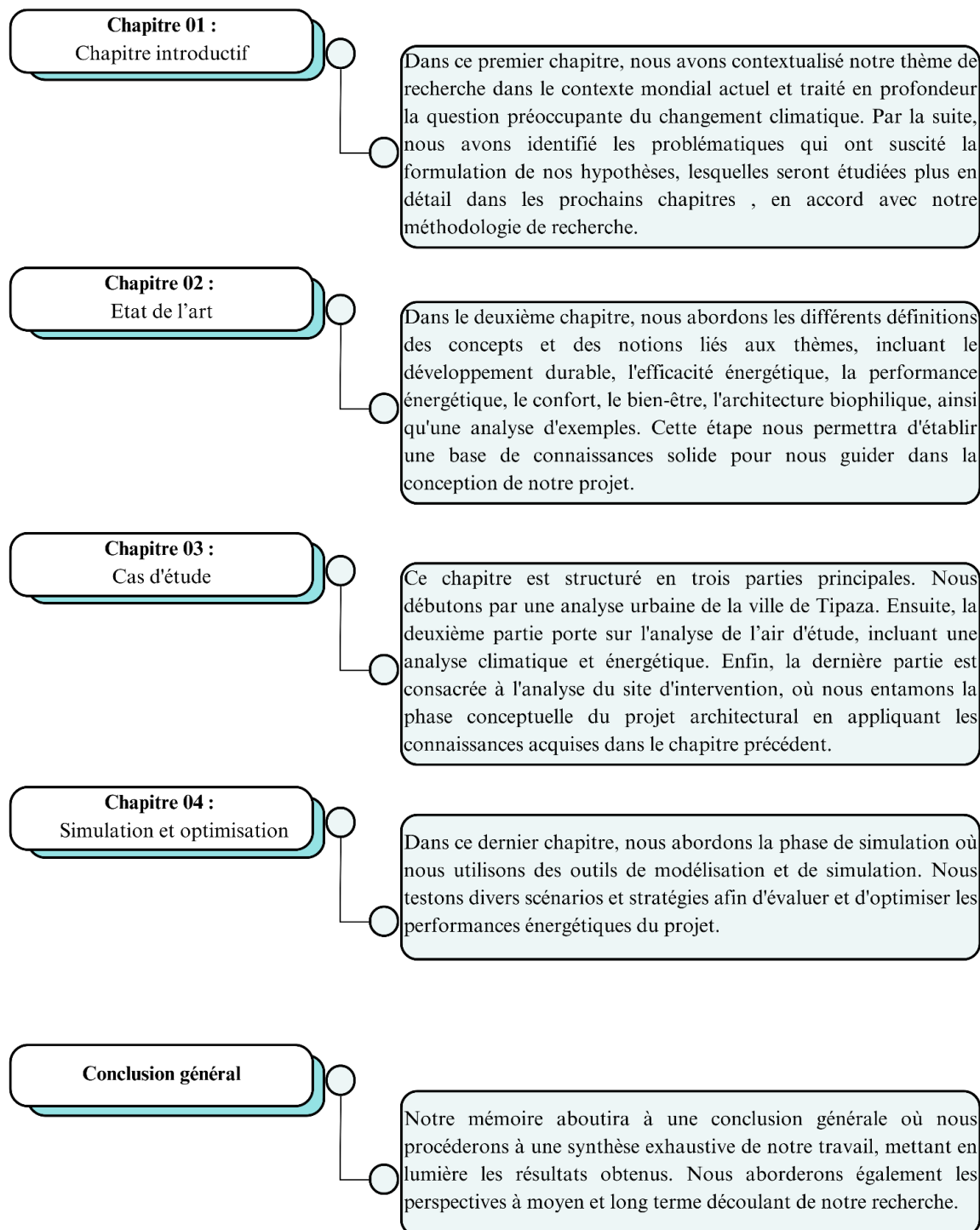


Figure 4: Schéma de structuration du mémoire, Source : auteur

# **CHAPITRE 2**

## **ETAT DE L'ART**

## 2.1. Introduction :

Ce chapitre établit le cadre théorique de notre étude en explorant en profondeur les concepts clés liés à l'efficacité énergétique dans les bâtiments ainsi qu'à la conception biophilique. Notre objectif est de comprendre comment l'intégration de la nature dans la conception architecturale peut contribuer à la création d'environnements bâtis plus durables et plus sains.

En analysant ces concepts, nous visons à fournir une base solide pour notre étude, en identifiant les principes théoriques sous-jacents. Ces fondements théoriques nous serviront de guide alors que nous explorons les opportunités offertes par l'optimisation de la performance énergétique à travers une approche biophilique. Nous mettrons en lumière les avantages potentiels pour les occupants, les propriétaires de bâtiments et l'environnement dans son ensemble.

De plus, nous avons conduit une analyse approfondie des exemples concrets pour observer de quelle manière l'intégration de la nature dans la conception architecturale peut influencer les résultats pratiques.

## 2.2. PARTIE I : Concepts et définitions

### 2.2.1 Développement durable

#### 2.2.1.1 Définition :

Le terme "développement" englobe toute amélioration des performances, que celles-ci soient d'ordre économique, social, ou environnemental. En revanche, ce qui est qualifié de "durable" s'inscrit dans la durée et évoque la stabilité. **(HelloCarbo,2023)**

Le développement durable est devenu, depuis sa vulgarisation à l'échelle mondiale, une tendance irréversible. Il est avant tout important de comprendre que le développement durable n'est pas un simple principe car il se décline très différemment selon les échelles territoriales, puisqu'il est avant tout un objectif et une démarche, un concept ou une stratégie.

Selon Mme Gro Harlem Brundtland dans son rapport "*Notre avenir à tous*" Le développement durable est défini comme : « *un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ». **(Givoni Baruch,1978, page330)**

De plus, ce Développement doit être en accord avec la nature, comme le dit Shobhakar D. :« *Ce n'est pas le développement qui doit être durable, c'est l'humanité et la nature* ». En altérant les ressources naturelles de la Terre, nous nuisons à l'essence même de notre développement. Promouvoir le développement durable signifie rétablir une vision à long terme à travers une approche énergétique durable. Cela peut être défini comme l'art de concilier la nécessité de réduire notre impact sur l'environnement tout en favorisant le progrès. (Shobhakar Dhakal,2005, page23)

Cela signifie que le développement doit s'opérer d'une manière qui profite au plus grand nombre de domaines possible, au-delà des frontières et même entre les générations. Autrement dit, nous devons prendre des décisions en tenant compte de leurs répercussions potentielles sur la société, l'environnement et l'économie, tout en gardant à l'esprit que nos actions auront des effets dans d'autres lieux et dans le futur. (T, STRANGE, A, BAYLEY,2008)

### 2.2.1.2 Les piliers de développement durable :

Dans sa définition la plus large, le développement durable cherche à instaurer un état d'harmonie tant entre les individus qu'entre l'homme et la nature, ce qui lui confère une nature protéiforme selon Koleva (2008). Comme énoncé précédemment, les fondements du développement durable reposent sur trois piliers essentiels : l'aspect économique, environnemental et social. Cela implique que ces trois dimensions doivent être conjointes pour caractériser le développement durable.

Cette notion est également validée par Jean Gynse Bolivar (2008), qui la précise davantage en présentant sa composition (voir Figure 5). Selon lui, le développement durable se structure en attribuant un tiers à l'aspect environnemental, un tiers à l'aspect économique, et enfin, un tiers à l'aspect écologique.

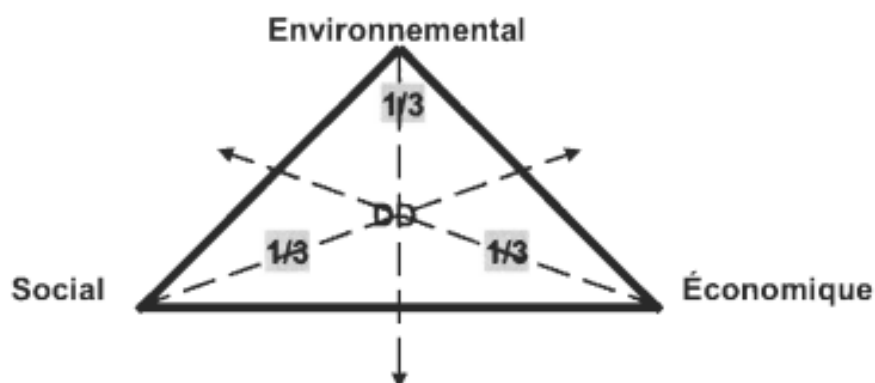


Figure 5: Les piliers du développement durable, Source : Bolivar (2008, p26)

L'objectif est donc de trouver un équilibre entre ces trois piliers qui sont plus précisément (supplychaininfo.eu,2018) :

- **Le pilier environnemental** : La préservation de la Terre et de l'environnement représente l'un des objectifs ultimes recherchés par le développement durable, ce qui explique pourquoi il est parfois considéré comme une fin en soi. Il soulève principalement la question des ressources utilisées pour soutenir les activités productives, que ce soit au sein des entreprises, des collectivités publiques, des associations.

Les objectifs à atteindre dans cette perspective incluent :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre.
  - Le recyclage des déchets. Le développement durable encourage la gestion responsable des produits tout au long de leur cycle de vie.
  - La réduction du gaspillage de matières non réutilisables en optimisant chaque étape de la chaîne logistique, notamment en ce qui concerne le transport.
  - L'adaptation du modèle agricole figure également parmi les priorités pour repenser la manière de nourrir l'humanité.
- **Le pilier économique** : La mise en place du développement durable nécessite l'établissement d'un système économique encourageant la protection de l'environnement tout en limitant les externalités négatives.

Parmi les mesures préconisées, on peut noter :

- Une distribution plus équitable des richesses, en particulier envers les petits producteurs. Cela constitue une approche efficace pour agir à la source.
  - Une reconsidération du mécanisme de détermination du produit final en prenant en compte les externalités négatives de l'activité sur l'environnement.
  - Le développement d'une économie circulaire qui valorise l'utilisation de matières premières recyclées et renouvelables.
  - La promotion de la consommation collaborative et de l'économie du partage.
- **Le pilier social** : Ce pilier, que l'on pourrait également qualifier d'humain, se consacre spécifiquement à la lutte contre les inégalités dans le monde.

Pour parvenir à une politique sociale plus équitable, les principes du développement durable encouragent les initiatives suivantes :

- Garantir les besoins essentiels à l'ensemble de la population mondiale, en mettant en avant la santé et l'éducation, pour toutes les générations.
- Réduire les inégalités économiques et sociales.
- Promouvoir les produits locaux à travers des commerces de proximité qui favorisent les circuits courts pour limiter les émissions de gaz à effet de serre liées au transport.
- Mettre en avant le commerce équitable en raison de ses effets positifs sur l'activité économique et la garantie de rémunérations décentes à chaque étape de la chaîne de production.

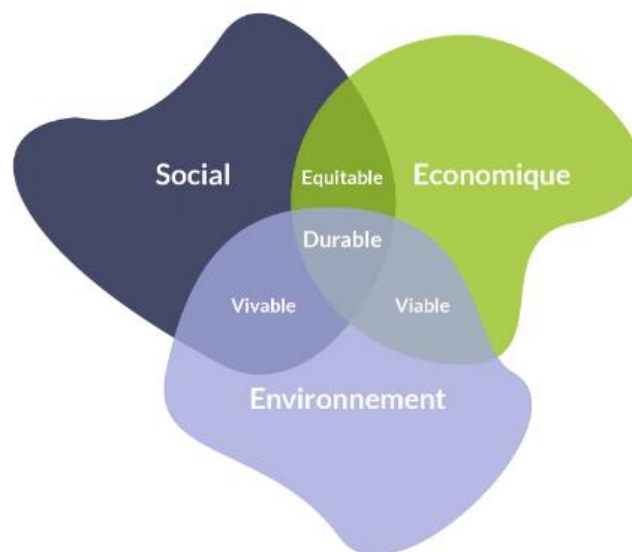


Figure 6: Les piliers du développement durable, Source : google image

Ces trois dimensions s'imbriquent les unes avec les autres impliquant une vision à long terme. Et chaque acteur qui souhaite appliquer le développement durable à son organisation doit concilier ces trois dimensions. Tout cela pour tendre vers un monde plus vivable, viable et équitable.

### 2.2.1.3 Objectifs du développement durable :

Les Objectifs de développement durable (ODD) représentent une feuille de route mondiale conçue par les Nations Unies pour orienter les actions vers un avenir plus viable. Ces 17 objectifs interdépendants ont pour ambition d'éradiquer la pauvreté, de préserver la planète et d'assurer la prospérité pour tous. En mettant l'accent sur des secteurs clés tels que l'éducation, la santé, l'égalité des genres et la préservation de l'environnement, les ODD



aspirent à édifier un monde plus équitable, résilient et harmonieux d'ici à 2030. (un.org,2024)



Figure 7: Schéma du développement durable, Source : google image

Parmi ces objectifs, nous soulignons certains objectifs essentiels qui bénéficient au secteur du bâtiment :

- **1-Bonne santé et bien-être** : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.
- **2-Énergie propre et d'un coût abordable** : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable.
- **3-Villes et communautés durables** : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables.
- **4-Vie aquatique** : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.

### 2.2.2 L'architecture biophilique :

#### 2.2.2.1 Définition de la biophilie :

Le terme 'biophilie' est formé à partir de la racine grecque « bio » qui veut dire 'la vie' et du suffixe « philie » qui veut dire 'qui aime'. Ainsi, la biophilie exprime l'amour inné et profond des êtres humains envers tout ce qui est vivant. Erich Fromm a introduit ce terme pour la première fois dans les années 1960, et Edward O. Wilson l'a développé davantage dans les années 1980 dans son ouvrage 'Biophilia'.

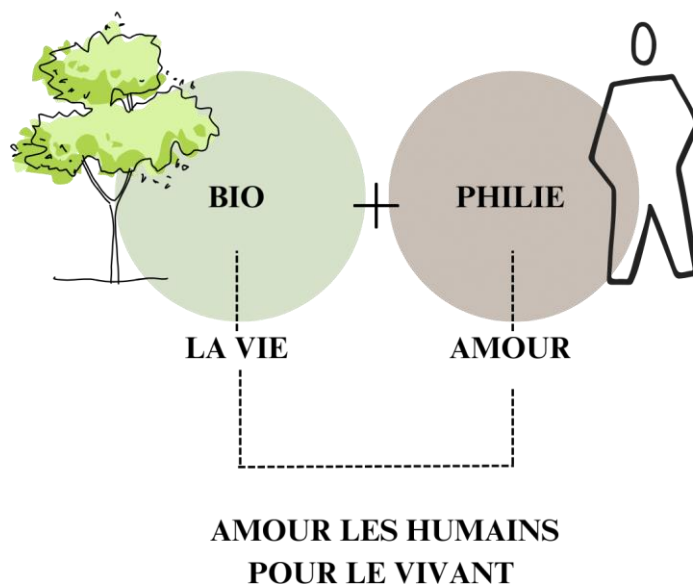


Figure 8: Définition de la biophilie, Source : auteur

« Vivre la biophilie, c'est aimer une diversité qui, aussi illimitée que fragile, nous hante et nous remplit d'espoir. » (Adam Leith Gollner, 2008, page 43)

La biophilie suggère que les êtres humains possèdent une connexion instinctive avec tout ce qui est vivant, établissant ainsi un lien intrinsèque entre l'Homme, la nature et les autres formes de vie. Cette notion suppose l'existence d'inclinations innées et de préférences envers tout ce qui est naturel, car l'environnement naturel a le pouvoir de répondre aux besoins psychologiques de l'individu. Il s'agit d'un concept qui reconnaît et valorise la profonde connexion entre l'Homme et la nature, soulignant son importance cruciale pour le bien-être individuel.

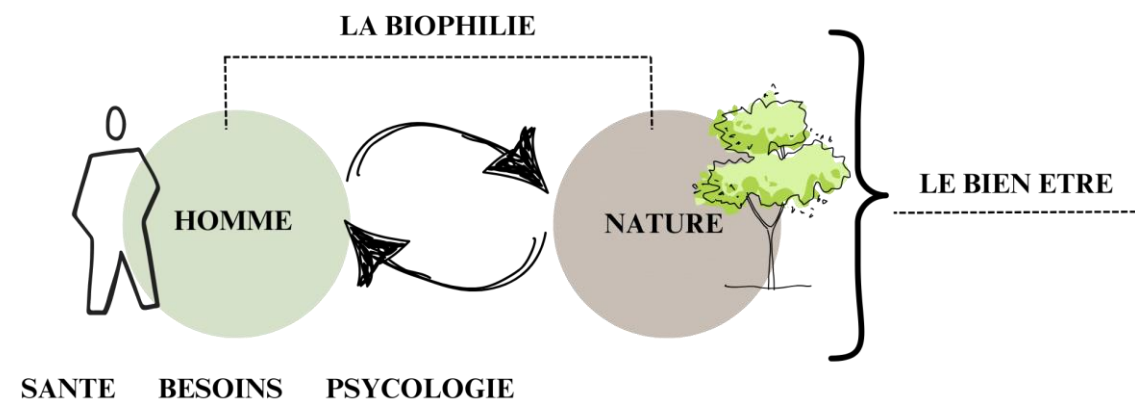


Figure 9: La biophile, une source de bien-être, Source : auteur

2.2.2.2 Définition de la conception biophilique :

La conception biophilique est une conception architecturale, destinée aux personnes en tant qu'organismes biologiques, respectant les systèmes corps-esprit en tant qu'indicateurs de la santé et du bien-être et adaptée à un contexte local.

« ...observer un paysage stimule l'esprit sans le fatiguer et l'apaise tout en le stimulant ; Et ainsi, l'esprit influençant le corps, c'est l'ensemble du système qui s'en trouve rafraîchi et redynamisé. » Frederick Law Olmsted, 1986.

Le design biophilique est la réponse au besoin humain 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. (KELLERT, S. R., J. HEERWAGEN, et M. MADOR,2011)

2.2.2.3 Le rôle de la conception biophilique sur le bien-être :

La conception biophilique a un impact positif sur le bien-être des individus en créant des environnements bâtis qui favorisent la santé physique, mentale et émotionnelle, tout en améliorant la productivité et le bien-être psychologique(ecophon,2024)

- **Réduction du stress et de l'anxiété :** Les éléments naturels présents dans les espaces biophiles, tels que les plantes et la lumière naturelle, contribuent à réduire le stress et à améliorer la santé mentale
- **Augmentation de la créativité et des capacités cognitives :** La conception biophilique stimule la créativité et les capacités cognitives des individus en les rapprochant de la nature et de l'environnement
- **Amélioration de la concentration et de l'engagement :** Les espaces conçus selon les principes de la biophilie augmentent la concentration et l'engagement des occupants.
- **Amélioration du bien-être et de l'humeur :** Les environnements conçus selon les principes de la biophilie augmentent le bien-être et l'humeur des individus(deskbird,2024)
- **Réduction de la pollution sonore :** Les murs verts et d'autres éléments naturels présents dans les espaces biophiles contribuent à réduire la pollution sonore.

### 2.2.2.4 Les objectifs de l'architecture biophilique :

Selon Jason McClennan (un architecte et une figure éminente du mouvement des bâtiments écologiques), les six critères de design d'une architecture adoptant les principes de la biophilie (CHEKALIL Imane et SAIM Douaa,2019) :

- Permettre la perception des variations cycliques saisonnières et journalières des conditions lumineuses et thermiques.
- Relier les individus aux conditions extérieures en offrant un accès aux vues et à l'éclairage naturel.
- Redonner à l'occupant le contrôle de la gestion de son confort thermique, de la ventilation et de la lumière naturelle.
- Utiliser la lumière naturelle comme principale source d'éclairage.
- Employer des matériaux sains et durables qui ne requièrent que peu d'entretien.
- Adopter des stratégies passives de ventilation naturelle et de chauffage.

### 2.2.2.5 Les bienfaits de l'architecture biophilique :

L'architecture biophilique, qui intègre des éléments naturels dans la conception des espaces bâtis, offre de nombreux bienfaits pour les occupants, l'environnement et la société en général. (CHEKALIL Imane et SAIM Douaa,2019) Tels que :

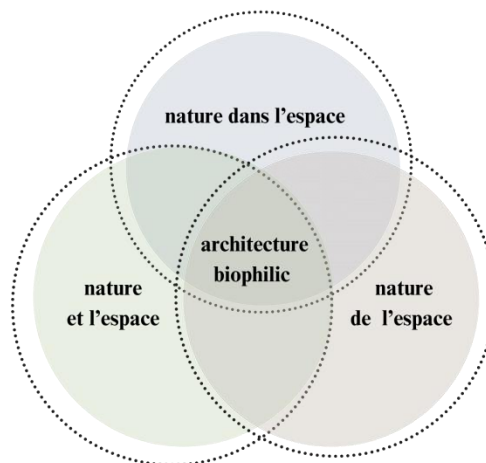
- Au travail, de réduire le stress, l'absentéisme et d'augmenter la productivité, la créativité et le maintien des équipes.
- Dans le domaine de l'éducation, de réduire le taux d'absentéisme, d'améliorer les résultats d'examen et d'accélérer l'apprentissage.
- Dans le domaine de la santé, de réduire le temps d'hospitalisation et d'accélérer le temps de guérison.
- Au sein des collectivités, de réduire la criminalité et d'augmenter la valeur immobilière.
- Aux logements, l'architecture biophilique appliquée vise à créer des espaces de vie qui favorisent la santé physique et mentale des résidents, tout en créant une connexion harmonieuse avec la nature. Ces avantages combinés contribuent à rendre les logements biophiliques non seulement fonctionnels mais aussi propices au bien-être global des habitants.

2.2.3 *Les 14 principes de la conception biophilique :*

Les 14 principes de la conception biophilique qui ont été établis par Terrapin Bright Green dans une publication nommée « 14 Principes du Concept Biophilique » sont regroupés en trois catégories (**les 14 modèles de conception biophilique, 2014**):

- **Nature dans l'Espace**
- **Analogies Naturelles**
- **Nature de l'Espace**

Ces principes qui se basent sur la science et la psychologie, expriment les relations entre la nature, la biologie humaine et la conception de l'environnement bâti et permettent de reconnaître et d'articuler les éléments individuels qui constituent la conception biophilique.



*Figure 10: Schéma représentant la trilogie concernant l'espace, la nature et le lien fondamental entre les 3 éléments, Source : auteur*

2.2.3.1 Les analogies naturelles :

Il s'agit d'une approche plus « intellectualisée » de la biophilie. Les analogies naturelles font référence à l'art et aux formes inspirées par la nature. Il s'agit de recréer des formes, des espaces, du biomorphisme et ou d'utiliser des matériaux naturels qui imitent la nature pour créer un espace serein et sain.

Avec les principes d'Analogies Naturelles, on utilise des éléments qui sont en connexion indirecte avec la nature afin de créer un signal qui évoque au cerveau le même sentiment de bien-être que celui évoqué par le monde naturel. En imitant des détails subtils présents dans la nature à l'aide de textiles, d'illustrations, de lumières, de formes ou encore de motifs, on

peut ainsi recréer le lien biophilique qui existe entre l'humain et les grands espaces, et par conséquent stimuler un profond sentiment de bien-être.

Les analogies naturelles comprennent trois (3) principes de conception biophilique :

- **Formes et motifs biomorphiques :**

Les motifs et formes biomorphiques sont des références symboliques ou littérales aux arrangements, motifs et textures retrouvés dans la nature.

Les Formes et motifs biomorphiques sont issus des recherches liées aux préférences de vues (**Joye, Y, 2007**) sur la réduction du stress et sur l'amélioration de la concentration grâce au déplacement de l'attention. Nous avons une préférence visuelle pour toutes les formes biologiques et biomorphiques, mais cela n'a pas encore été prouvé scientifiquement. Alors que notre cerveau reconnaît que les motifs et formes biomorphiques ne sont pas des êtres vivants, nous pouvons les décrire comme des représentations symboliques de la vie (**Vessel, Edward A, 2012**)

L'objectif des formes et motifs biomorphiques est de fournir des éléments de conception représentatifs au sein de l'environnement bâti, qui permettent aux utilisateurs d'établir des liens avec la nature. L'idée est d'utiliser les formes et motifs biomorphiques d'une manière qui puisse créer un environnement visuellement agréable, améliorant les performances cognitives tout en contribuant à réduire le stress.

Depuis toujours, les êtres humains ont décoré leurs espaces de vie avec des représentations de la nature. Les architectes ont créé des espaces inspirés des arbres, d'os, des ailes, de coquillages. De nombreux ornements d'édifices classiques sont dérivés de formes naturelles, et d'innombrables imprimés de tissus sont basés sur des feuilles, des fleurs et des peaux d'animaux. Le design et l'architecture contemporains ont introduit des formes de constructions plus biologiques avec des bords plus doux et même avec des qualités biomimétiques.

Il existe deux grands types de solution pour intégrer des formes et motifs biomorphiques :

Soit avec un élément esthétique intégré dans le décor du lieu, soit en faisant de l'élément une partie intégrante de la conception structurelle ou fonctionnelle du bâtiment.

**Imitation des formes de la nature**

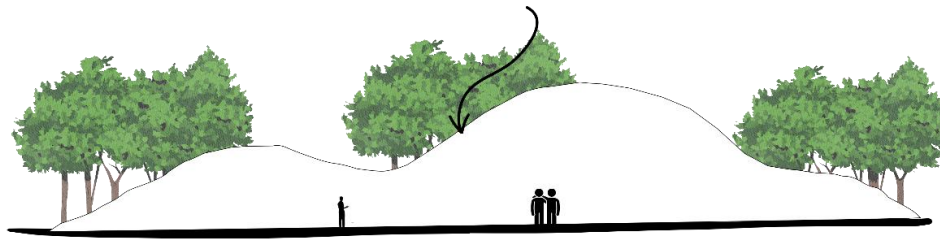


Figure 11 : Modèles et formes biomorphiques, Source : auteur



Figure 12: SFER IK, ROTH, Source: metropolismag.com

- **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.

Une étude réalisée à St. Olav's Hospital à Trondheim, en Norvège, s'est d'ailleurs spécifiquement intéressée à l'impact de l'utilisation de revêtements en bois dans les hôpitaux. 271 patients ayant majoritairement subi une chirurgie de remplacement de la hanche ou du genou et âgés de 60,6 ans en moyenne se sont fait attribuer au hasard trois chambres différentes : une avec des surfaces en bois, une autre avec une grande photographie d'un paysage et une dernière avec une œuvre d'art. Toutes les trois étaient des chambres individuelles. Résultat : la douleur et parfois même le niveau de stress diminuait plus rapidement chez les patients hébergés dans la chambre en bois que chez ceux logés dans les autres chambres.

Dans une série de quatre expériences examinant l'effet de la présence de la couleur verte sur le fonctionnement psychologique des participants, les résultats ont conclu que l'exposition à la couleur verte avant la réalisation d'une tâche « facilite la performance de la créativité, mais n'a aucune influence sur les performances analytiques » (**Lichtenfeld et al., 2012**)

Les matériaux naturels utilisés peuvent être décoratifs ou fonctionnels, et sont généralement traités ou fortement altérés (planche de bois, comptoir de granit) à partir de leur état « naturel », et bien qu'ils soient extraits de la nature, il ne s'agit que d'analogies avec les éléments dans leur état « naturel ».

L'objectif du principe de lien matériel avec la nature vise à explorer les caractéristiques et les quantités de matières premières naturelles à utiliser pour engendrer des réactions positives cognitives ou physiologiques.

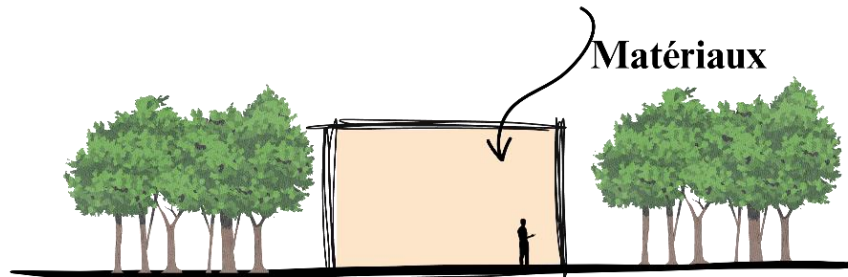


Figure 13 : Lien matériel avec la nature, Source : auteur

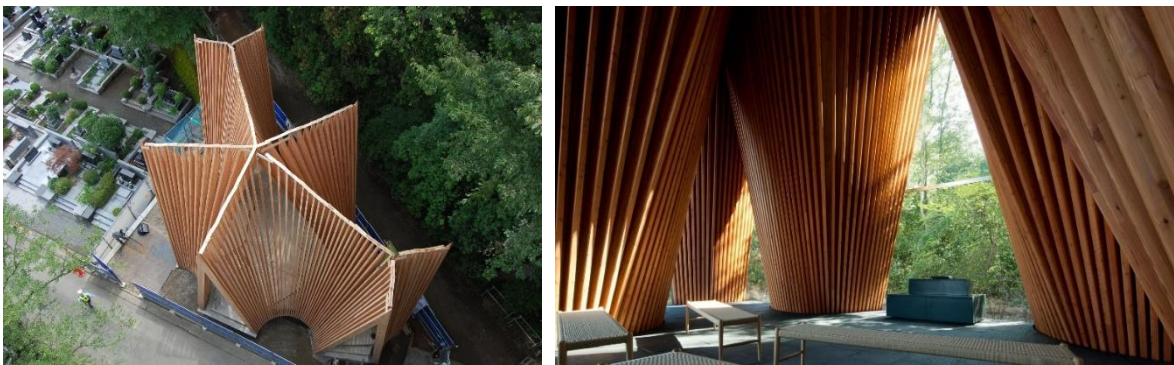


Figure 14 : Sayama Forest Chapel / Hiroshi Nakamura & NAP, Source : Archdaily

- **Complexité et ordre :**

Un concept abstrait mais visuellement attrayant qui utilise la multitude d'informations sensorielles issues des symétries, des hiérarchies et des géométries que l'on retrouve dans la nature, au sein du bâtiment.

Ce principe vise à fournir des symétries et des géométries fractales, configurées avec une hiérarchie spatiale cohérente, pour créer un environnement visuellement nourrissant qui engendre une réaction positive psychologique ou cognitive (Salingaros, N.A, 2012). Les fractales peuvent exister à n'importe quelle échelle, de babioles de bureau ou motifs de textiles, à la conception de façade, de grille urbaine.



Des paysages de nature comprennent généralement plusieurs dimensions fractales – les paysages de savane possèdent souvent des dimensions fractales moyennes – ainsi il y a potentiellement de nombreuses possibilités d'incorporer des fractales.

La galerie et l'Atrium Allen Lambert situé entre plusieurs bâtiments. La structure s'inspire des cathédrales est riche en informations Ses colonnes ordonnées s'élèvent dans un couvert d'arbres, s'apparentant à des formes complexes, baignant le lieu de lumières et d'ombres diffuses sur la cour intérieure, et suscitant la curiosité des visiteurs.



Figure 15: Bat Trang House / VTN, Source: Archdaily



Figure 16: Amazon Spheres / NBBJ, Source: Archdaily

### 2.2.3.2 La nature de l'espace :

Les principes de « Nature de l'Espace » définissent le rapport que nous entretenons au bâtiment, à la pièce ou à l'espace qui nous environne, à un niveau profondément humain. Il existe en chacun de nous le désir inné de pouvoir voir au-delà de notre environnement immédiat et nous sommes souvent fascinés par tout ce qui est un peu dangereux ou inconnu. Des vues obscurcies, des motifs qui se révèlent, des installations et des moments de mystère ou de péril imminent nous stimulent et maintiennent notre intérêt et notre enthousiasme.

Ce principe englobe quatre (4) modèles de conception biophilique :

- **Perspective :**

La création de perspectives vers l'environnement extérieur ou vers une aire ouverte intérieure favorise le sentiment de liberté de l'utilisateur et procure un sentiment de sécurité et de contrôle, en particulier lorsqu'il s'agit d'espaces isolés ou d'environnements non familiers.

En matière d'espaces intérieurs ou d'espaces urbains denses, la perspective est la possibilité de voir d'un espace à un autre, et est renforcée lorsqu'il y a des distinctions claires et la possibilité de voir à travers plusieurs espaces (**Hildebrand, G, 1991**).

Les perspectives peuvent être créées dans des cages d'escalier, grâce à une succession de cloisons vitrées, ou simplement en créant une vue donnant sur l'extérieur, contrôlée de manière à encadrer et diriger la vue.

Ce principe est issu des recherches sur la préférence visuelle et les réactions à l'anthropologie culturelle, la psychologie évolutionniste et l'analyse architecturale.

Les bienfaits sur la santé incluent des réductions de stress, d'ennui, d'irritabilité, de fatigue et de vulnérabilité perçue, ainsi que l'amélioration du confort.

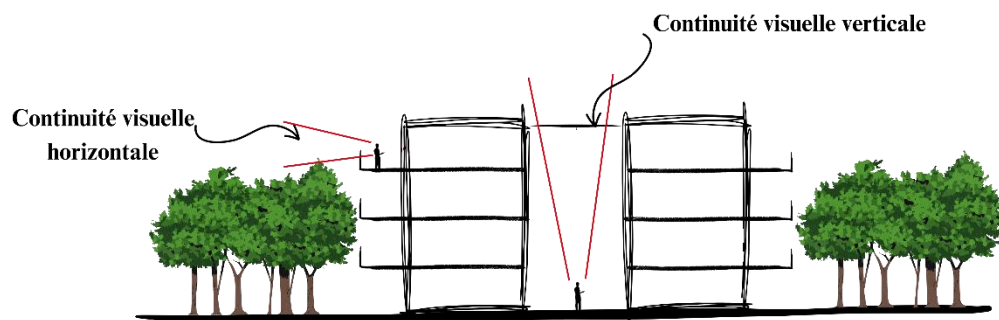


Figure 17 : Perspective, Source : auteur

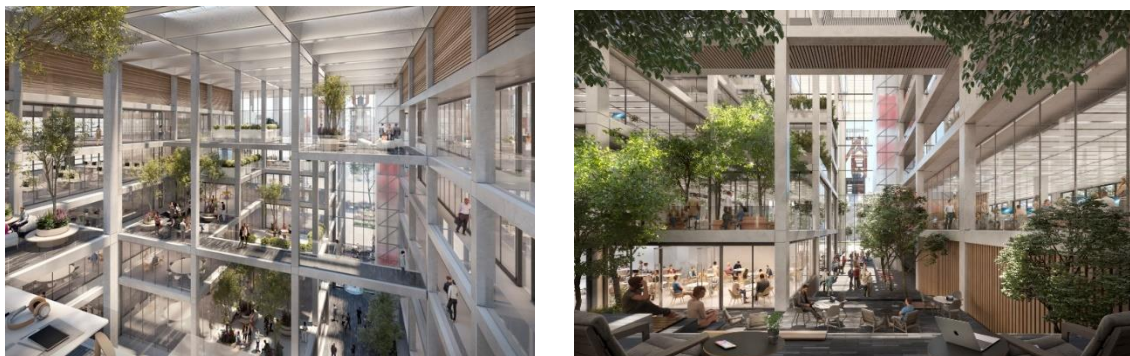


Figure 18: Foster + Partners Designs ICÔNE, à New Office Complex in Belval, Luxembourg, Source : Archdaily

- **Le refuge :**

Il représente un petit espace où l'utilisateur peut se mettre en retrait des espaces principaux plus achalandés et bruyants.

L'objectif principal du principe du refuge est de fournir aux usagers un environnement facile d'accès et sécurisant ; soit une petite partie d'un espace plus important, qui favorise la récupération.

L'objectif secondaire est de limiter l'accès visuel dans l'espace de refuge. La principale condition spatiale est d'avoir une protection au-dessus de soi et derrière soi, de préférence sur trois côtés ; le placement stratégique ou l'orientation de l'espace peuvent également influencer la qualité de l'expérience.

Le principe du refuge est issu des recherches sur les préférences visuelles et les réactions à l'aménagement spatial, et leurs relations aux conditions de la perspective.

Les conditions de refuge ont montré leur importance lors d'expériences sur la restauration et sur la réduction du stress, grâce à la baisse de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque. Parmi les autres avantages du refuge, on peut citer une réduction de l'irritabilité, de la fatigue et de la vulnérabilité perçues, ainsi qu'une augmentation de la concentration, de l'attention, la perception et de la sécurité (**Ulrich, R.S, 1993**)

Ce principe se manifeste par exemple dans les bureaux contemporains par la création de petit Phone Booth ou salle de travail individuelle où l'on peut se retrouver pour se concentrer ou se reposer ou simplement par l'insertion dans l'espace de fauteuils à haut dossier ou de zones partiellement fermées dédiées à des activités plus calmes.

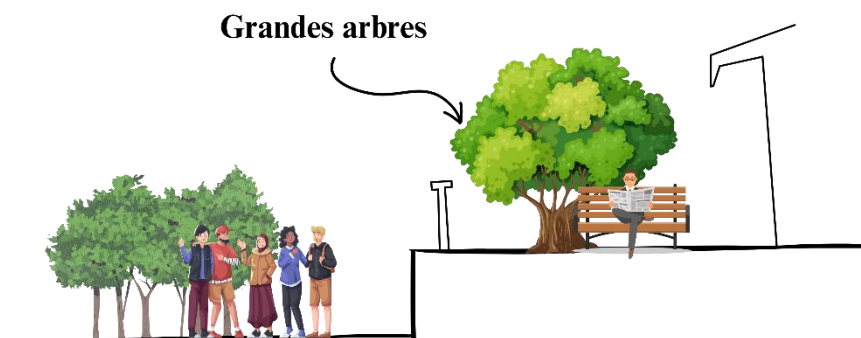


Figure 19 : Refuge, Source : auteur



Figure 20: Maggie's center thomas heatherwick, Source: architects journal.co.uk



Figure 21 : Daewha kang's biophilic design, Source : designcurial.com

- **Mystère :**

Le principe de mystère repose en grande partie sur l'idée que les gens ont deux besoins fondamentaux dans leur environnement : comprendre et explorer (**Kaplan, R. et S. Kaplan, 1989**) et que ces « besoins fondamentaux » doivent se manifester « à partir de la position actuelle » pour engendrer un sentiment de mystère (**Herzog, T.R. et A.G. Bryce, 2007**)

Le modèle de mystère est issu des recherches sur la préférence visuelle et les dangers apparents, ainsi que sur les réactions de plaisir aux situations anticipées. Le mystère déclenche une forte réaction de plaisir dans le cerveau. Un mécanisme qui pourrait être similaire à celui de l'anticipation. Ce qui expliquerait pourquoi écouter de la musique est tellement agréable, car nous devinons ce qui va suivre. Les bénéfices dus à des conditions mystérieuses permettent d'augmenter l'attrait pour un espace, d'accroître la curiosité et d'accentuer l'intérêt à obtenir plus d'informations.

L'élément de mystère peut prendre forme dans un aménagement par la création de corridors sinueux qui conduisent vers une pièce surprise, par le passage au travers d'éléments bloquant partiellement la vue pour nous mener vers une perspective panoramique. L'idée est ici de dévoiler lentement, au rythme de l'utilisateur, ce qui l'attend pour créer une atmosphère de mystère et de découverte.

L'objectif du principe de mystère est de fournir un environnement fonctionnel qui encourage l'exploration tout en réduisant le stress et en permettant la récupération cognitive. Alors que les autres principes de la « nature de l'espace » peuvent être vécus dans une position immobile, le mystère implique le mouvement et l'analyse à partir d'un endroit. Il doit être perçu d'une manière fondamentalement positive.

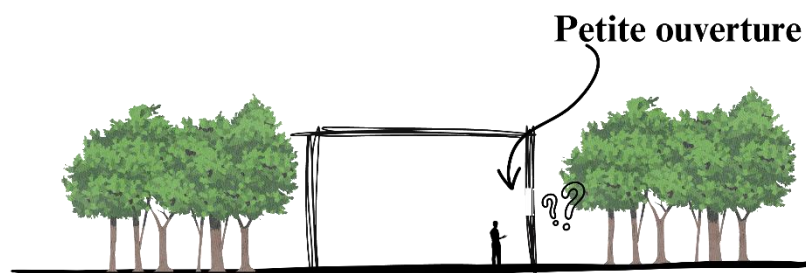


Figure 22 : Mystère, Source : auteur



Figure 23: Pezo von Ellrichshausen Discuss Their Philosophy of Human-Scaled, Source: Archdaily



Figure 24 : Toh Crescent / Hyla, Source : Archdaily

- **Le risque :**

Incorporer des éléments qui semblent risqués, sans l'être, peut amener à l'utilisateur de l'espace un sentiment d'excitation, créer des émotions fortes et un désir d'explorer l'espace.

Le risque peut être généré par une réaction innée, déclenchée par un danger proche et présent. Cependant, ce danger est inerte et incapable de causer des dommages en raison d'un élément fiable de sécurité. La différence entre risque et la peur est le niveau de menace et la perception de contrôle (**Rapee, R, 1997**)

La prise de conscience d'un risque maîtrisable peut initier des expériences positives qui donnent lieu à de fortes réactions de dopamine ou de plaisir. Ces expériences jouent un rôle dans l'élaboration d'évaluation des risques au cours de l'enfance. Chez les adultes, quelques doses de dopamine soutiennent la motivation, la mémoire, la résolution de problèmes et des réactions de lutte. En revanche, une exposition prolongée à des conditions de risque intenses peut conduire à une production excessive de dopamine, qui est impliquée dans la dépression et les troubles d'humeur.

Le risque pourrait prendre la forme d'une passerelle de verre surplombant le rez-de-chaussée, donnant ainsi l'impression de déambuler dans le vide.

Principes de conception pouvant créer de bonnes conditions en matière de risque :

- Les interventions en matière de risque sont généralement tout à fait délibérées, et en tant que telles ne seront pas appropriées pour tous les groupes d'utilisateurs ou de lieux.

- Les stratégies seront plus faciles à mettre en œuvre si elles sont incorporées dès la phase de conception.
- L'élément de sécurité doit protéger l'utilisateur contre les blessures, tout en permettant de vivre le risque.

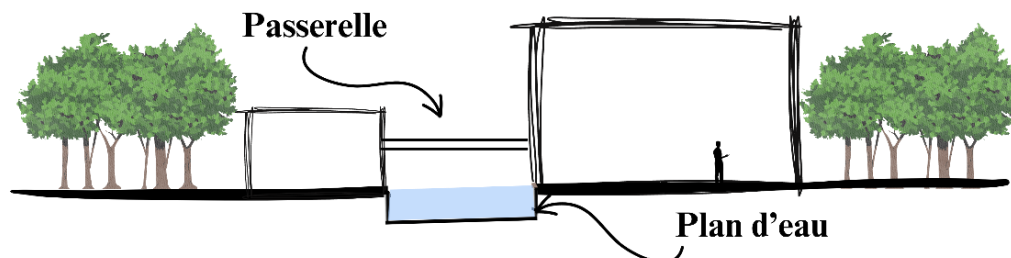


Figure 25 : Risque, Source : auteur

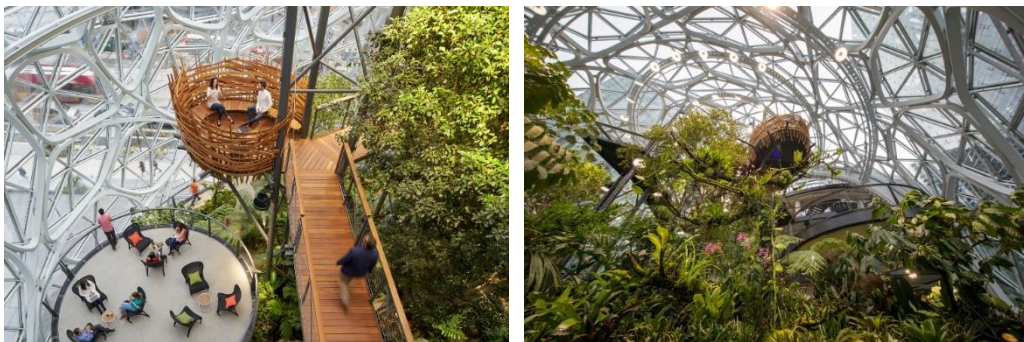


Figure 26: The sphere, NBBJ, Source: Archdaily

### 2.2.3.3 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. Les exemples communs comprennent les plantes en pots, les parterres de fleurs, les mangeoires pour oiseaux, les jardins de papillons, les jeux d'eau, fontaines, aquariums, patios et murs ou toits végétalisés. Les expériences les plus fortes de la Nature Dans l'Espace sont atteintes grâce à la création de liens directs et sensés avec ces éléments naturels, en particulier à travers la diversité, le mouvement et les interactions multi sensorielles.

La Nature Dans l'Espace englobe sept (7) modèles de conception biophilique :

- **Lien visuel avec la nature :**

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

Un espace avec une bonne connexion visuelle avec la nature saisit l'attention et peut être stimulant ou calmant. Il peut faire prendre conscience du temps, de la météo et de la présence d'autres organismes vivants. Ce principe est issu des recherches sur les préférences visuelles et sur les réactions aux paysages de nature qui démontrent un stress réduit, un fonctionnement émotionnel plus positif et une meilleure concentration et de taux de récupération. La récupération de stress grâce aux liens visuels avec la nature a été atteinte via la baisse de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque ; la réduction de la fatigue attentionnelle, la tristesse, la colère et l'agressivité ; une amélioration mentale de la concentration et de l'écoute, et une attitude de bonheur général. Il est également prouvé que la réduction du stress est liée à des expériences au sein de la nature réelle et des vues d'images de la nature.

L'objectif du lien visuel avec la nature est de fournir un environnement qui aide l'individu à détourner son attention afin de reposer ses muscles de l'œil et d'atténuer la fatigue cognitive. L'effet d'une pratique s'améliorera lorsque la qualité de la vue et la quantité de biodiversité visible augmentent.

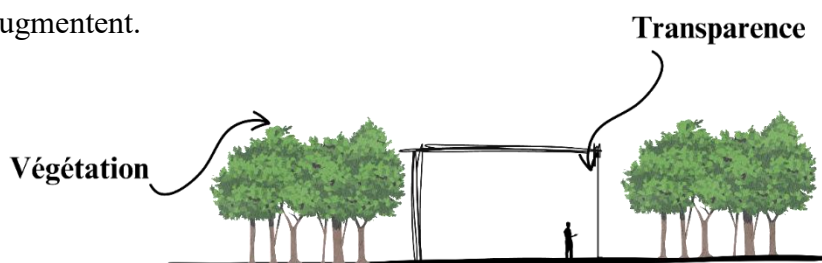


Figure 27 : Coupe montrant le lien visuel avec la nature, Source : auteur

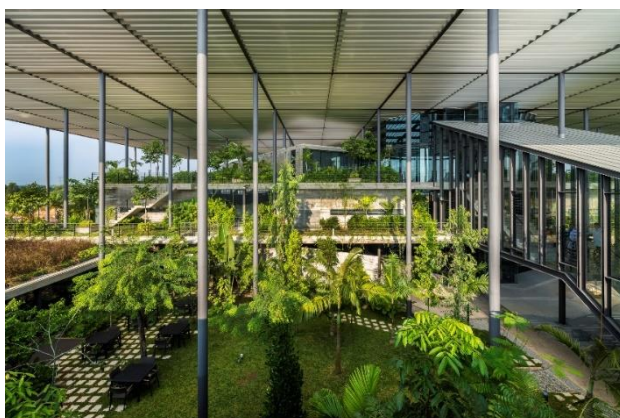


Figure 28: Factory in the Forest, Snd Bhd, Source: Archdaily



Figure 29: Woven city, BIG, Source: BIG

- **Lien invisible avec la nature :**

Un espace avec une connexion invisible avec la nature est bien équilibré. C'est une bouffée d'air frais. Les conditions ambiantes sont complexes à percevoir et variables. Elles sont à la fois familières et confortables ; les sons, les arômes et les textures suggèrent l'immersion en pleine nature.

Ce principe est issu de plusieurs recherches : sur la réduction de la pression artérielle systolique et des hormones de stress ; sur l'impact des sons et des vibrations sur les performances cognitives ; et sur les améliorations constatées de la santé mentale et de la tranquillité suite à des interactions sensorielles non-visuelles avec la nature non-menaçante. Chaque système sensoriel a fait l'objet d'études poussées.

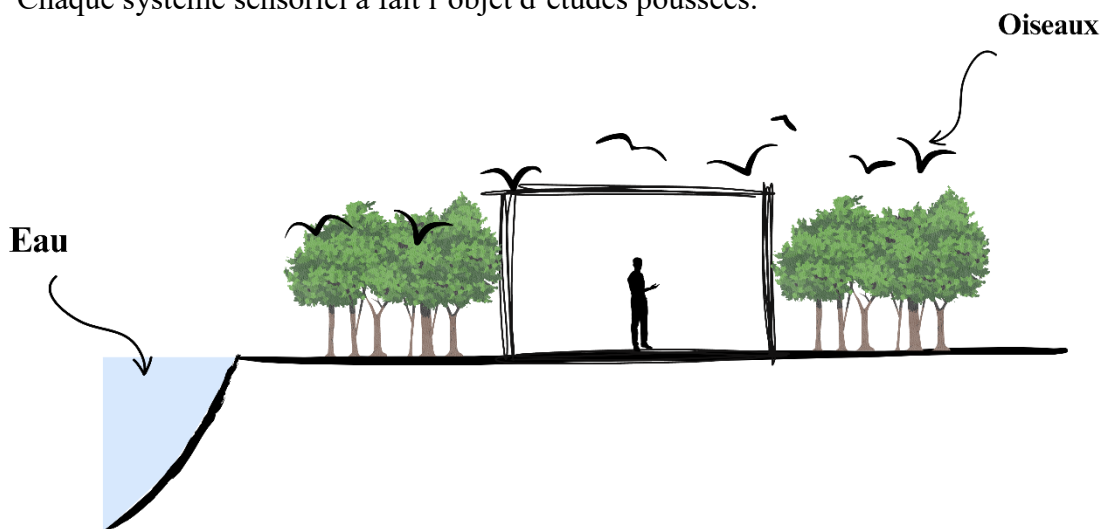


Figure 30 : Coupe montrant le lien non visuel avec la nature, Source : auteur

**Auditif :** La recherche démontre qu'après un stress psychologique l'exposition aux sons naturels, accélère la restauration physiologique et psychologique jusqu'à 37 % plus rapidement (Alvarsson et al, 2010) que l'exposition aux sons issus d'un milieu urbain ou de bureaux. L'exposition aux sons naturels réduit également la fatigue cognitive et contribue à la motivation (Jahncke et al., 2011). Les participants à une étude qui ont écouté des sons de rivière ou vu un film de nature avec des sons de rivière durant une période de restauration post-travail ont déclaré avoir plus d'énergie et une plus grande motivation après la période de référence, par rapport aux participants qui ont seulement écouté des bruits de bureau ou du silence (Jahncke et al, 2011). En outre, regarder un film avec de la nature et des sons de rivière durant une période de restauration a un effet plus positif que simplement écouter des sons de rivière uniquement.



Le bruit des vagues et celui des véhicules peuvent avoir une grille sonore très similaire.

Lors d'une expérience à l'aide d'un son synthétisé qui reproduit celui des vagues et la structure sonore du trafic, les chercheurs ont observé que les participants traitaient le son synthétisé dans différentes parties du cerveau. En effet, selon qu'ils observaient en parallèle une vidéo de vagues, ou de circulation de véhicules (**Hunter et al., 2010**), les participants considéraient le son comme agréable en regardant la vidéo de vagues, mais désagréable lors de la visualisation de la vidéo du trafic. Cette étude suggère un lien fort entre nos systèmes sensoriels visuels et auditifs, et le bien-être psychologique.

**Olfactif :** Notre système olfactif traite les odeurs directement dans le cerveau. Les odeurs peuvent donc être reliées à des souvenirs et des émotions. Les médecines traditionnelles utilisent depuis longtemps les huiles végétales pour calmer ou dynamiser les sens. Des études ont également montré que l'exposition olfactive aux herbes et phytocides (huiles essentielles provenant d'arbres) ont un effet positif sur le processus de guérison et le système immunitaire humain (**Li et al., 2012 ; Kim et al., 2007**)

**Tactile :** La zoothérapie est connue pour avoir de profonds effets apaisants sur les patients, que ce soit par la compagnie ou par l'acte de caresser la fourrure d'animaux domestiques. Par ailleurs, les activités de jardinage et d'horticulture engendrent quant à elles l'envie de protéger l'environnement. Chez les enfants, ces activités réduisent la fatigue auto-déclarée. Elles préservent également la souplesse des articulations chez les adultes (**Yamane et al., 2004**) et réduisent la perception de la douleur chez les populations âgées souffrant d'arthrite.

L'étude a également démontré que le fait de toucher de vraies plantes, par rapport aux plantes synthétiques, induit une relaxation grâce à un changement du débit sanguin cérébral (**Koga et Iwasaki, 2013**). Ces exemples donnent lieu de croire que le contact avec d'autres éléments de la nature, comme l'eau ou certaines matières premières, pourrait aboutir à des résultats similaires.

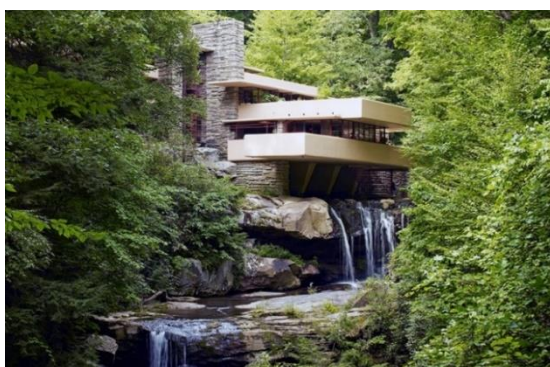


Figure 31: Falling water house frank lloyd wright,  
Source: Smarthistory



Figure 32: Falling water house frank lloyd wright, Source: Smarthistory

- **Stimulations sensorielles non-rythmiques :**

Liens stochastiques et éphémères avec la nature qui peuvent être analysés statistiquement, mais ne sont pas forcément prévisibles de façon précise.

Le principe de stimulations sensorielles non-rythmiques est issu des recherches sur le comportement du regard (en particulier sur les mouvements réflexes de la vision périphérique), sur les modèles de relaxation de la lentille focale de l'œil ; De la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique et l'activité du système nerveux sympathique, et des mesures comportementales observées et quantifiées de l'attention et de l'exploration.

Des études sur les réactions humaines aux mouvements stochastiques d'éléments naturels et sur l'exposition momentanée aux sons et parfums naturels ont donné la preuve d'une récupération physiologique chez les sujets étudiés. Par exemple, lorsque vous êtes assis à regarder un écran d'ordinateur ou êtes en train d'accomplir n'importe quelle tâche avec une focale courte visuelle, la lentille de votre œil s'arrondit avec la contraction des muscles oculaires. Lorsque ces muscles restent contractés pendant une période prolongée, c'est-à-dire, plus de 20 minutes à la fois, une fatigue peut se produire, se manifestant par une fatigue oculaire, des maux de tête et de l'inconfort physique.

Une distraction visuelle ou auditive périodique mais brève qui provoque un changement de regard (durée supérieure à 20 secondes) et pour une distance différente (supérieure à 6 m) permet de courtes pauses mentales au cours desquelles les muscles se détendent et les lentilles s'aplatissent (Lewis, 2012 ; Navire, 2012)

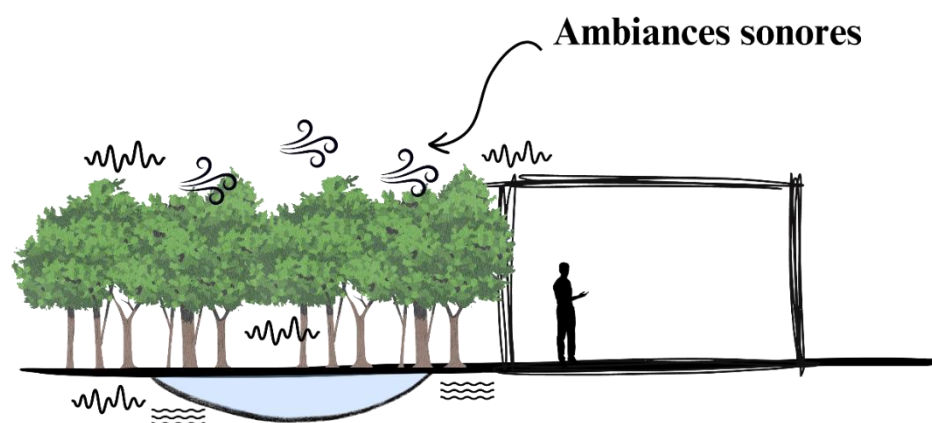


Figure 33 : Coupe montrant les stimulations sensorielles non rythmiques, Source : auteur



Figure 34: Dockside green busby perkins+will, Source: pwlpartnership.com avec modification

- **Variabilité thermique et renouvellement de l'air :**

Des changements subtils de température, du taux d'humidité, du flux d'air qui imitent les environnements naturels.

Le principe de variabilité thermique et d'air est issu des recherches mesurant les effets de la ventilation naturelle, de la variabilité thermique et du confort sur les travailleurs, leur bien-être et leur productivité. Des études complémentaires se sont portées sur leur physiologie et leur perception du plaisir temporel et spatial (Alli esthésie) ; sur l'impact des mouvements de la nature sur leur concentration ; et en général, sur les effets négatifs de l'approche classique de la conception thermique, qui se focalise uniquement sur la température d'un espace limite, son humidité et sa ventilation tout en minimisant sa variabilité.

Les recherches montrent que les gens aiment des niveaux modérés de variabilité sensorielle de l'environnement, notamment pour la variation de la luminosité, du bruit et de la température. Mais, un environnement dépourvu de stimulations sensorielles et de variabilité peut conduire à l'ennui et la passivité.

Le principe de variabilité thermique et de ventilation vise à fournir un environnement qui permet aux individus d'expérimenter les effets positifs de la variabilité du débit d'air et de la variabilité thermique. L'idée est également de donner à l'utilisateur la possibilité de contrôler les conditions thermiques, soit en utilisant des contrôles individuels, ou en permettant l'accès des occupants aux conditions ambiantes variables dans l'espace.

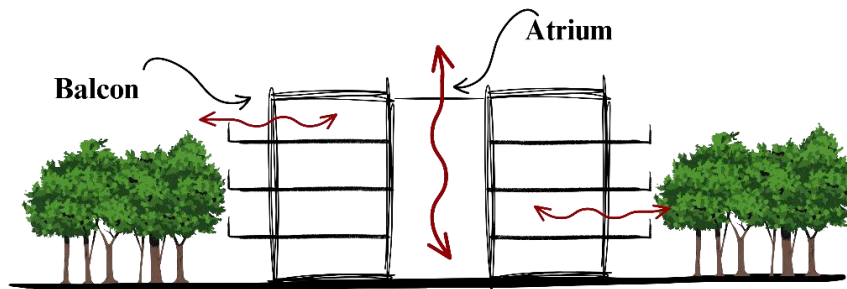


Figure 35 : Coupe montrant les variabilités thermiques et le renouvellement d'air, Source : auteur



Figure 36: Stacked Planters House / VTN, Source: Archdaily



Figure 37 : Ha Long Villa / VTN, Source : Archdaily

- **Présence de l'eau :**

Une condition qui améliore la perception d'un lieu à travers la vue, le bruit ou le toucher de l'eau.

Le principe d'amélioration de l'espace grâce à la présence de l'eau est issu une fois encore de différentes recherches sur les préférences visuelles et les réactions émotionnelles positives aux environnements contenant des éléments d'eau. Ces réactions sont variées et se caractérisent par la réduction du stress, l'augmentation du sentiment de quiétude et une diminution du rythme cardiaque et de la pression artérielle suite à une exposition à des jeux d'eau par exemple. La présence de l'eau permet également une meilleure concentration et la restauration de la mémoire induite par des stimuli visuels complexes, naturellement fluctuants. Enfin, l'eau améliore la réceptivité psychologique et physiologique lorsque plusieurs sens sont stimulés simultanément.

Les recherches sur les préférences visuelles indiquent une préférence pour une vue sur l'eau claire (c'est-à-dire non polluée) (Heerwagen, J.H. et G.H. Orians, 1993)

Les études sur les réactions aux activités menées dans les espaces verts soulignent que la présence de l'eau améliore l'estime de soi et l'humeur des participants par rapport à celles

des individus ayant pratiqué des activités dans des environnements verts sans présence d'eau.

Le bruit et le toucher de l'eau réduisent également le stress. (Alvarsson, J., S. Wiens et M. Nilsson, 2010)

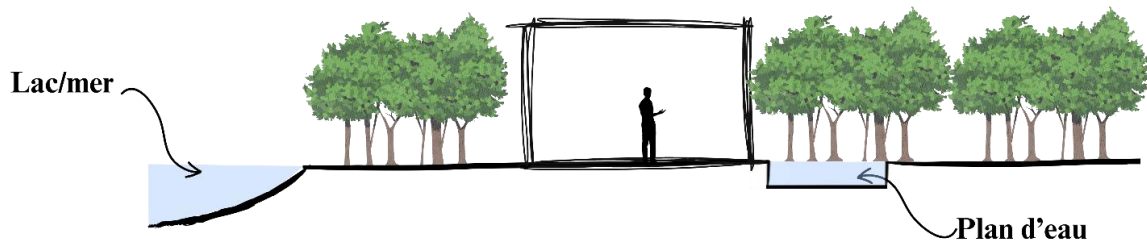


Figure 38 : La présence de l'eau à l'intérieur et l'extérieur de l'espace, Source : auteur

Le principe d'introduction de l'eau souhaite capitaliser sur les attributs multisensoriels de l'eau pour améliorer le vécu d'un lieu d'une manière qui soit apaisante, qui invite à la contemplation, qui améliore l'humeur et assure le repos cognitif.



Figure 39: Museum of photography shoji ueda, Source: ana-cooljapan.com

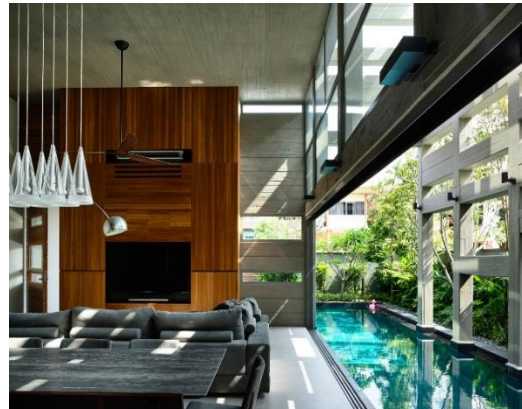


Figure 40: Concrete Light House / Hyla, Source: Archdaily

- **Lumière dynamique et diffuse :**

L'utilisation intelligente de la lumière et de l'ombre afin d'imiter des conditions d'éclairage ou dès les premières études ont montré que la productivité est plus élevée dans les lieux de travail inondés par la lumière naturelle du jour. Les ventes sont plus élevées dans les magasins éclairés naturellement, et les enfants ont de meilleures notes dans les salles de classe éclairées naturellement et avec des vues sur l'extérieur – les recherches portaient sur les stratégies d'éclairage et de performance, et moins sur la biologie humaine rythmes circadiens présents dans la nature.

Une recherche récente s'est concentrée sur la fluctuation d'éclairage et le confort visuel, les facteurs humains et la perception de la lumière, et les impacts de l'éclairage sur le fonctionnement du système circadien. La lumière du soleil change de couleur, du jaune le matin au bleu à midi, et au rouge dans l'après-midi ; le corps humain réagit à cette transition de couleur de la lumière du jour. La réponse est apparente dans la température corporelle, le rythme cardiaque et le rythme circadien.

L'objectif du principe de lumière dynamique et diffuse est double : fournir aux utilisateurs les options d'éclairage qui stimulent l'œil et retiennent l'attention d'une manière qui engendre une réponse positive psychologique ou physiologique, et pour aider à maintenir le fonctionnement du système circadien. L'objectif ne devrait pas être de créer une distribution uniforme de la lumière à travers un espace (ennuyeux), ni de créer des différences extrêmes (c.-à-d., gêne d'éblouissement).

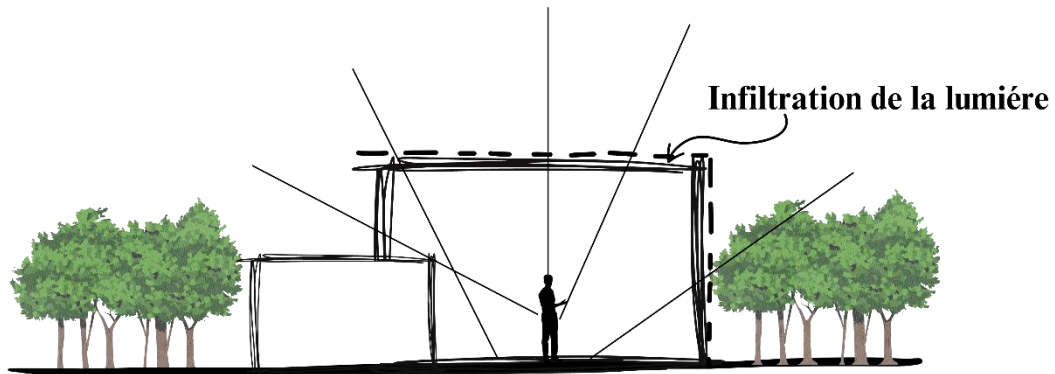


Figure 41 : Coupe montrant la lumière dynamique et diffuse, Source : auteur



Figure 42: Joint research center, Source: [www.big.dk](http://www.big.dk)

- **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.

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.

L'objectif du principe de lien avec les systèmes naturels est d'accroître à la fois la connaissance sur la nature et la bonne gestion des écosystèmes. Une stratégie élaborée autour de ce principe peut être aussi simple que d'identifier le contenu sémantique dans une vue de la nature (les arbres à feuilles caduques dans les jardins ou la floraison des orchidées sur le rebord de la fenêtre). Ou encore, il peut s'agir d'établir une relation entre le comportement des usagers des bâtiments et l'eau de pluie (biosphères tropicales, évacuation des eaux de pluie), en réglementant les activités domestiques (douche, lessive) au cours d'épisodes de pluie. Dans les deux cas, la composante temporelle est généralement le facteur-clé dans la reconnaissance des formes et le déclenchement d'une conscience plus profonde d'un écosystème.

Principes de conception et occasions pour aider à créer des liens de qualité avec les systèmes naturels :

- Intégration de la récupération des eaux de pluie et réalisation d'un plan paysager qui puisse entrer en interaction avec la pluie.
- Dans certains cas, fournir un accès visuel aux systèmes naturels existants sera l'approche la plus simple et la plus rentable. Dans d'autres cas, l'incorporation des tactiques de conceptions réactives (par exemple, utiliser des matériaux qui changent de forme ou étendent leur fonction avec l'exposition à la chaleur solaire, le vent, la pluie/humidité ou l'ombre), les structures (par exemple, les puits à degrés) et les formations terrestres (biosphères, oueds, dunes) sera nécessaire pour atteindre le niveau désiré de sensibilisation
- Concevoir des possibilités interactives, surtout pour les enfants, les patients et les personnes âgées (programme d'enseignement intégratif ; programmes d'horticulture, jardins communautaires ; cuisine/alimentation saisonnière)

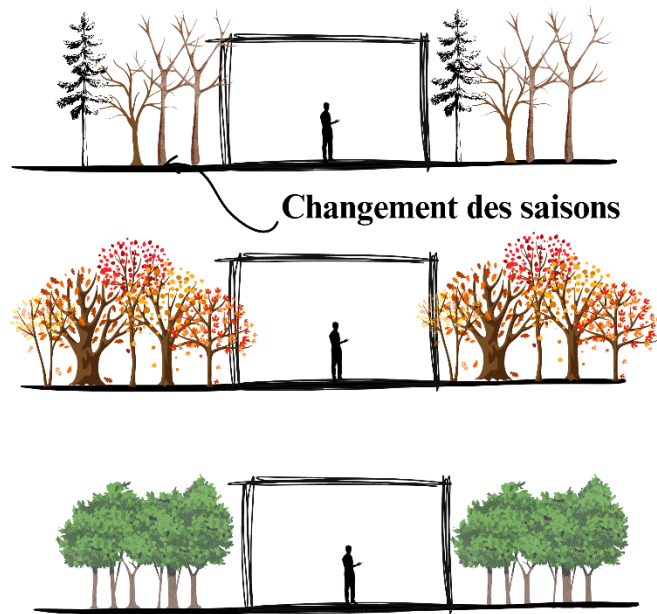


Figure 43 : Lien avec les systèmes naturels, Source : auteur



Figure 44: Garden of the four seasons carlo ratti, Source: floornature.com

#### 2.2.4 Efficacité énergétique :

Il y a plusieurs manières de définir l'efficacité énergétique, et nous en examinerons quelques-unes :

L'efficacité énergétique (ou efficacité énergétique) se définit comme le rapport entre l'énergie utile délivrée par un système et l'énergie consommée pour son fonctionnement. Ce concept est lié au service énergétique, qui désigne la fonction assurée par un équipement (par exemple, une ampoule ou un véhicule) grâce à une source d'énergie telle que l'électricité ou un combustible. (eqinov,2023)

L'efficacité énergétique c'est réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utilisé l'énergie à qualité de vie constante [Salomon, et al., 2004].



L'efficacité énergétique se définit comme une consommation en énergie moindre pour le même service rendu. La notion d'efficacité énergétique est à distinguer de celle de l'intensité énergétique, qui représente la quantité d'énergie consommée pour produire une quantité de PIB. Elle ne se confond pas non plus avec celle de sobriété énergétique. Cette dernière est consensuelle si elle vise à éviter les gaspillages [De Béthencourt, et al., 2013].

### 2.2.4.1 Efficacité énergétique dans le bâtiment :

L'efficacité énergétique dans le bâtiment se réfère à la réduction à la source de la consommation d'énergie nécessaire pour fournir un même service, sans compromettre le niveau de bien-être ou la qualité du service dans les bâtiments. En d'autres termes, il s'agit d'optimiser l'utilisation de l'énergie tout en maintenant une qualité de vie constante. (SoiSalomon,S et Bedel, S,2004)

D'après le rapport final de la « *comparaison internationale bâtiment et énergie* » initié par le programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT), construction neuve ou en réhabilitation, un bâtiment efficace énergétiquement est avant tout un concept d'ensemble saisissant dans un même processus l'architecture, le climat, l'enveloppe et les équipements. (PREBAT, ADEME et CSTB,2007)

Plusieurs paramètres sont pris en compte pour rendre un bâtiment efficace d'un point de vue énergétique (SoiSalomon,S et Bedel, S,2004):

- **L'isolation thermique :** qui définit largement la performance énergétique d'une bâtisse. Pour éviter la déperdition thermique, l'isolation requiert l'utilisation d'équipements spécifiques comme le triple vitrage pour portes et fenêtres ou le système d'isolation thermique par l'extérieur.
- **La ventilation :** dont le bon fonctionnement évite les pertes énergétiques à travers notamment un système de ventilation mécanique contrôlé.
- **L'orientation du bâtiment :** de manière à ce que le logement profite pleinement de la lumière et de la chaleur du soleil. Une maison enclavée est évidemment plus énergivore.
- **Les équipements électriques** qu'il faut choisir en fonction de leur impact sur la consommation énergétique global du bâtiment. Les équipements économes sont plus favorables à l'efficacité énergétique.

#### 2.2.4.2 L'objectif de l'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique vise plusieurs objectifs essentiels dans divers domaines (**hellocarbo,2023**) :

##### ➤ **Objectifs écologiques :**

- 1-Réduire les émissions de gaz à effet de serre pour lutter contre le changement climatique.
- 2-Améliorer l'empreinte écologique des entreprises et des bâtiments.

##### ➤ **Objectifs économiques :**

- 1-Réduire les coûts énergétiques et réaliser des économies financières.
- 2-Favoriser l'indépendance énergétique et limiter les importations.
- 3-Soutenir la compétitivité des entreprises.

##### ➤ **Objectifs réglementaires :**

- 1-Atteindre les objectifs de réduction de la consommation fixés par l'Union Européenne (par exemple, 20% d'ici 2020).
- 2-Respecter les réglementations thermiques pour les bâtiments neufs et existants.

##### ➤ **Objectifs sociaux :**

- 1-Améliorer le confort et la qualité de vie des occupants dans les bâtiments.
- 2-Créer des emplois dans les secteurs de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.

#### 2.2.5 *Performance énergétique :*

La performance énergétique d'un bâtiment représente la quantité d'énergie consommée annuellement, influencée par plusieurs facteurs tels que la qualité de la construction, l'efficacité des équipements énergétiques, et le mode de fonctionnement du bâtiment. C'est un élément crucial dans la réduction des consommations d'énergie et la diminution des émissions de gaz à effet de serre. (**Decarbonation2030,2023**)

Concrètement, la performance énergétique est un levier majeur dans la transition énergétique. Elle est souvent mesurée à l'aide du Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), un outil qui évalue la consommation énergétique d'un bâtiment et son impact environnemental. Cette évaluation permet de mieux comprendre la consommation énergétique et d'identifier des pistes d'amélioration. (**Primes-energie.leclerc,2024**)

La performance énergétique est étroitement liée à l'efficacité énergétique, qui se réfère au rapport entre l'énergie utilisée par un bâtiment et celle effectivement consommée. La

performance énergétique sert ainsi de référence pour évaluer la dépense énergétique globale du bâtiment sur une année donnée.

Dans le contexte de la transition écologique et énergétique, améliorer la performance énergétique d'un bâtiment revient à réduire sa consommation estimée d'énergie tout en maintenant ou en améliorant le confort thermique des occupants. Cela implique souvent des mesures telles que l'optimisation de l'isolation thermique, l'installation de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation efficaces, ainsi que l'utilisation d'équipements énergétiques performants. **(Xpair,2024)**

En somme, la notion de performance énergétique des bâtiments joue un rôle central dans les efforts visant à réduire l'empreinte carbone des bâtiments et à atteindre les objectifs de durabilité énergétique à l'échelle mondiale. Son amélioration continue est essentielle pour contribuer efficacement à la lutte contre le changement climatique et assurer une gestion durable des ressources énergétiques.

### 2.2.6 *Confort et architecture :*

#### 2.2.6 .1 Définition du confort :

Le confort dans un bâtiment repose sur les caractéristiques de l'environnement intérieur et se définit comme le degré de satisfaction ou d'inconfort ressenti par le corps humain vis-à-vis de son environnement ou de l'espace environnant. Il est également déterminé par la relation entre des conditions ambiantes physiquement mesurables et les conditions individuelles qui influent sur notre perception. Les conditions de confort varient dans le temps et dans l'espace en fonction de trois principaux facteurs : le facteur social (lié aux différentes couches sociales), le facteur géographique (avec des variations régionales) et le facteur historique (évoluant au fil des périodes). **(Ecophon,2024)**

Ainsi, le confort n'est pas une notion intrinsèque, mais plutôt une construction culturelle qui émerge et évolue selon les mythes et les valeurs prédominantes de la société dans laquelle il se manifeste.

**Selon J. DESMONS** « Le confort est une notion subjective. Une ambiance donnée peut satisfaire un individu et pas un autre. En effet, le confort dépend de nombreux facteurs en dehors de l'ambiance elle-même. Ces facteurs sont : la santé, l'âge, la façon dont on est vêtu, les habitudes, l'état psychologique du moment, etc. il est donc presque utopique d'espérer

satisfaire la totalité des individus se trouvant dans une même enceinte climatisée ». (4Desmons, Jean. 2009)

#### 2.2.6 .2 Définition du confort en architecture :

Selon Larousse 1982 le confort est le bien-être matériel résultant des commodités de ce dont on dispose.

Le confort en architecture est un concept complexe et multidimensionnel qui vise à créer des espaces où les occupants se sentent bien physiquement, mentalement et émotionnellement. Chaque aspect contribue à une expérience positive et à la qualité de vie dans un bâtiment ou un espace construit.

En architecture, le confort peut être classé en deux principaux types : Confort physiologique, Confort psychologique.

#### **1-Confort physiologique :**

- **Le confort thermique :** est essentiel pour assurer une sensation de bien-être en contrôlant la température, l'humidité et la circulation de l'air. Il dépend de l'efficacité des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC), de l'isolation thermique du bâtiment, ainsi que de sa conception bioclimatique et de son orientation.
- **Le confort acoustique :** se rapporte à la qualité de l'environnement sonore. Il est amélioré par une bonne isolation phonique, l'utilisation de matériaux absorbants acoustiques et une bonne disposition des espaces pour minimiser le bruit indésirable et améliorer la qualité de la parole.
- **Le confort olfactif :** se réfère à la qualité de l'air intérieur et à l'absence d'odeurs désagréables. Une ventilation adéquate et la gestion des sources potentielles de pollution de l'air contribuent à un bon confort olfactif.

#### **2-Confort psychologique :**

- **Le confort visuel :** concerne la qualité de la lumière naturelle et artificielle dans l'espace. Une bonne conception architecturale utilise l'éclairage naturel pour réduire la dépendance à l'éclairage artificiel, assurant un éclairage adéquat qui n'éblouit pas.

Tous ces aspects du confort en architecture sont interdépendants et visent à créer des espaces qui soutiennent le bien-être global des occupants, favorisant leur productivité, leur santé et leur bonheur. Un bon confort en architecture ne se limite pas à répondre aux besoins physiques, mais cherche également à améliorer la qualité de vie et à promouvoir une relation harmonieuse avec l'environnement construit. (**Formation bâtiment durable,2021**)

### 2.2.7 Confort thermique :

#### 2.2.7.1 Définition :

Le confort thermique est une expérience individuelle qui nécessite une gestion proactive des conditions environnementales pour maintenir une sensation de chaleur ou de fraîcheur optimale selon la saison. En hiver, cela implique de fournir une chaleur adéquate sans causer de surchauffe, tandis qu'en été, l'accent est mis sur la réduction de la chaleur pour éviter les niveaux inconfortables de température. Une attention équilibrée à ces facteurs peut contribuer grandement à améliorer le bien-être et la productivité des individus dans leur environnement quotidien.

#### 2.2.7.2 Les facteurs influant sur le confort thermique :

**-La température ambiante :** est le facteur le plus perceptible influençant le confort thermique. Une température trop élevée rend un espace étouffant, tandis qu'une température trop basse le rend froid et inhospitalier. Le confort thermique varie également selon des facteurs individuels tels que l'âge, le sexe, l'activité physique, les vêtements et l'acclimatation. Ce qui est confortable pour l'un peut ne pas l'être pour un autre. Pour assurer un confort optimal, il est crucial de maintenir une température stable, ce qui peut être réalisé grâce à un bon système de chauffage et de climatisation, ou à une isolation efficace des fenêtres.

**-Les matériaux de construction :** influencent également le confort thermique. Les matériaux à bonne conductivité thermique, comme le métal, aident à dissiper la chaleur en été et à la conserver en hiver. Une isolation efficace est cruciale pour minimiser la perte de chaleur en hiver et empêcher son entrée en été, stabilisant ainsi la température intérieure.

**-Les mouvements d'air :** influencent également le confort thermique. Un flux d'air constant aide à évacuer l'excès de chaleur et à fournir de l'air frais, améliorant ainsi le confort. En période froide, une bonne ventilation répartit uniformément la chaleur, souvent grâce à des

systèmes de chauffage ou de ventilation mécanique contrôlée (VMC), qui maintiennent une température agréable dans tout le bâtiment.

**-La ventilation :** est cruciale non seulement pour la circulation de l'air et le contrôle de la température, mais aussi pour la qualité de l'air. Un air pur et frais améliore considérablement le confort thermique. Si vous vivez en appartement et avez du mal à créer des courants d'air, voici trois astuces pour améliorer le confort thermique en intérieur.

**-Le rôle de l'occupant :** est crucial pour le confort thermique. Les préférences varient beaucoup, certaines personnes aiment un environnement plus chaud, d'autres plus frais. De plus, les activités et la tenue vestimentaire influencent la perception du confort. Par exemple, une personne faisant de l'exercice préférera un espace plus frais qu'une personne lisant assise.

### 2.2.7.3 L'isolation thermique :

L'isolation thermique, qui vise à réduire les transferts de chaleur entre les milieux chauds et froids, est essentielle pour économiser l'énergie. Les isolants thermiques, en limitant ces transferts, réduisent les besoins énergétiques des habitations. Cette diversité d'isolants résulte de leurs propriétés variables, certains étant mieux adaptés selon les situations, l'architecture, l'environnement et le confort de vie recherché.

Un bâtiment mal isolé perd de la chaleur en hiver et surchauffe rapidement en été, pouvant entraîner une perte de jusqu'à 25 % de la chaleur du logement. Cependant, une isolation performante permet de réduire considérablement les factures de chauffage ou de climatisation en diminuant les déperditions thermiques.

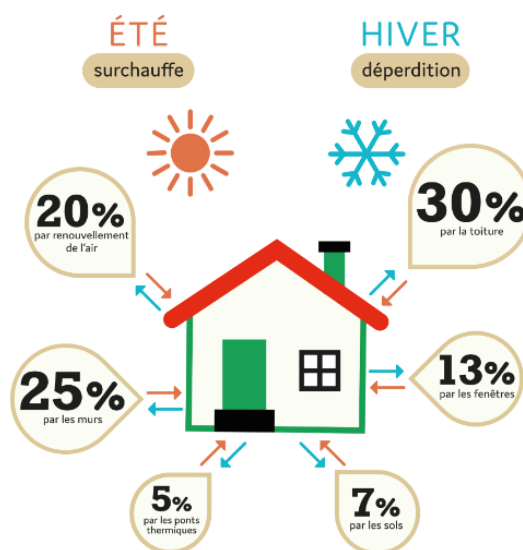


Figure 45 : Ensemble des déperdition thermique, Source : google photo

2.2.8 *Bien être :*2.2.8.1 Définition du bien être :

Un bien-être décrit le fait d'avoir une bonne qualité de vie, un état de satisfaction personnelle, de confort, qui considère séparément ou conjointement comme des aspects positifs et/ou appropriés tels que la santé ou le bien-être psychobiologique, le succès social, économique ou professionnel, le plaisir personnel, la joie de vivre, l'harmonie avec soi-même et l'environnement, le sentiment de s'être réalisé en atteignant certains objectifs, la présomption d'avoir obtenu une vie personnelle et culturellement appropriée, la conviction que l'on est une bonne personne en accord avec les opinions de tiers, etc...**(aquaportail,2023)**

2.2.8.2 Types de bien-être :

Ces dernières années, le bien-être est devenu un sujet de plus en plus discuté, particulièrement depuis la pandémie mondiale. Cette attention grandissante reflète un intérêt accru pour les différents aspects du bien-être. En explorant ces dimensions, on peut mieux comprendre comment chacune contribue de manière spécifique à une vie équilibrée et épanouissante. Cette reconnaissance croissante souligne l'importance du bien-être dans toutes les sphères de la vie. Parmi ces types, nous citerons quelques-uns :

- **Le bien-être physique :** Il englobe la santé corporelle, l'activité physique régulière, une alimentation équilibrée et un sommeil de qualité. Maintenir un corps en bonne santé physique contribue à une meilleure qualité de vie.
- **Le bien-être émotionnel :** Cette dimension concerne la gestion des émotions, la capacité à exprimer ses sentiments de manière saine, et la préservation d'un équilibre émotionnel. Un bien-être émotionnel solide favorise des relations positives et une perception optimiste de la vie.
- **Le bien-être environnemental :** Elle se rapporte à l'harmonie avec l'environnement, la connexion avec la nature et le respect de l'écosystème. Adopter des comportements respectueux de l'environnement contribue à préserver la planète.

### 2.2.8.3 Le bien-être en architecture :

Le bien-être en architecture, également connu sous le nom de "wellness architecture", est une approche de conception qui met l'accent sur la création d'environnements bâtis qui favorisent le bien-être physique, mental et émotionnel des occupants. Cette approche intègre des éléments tels que des matériaux sains, une utilisation innovante de l'espace, une abondance de lumière naturelle, des vues sur la nature, des espaces verts, et la création des espaces qui favorisent un mode de vie sain et équilibré. **(In-mezzo,2020)**

L'architecture pour le bien-être est devenue une tendance importante dans le domaine de la construction, avec une attention croissante portée à la création d'environnements bâtis qui favorisent la santé et le bonheur des individus. Cette approche reconnaît l'impact significatif de l'environnement bâti sur la santé physique, mentale et émotionnelle, et vise à créer des espaces qui soutiennent le bien-être holistique des occupants. **(Uia-architectes.org,2022)**

### 2.2.8.4 Les Facteurs contribuant au bien-être des occupants :

Les facteurs contribuant au bien-être des occupants dans l'architecture sont multiples et englobent divers aspects. Parmi les éléments clés qui sont souvent pris en compte pour favoriser le bien-être dans les espaces bâtis on cite :

- **Intégration de la nature :** L'architecture qui intègre des éléments naturels tels que la lumière naturelle, les vues sur la nature, les espaces verts et l'utilisation de matériaux naturels contribuent au bien-être des occupants en favorisant la connexion avec la nature et en réduisant le stress. **(Archipelcollection,2024)**
- **Qualité de l'air intérieur :** Une bonne qualité de l'air intérieur est essentielle pour le bien-être des occupants. Cela implique la ventilation adéquate, la réduction des polluants et des allergènes, et la régulation de l'humidité. **(Confort et bien etre,2023)**
- **Confort thermique et acoustique :** Des conditions thermiques et acoustiques confortables sont importantes pour le bien-être. Cela inclut le contrôle de la température, la réduction du bruit et la création d'espaces calmes. **(Lamaisonsaintgobain,2024)**
- **Flexibilité et adaptabilité :** Les espaces bâtis qui offrent de la flexibilité et la possibilité d'adaptation aux besoins changeants des occupants favorisent le bien-être à long terme. **(Lamaisonsaintgobain,2024)**



- **Conception centrée sur l'humain** : Une conception qui prend en compte les besoins, les préférences et le mode de vie des occupants contribue au bien-être en créant des espaces qui répondent à leurs besoins spécifiques. (**Observatoire du bien être dans les immeubles,2022**)

### 2.2.9 Les équipements et les espaces de bien-être :

Les centres de bien-être sont des lieux consacrés à la relaxation, à la santé physique et mentale, ainsi qu'à l'épanouissement personnel. Ils proposent une large gamme de services et d'installations pour répondre aux besoins variés des clients en quête de bien-être. Parmi les espaces les plus importants, nous citons ci-dessous :

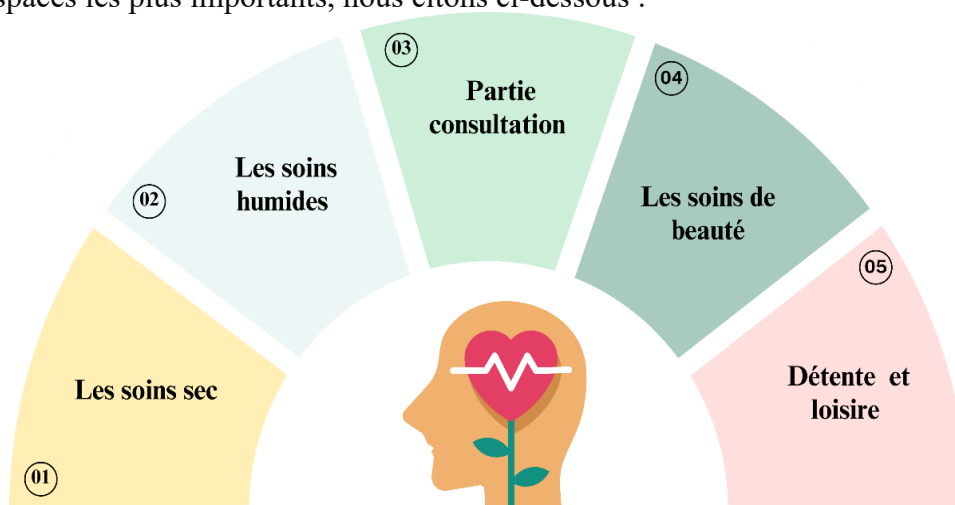


Figure 46 : Schéma représente les unités fondamentaux, Source : auteur

#### 2.2.9.1 Les soins secs :

Les soins secs sont des techniques de soin corporel sans utilisation d'eau ou de produits liquides, visant à exfolier, masser, et améliorer la circulation et le bien-être général.

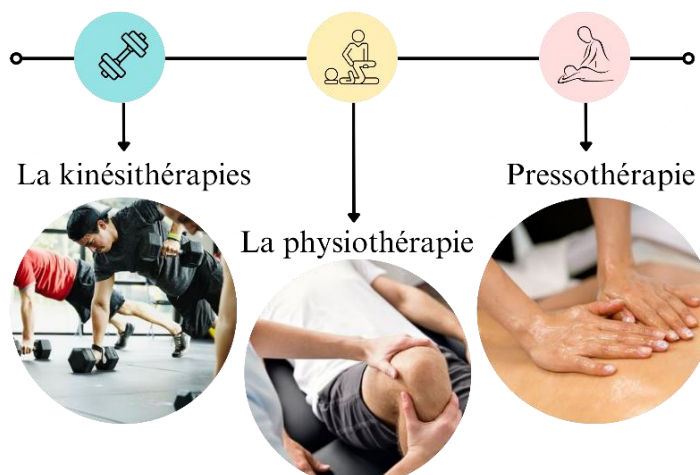


Figure 47 : Schéma représente les espaces de soins secs, Source : auteur

2.3.9.2 Les soins humides :

Les soins humides sont des techniques de soin corporel utilisant de l'eau ou des produits liquides pour hydrater, nettoyer, et traiter la peau, favorisant ainsi la détente et le bien-être.

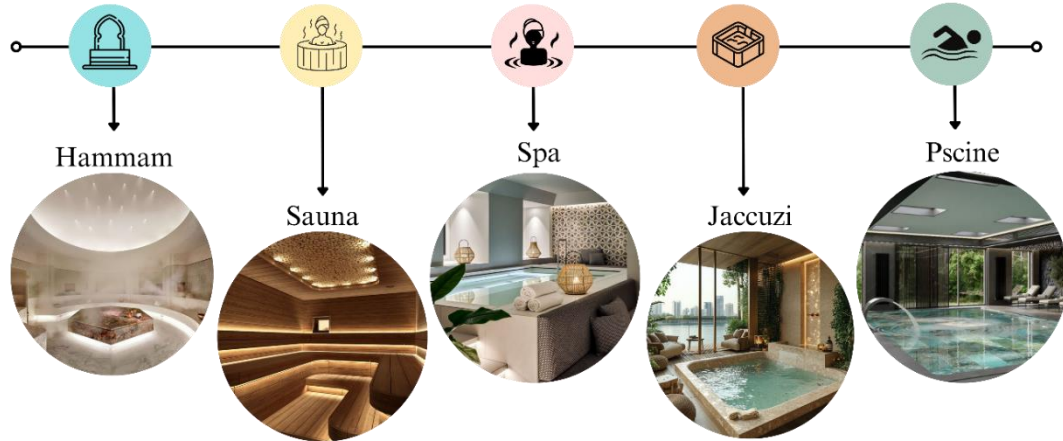


Figure 48 : Schéma représente les espaces de soins humides, Source : auteur

2.2.9.3 Les parties de consultation :

Les parties de consultation en clinique et en pharmacie impliquent des évaluations de santé, des diagnostics, des conseils médicaux et la prescription de traitements par des professionnels de la santé.

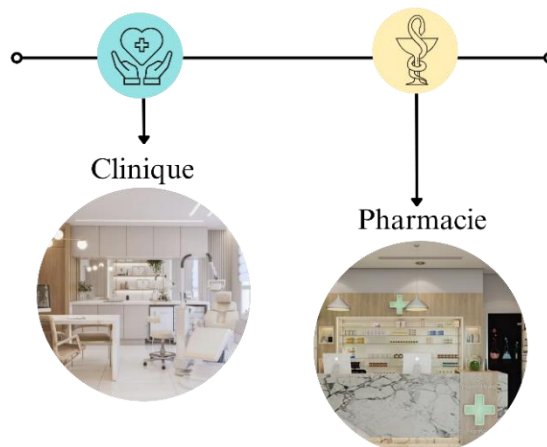


Figure 49 : Schéma représente les espaces les parties de consultation, Source : auteur

2.2.9.4 Les soins de beauté :

Les soins beauté font référence aux méthodes et aux produits utilisés pour préserver et améliorer l'apparence esthétique



Figure 50 : Schéma représente les espaces les soins beauté, Source : auteur

### 2.2.9.5 Détente et loisirs :

Les espaces de détente et loisirs sont des lieux conçus pour offrir des activités de relaxation, de divertissement et de loisirs, favorisant ainsi le bien-être et la détente des individus.

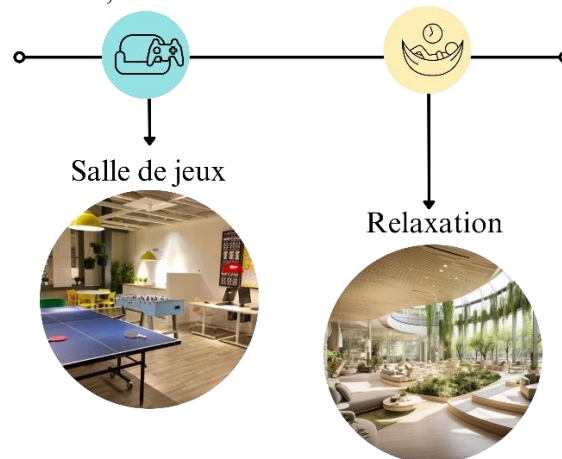


Figure 51 : Schéma représente les espaces les espaces détente et loisirs, Source : auteur

## 2.3. Synthèse du chapitre :

Dans ce chapitre, l'exploration de la synergie entre la conception biophilique, l'efficacité énergétique et le confort thermique met en lumière une approche intégrée essentielle pour la création d'environnements bâtis durables et propices au bien-être des occupants. La conception biophilique va au-delà de l'ornementation des structures en intégrant des éléments naturels tels que la lumière naturelle abondante, l'utilisation de matériaux biologiques et la création d'espaces verts. Ces aspects ne se limitent pas à un aspect esthétique ; ils enrichissent profondément l'expérience humaine en intérieur en réduisant le stress, en améliorant la concentration et en favorisant la récupération physique et mentale des individus.

Parallèlement, l'efficacité énergétique joue un rôle crucial en minimisant l'empreinte écologique des bâtiments. Grâce à l'intégration de technologies innovantes et de pratiques de construction durables,

La gestion du confort thermique est également essentielle pour garantir que les occupants se sentent à l'aise et productifs dans leur environnement intérieur. Cela implique la régulation efficace de la température, de l'humidité et de la qualité de l'air, des éléments fondamentaux pour soutenir la santé et le bien-être général des individus. Des espaces bien conçus sur le plan thermique non seulement améliorent la satisfaction des occupants, mais favorisent également des conditions de travail et de vie plus saines et plus productives.

En intégrant ces principes de manière holistique, les architectes peuvent concevoir des espaces qui ne se contentent pas de répondre aux besoins fonctionnels, mais qui enrichissent véritablement la qualité de vie des utilisateurs. En favorisant une interaction harmonieuse avec l'environnement naturel et en minimisant l'impact écologique, ces approches soutiennent un développement urbain durable et équilibré. Ainsi, ce chapitre souligne avec force l'importance d'une approche intégrée et durable dans la conception architecturale contemporaine, où le bien-être humain et la préservation de l'environnement sont étroitement liés pour créer un cadre de vie viable et harmonieux pour les générations présentes et futures.

# **CHAPITRE 3**

## **CAS D'ETUDE**

### 3.1. Introduction :

La ville de Tipaza, joyau méditerranéen de l'Algérie, offre une combinaison unique de richesse historique, culturelle et naturelle. Cependant, comme de nombreuses villes à travers le monde, elle est confrontée à des défis inhérents à l'urbanisation rapide et au besoin croissant de durabilité.

Cette étude a pour but d'explorer la ville de Tipaza sous l'angle novateur de la conception biophilique, une approche visant à réconcilier l'environnement urbain avec la nature, et qui a pour ambition d'enrichir la qualité de vie des habitants tout en préservant les ressources naturelles précieuses.

L'objectif global de cette analyse serait de promouvoir une approche urbaine qui intègre harmonieusement la nature dans l'environnement bâti, améliorant ainsi la qualité de vie des résidents et contribuant à la durabilité à long terme de la ville de Tipaza.

### 3.2. PARTIE I : Partie Urbaine

#### 3.2.1 *Pour quoi la ville de Tipaza ?*

Le choix de la ville de Tipaza est motivé par plusieurs facteurs et caractéristiques spécifiques de la ville qui la rendent particulièrement adaptée à notre thématique tel que :

- **Potentiels naturels** : Tipaza offre une diversité naturelle remarquable. Les Montagnes de Chenoua proposent des sentiers de randonnée et des vues panoramiques sur la mer et la campagne, la région est enrichie par des forêts luxuriantes et de magnifiques plages.
- **Ville touristique** : Tipaza, ville touristique renommée en Algérie, est célèbre pour ses sites archéologiques romains bien préservés et ses paysages naturels spectaculaires. Elle offre des parcs comme la belle crête, des hôtels modernes comme l'Hôtel Chenoua, et divers équipements pour les activités nautiques.
- **Ville en cours de développements** : Tipaza est effectivement une ville en cours de développement en Algérie, et elle s'oriente également vers une approche énergétique et durable. Cela implique généralement des efforts pour améliorer l'efficacité énergétique.

### 3.2.2 A la découverte de la ville de Tipaza !

#### 3.2.2.1 Tipaza, une ville entre mer et montagne :

Tipaza est une ville côtière située dans le nord de l'Algérie, à environ 70 kilomètres à l'ouest de la capitale, Alger. Elle se distingue par son emplacement géographique exceptionnel, où la mer Méditerranée rencontre les montagnes de l'Atlas Tellien, créant un cadre naturel unique. Elle regroupant une population de 25080 habitants, et couvre une superficie de 1707 Km. **(Routard,2023)**

**A l'échelle nationale** elle est Limitée par :

- La mer méditerranée au nord.
- La wilaya d'Alger à l'est.
- La wilaya de Blida au sud.
- La wilaya de Ain Defla au sud-ouest.
- La wilaya de Chlef à l'ouest.

**A l'échelle territoire** elle est limitée par :

- Au Nord, par la mer méditerranée.
- Au Sud, par la Commune de Hadjout.
- A l'Est, par la Commune Sidi Rached.
- A l'Ouest, par la Commune de Cherchell et Nador.

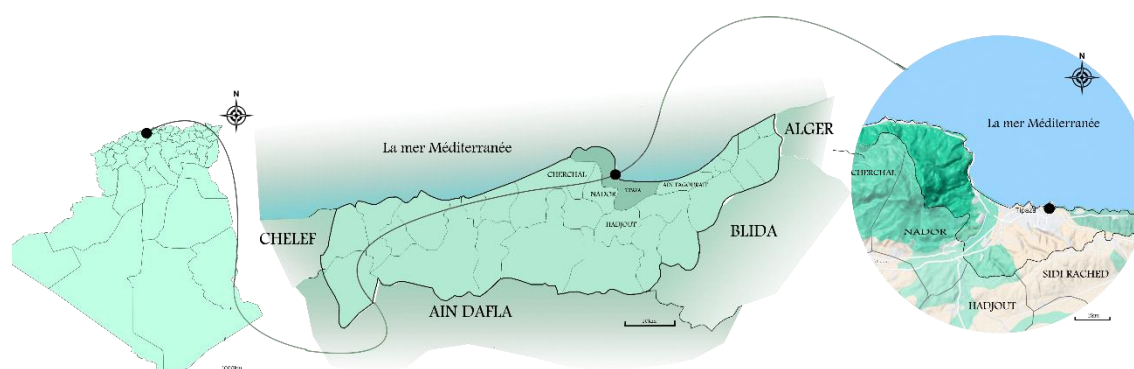


Figure 52 : La situation géographique de la ville de Tipaza, Source : mapcarta et traité par l'auteur

3.2.2.2 Tipaza, Une ville facilement accessible :

La wilaya e Tipaza est facilement accessible par :

- La route nationale (RN11) qui relie Algérie à Oran passant par Tipaza et Cherchell.
- Le chemin de la wilaya (CW109) représente l'axe longeant la corniche du Chenoua pour rejoindre plus loin la (RN11).
- Le chemin de la wilaya (CW106) qui relie Tipaza à Sidi Rached menant à Blida.



Figure53 : Carte de l'accessibilité de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

3.2.2.3 Tipaza un attrait touristique :

Tipaza constitue une destination touristique de premier choix, séduisant les visiteurs par la richesse de son patrimoine culturel, la splendeur de ses plages et son ambiance méditerranéenne typique. Dotée de vestiges romains exceptionnels, de côtes pittoresques et de rues animées, Tipaza offre une expérience touristique complète, combinant histoire, détente et aventure. En accueillant des visiteurs de tous horizons, elle se distingue par ses installations touristiques diversifiées, ce qui en fait une destination incontournable pour tous les types de voyageurs.





Figure 54 : Carte des équipements touristiques de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

#### 3.2.2.4 Tipaza et ses merveilles :

Tipaza est dotée d'une diversité géographique exceptionnelle et bénéficie d'un emplacement privilégié sur la côte méditerranéenne, offrant ainsi un potentiel naturel immense pour le tourisme. Ses paysages variés, son climat favorable et sa gamme d'activités de plein air en font une destination de choix pour les amoureux de la nature et les familles en quête d'une expérience mémorable.

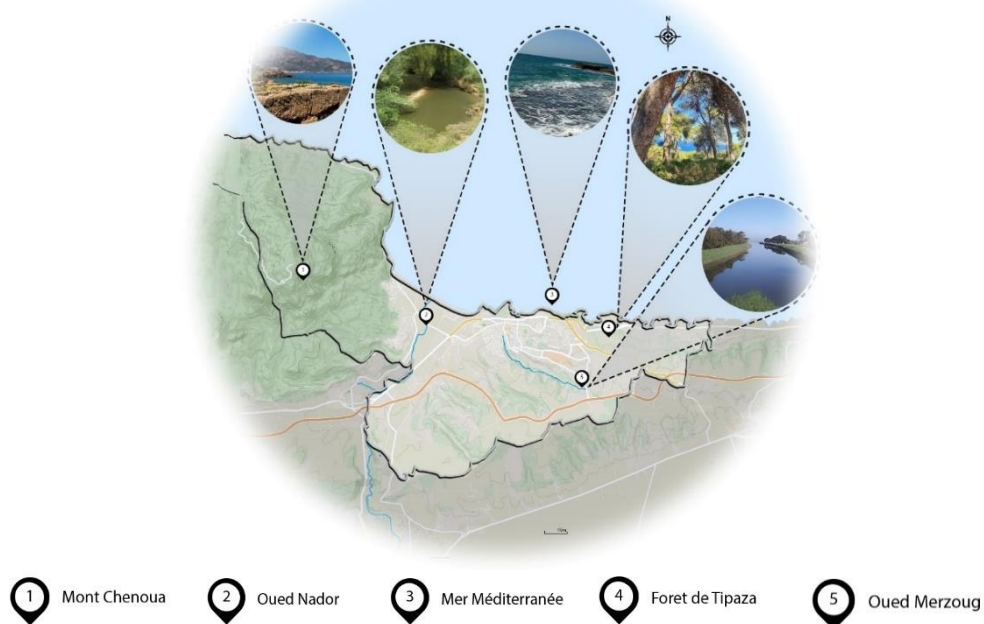


Figure 55 : Carte des potentiels naturel de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

3.2.2.5 Tipaza, et ses zones côtières :

La ville de Tipaza se caractérise par sa division en trois ensembles distincts, chacun offrant des paysages et des caractéristiques géographiques uniques :

- **Ensemble Est :** Cette partie abrite la ville de Tipaza elle-même. Le littoral est marqué par la présence de dunes consolidées qui dessinent des criques et quelques promontoires, notamment celui du phare. Le relief présente une forme bombée appelée anticlinale, résultant de l'affaissement du comportement Mitidjien issu de la surrection du Sahel et de l'Atlas. Cette dynamique géologique a donné naissance à la plaine de la Mitidja, caractérisée par des terres fertiles et une grande importance agricole.
- **Ensemble central :** Cette zone correspond à la vallée de l'Oued Nador, une dépression où se sont accumulés des matériaux récents. Cette vallée est le résultat de processus géologiques et hydrologiques qui ont contribué à la formation de sols riches et fertiles, favorisant ainsi l'agriculture et la biodiversité locale.
- **Ensemble Ouest :** Cette partie de Tipaza est représentée par le massif du Chenoua, qui a été affecté par des déformations tectoniques. Le relief y est varié, passant de formations géologiques datant de l'ère primaire au sud à des formations plus récentes au nord. Ce massif offre des paysages montagneux impressionnants, propices à la randonnée, à l'escalade et à la découverte de la faune et de la flore locales



Figure 56 : Carte de topographie 3d de la ville de Tipaza, Source : google earth auteur et traité par l'auteur

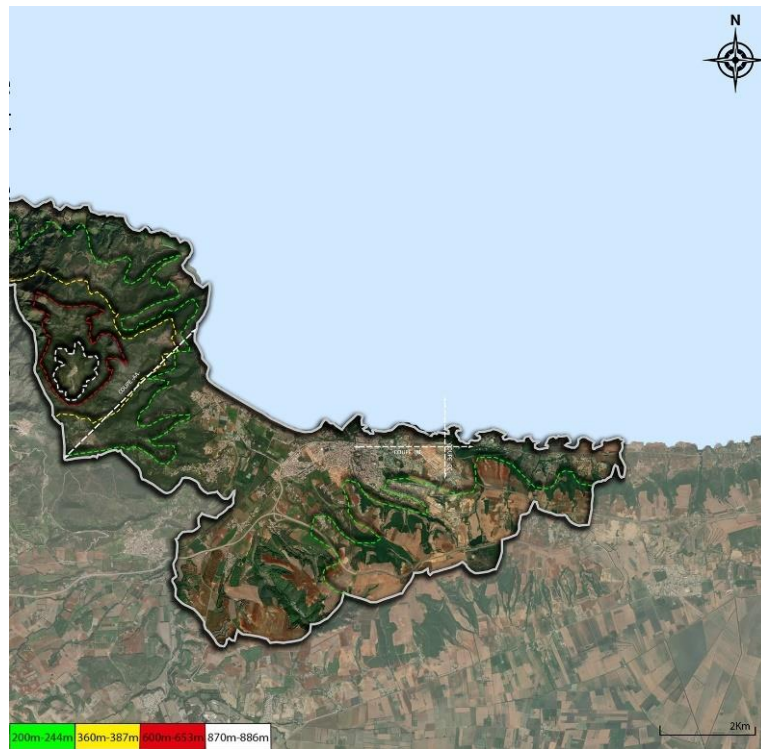


Figure 57 : Carte de topographie de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

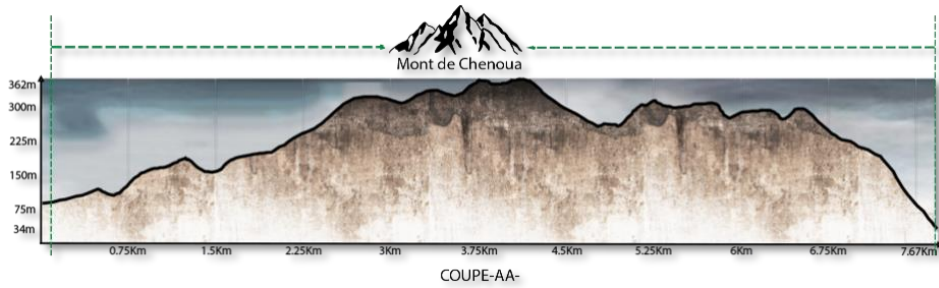


Figure 58 : Schéma de la coupe-AA-, Source : auteur

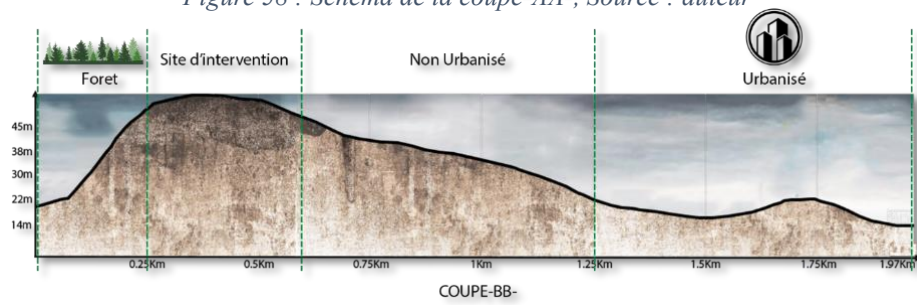


Figure 59 : Schéma de la coupe-BB-, Source : auteur

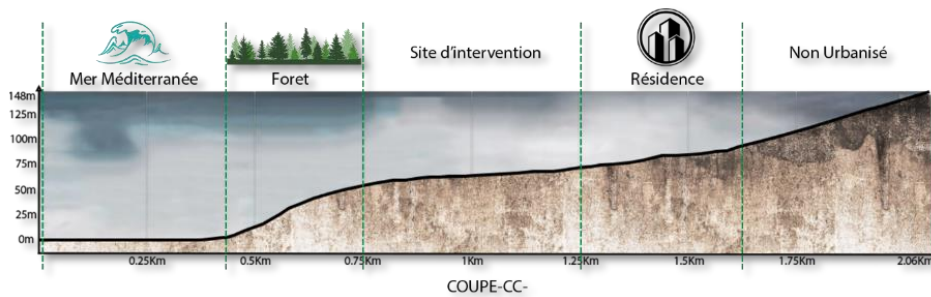


Figure 60 : Schéma de la coupe-CC-, Source : auteur

### 3.2.3 Dans quelle partie de la ville, peut-on intervenir ?

Notre cas d'étude (aire d'étude) se situe à la partie basse du POS AU3 de la commune de Tipaza et s'étend sur 70 hectares. Elle comprend à la fois des terrains vierges disponibles pour l'urbanisation future et des zones déjà occupées par des constructions existantes. Cette diversité offre un potentiel de développement urbain significatif, avec des opportunités pour de nouveaux projets résidentiels, commerciaux ou industriels. La revitalisation des zones déjà construites peut également être envisagée pour répondre aux besoins de la commune et favoriser sa croissance et son expansion.

Ce site d'intervention se caractérise par :

- Une situation stratégique en occupant l'entrée de la ville le long d'un axe de grande importance qui est la RN11.
- Elle bénéficie de sa proximité à la mer et aux deux parcs archéologiques classés patrimoine mondial.
- Le site offre des échappées visuelles magnifiques exceptionnelles vers le mont du Chenoua, la mer méditerranéenne, les parcs archéologiques, les centres touristiques, et la ville de Tipaza.



Figure 61 : Carte montre notre zone de l'aire d'étude, Source : google earth et traité par l'auteur

### 3.2.4 Environnements immédiats et ses vocations :

La ville de Tipaza présente plusieurs vocations qui s'entremêlent harmonieusement pour créer une communauté dynamique et diversifiée, parmi ses vocations nous en citons quelques-unes :

## CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE

- **Tourisme** : La ville attire les visiteurs grâce à ses ruines romaines et son complexe touristique La Corne d'Or, offrant une expérience méditerranéenne authentique.
- **Santé** : La présence d'un hôpital garantit l'accès aux soins médicaux de base pour les résidents et les visiteurs.
- **Agriculture** : La fertile plaine de la Mitidja soutient une activité agricole florissante, contribuant à la sécurité alimentaire locale.
- **Habitat** : Des projets de logements, comme les 1700 logements AADL HADIKA, répondent à la demande croissante en logements dans la région.
- **Administration** : Des infrastructures administratives assurent une gestion efficace de la ville, soutenant son développement urbain et social.



Figure 62 : Carte de l'environnement immédiat de l'aire d'intervention, Source : mapcarta et traité par l'auteur

3.2.5 Tipaza a un climat méditerranéen :

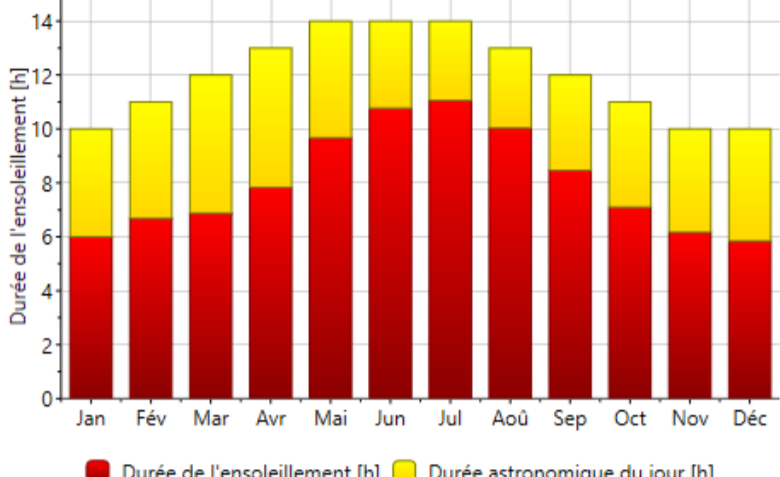
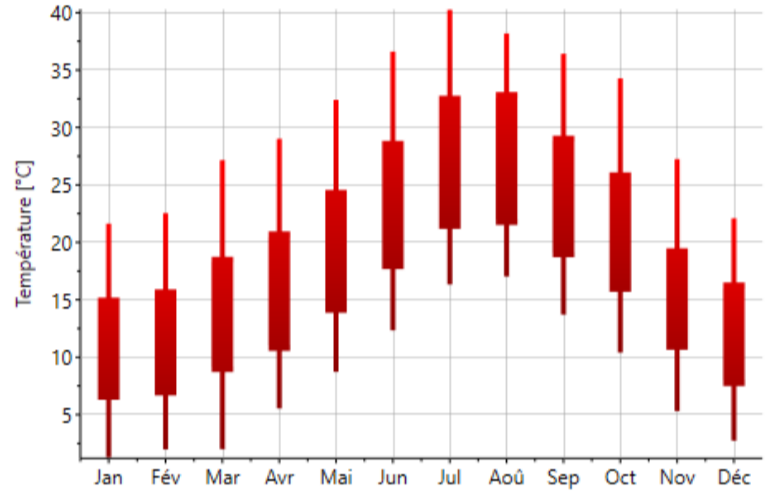
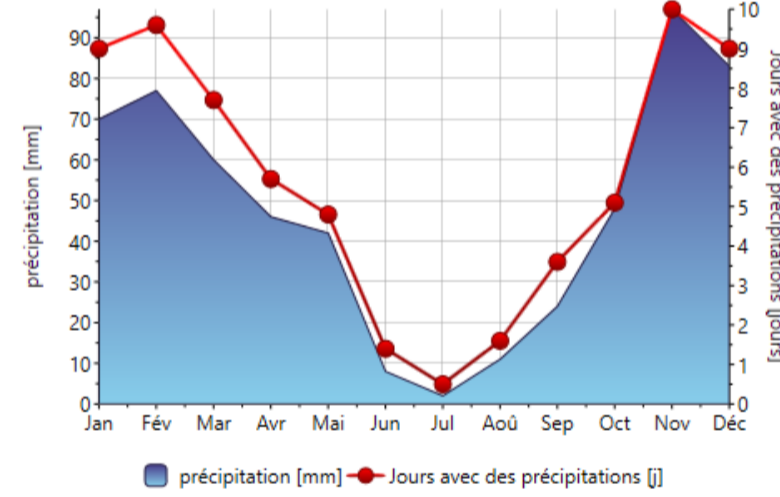
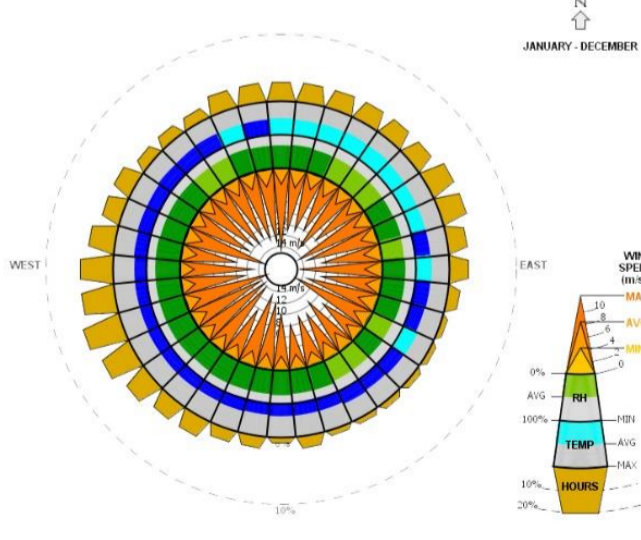
Les données	Evaluation	Illustration
<p><b>Durée d'insolation</b></p>	<p>La ville de TIPAZA bénéficie d'un bon ensoleillement.</p> <p>En été, la durée d'insolation atteint son maximum, s'élevant jusqu'à 11 heures par jour, par contre en hiver, elle ne dépasse pas les 6 heures.</p>	 <p>Figure 63 : diagramme durée d'insolation à Tipaza, Source : Meteonorm8</p>
<p><b>Température</b></p>	<p>La température varie entre un maximum de 40°C au mois de juillet, et un minimum de 0°C au mois de janvier.</p>	 <p>Figure 64 : diagramme de la température mensuelle à Tipaza, Source : Meteonorm8</p>
<p><b>Précipitation</b></p>	<p>La pluviométrie est d'environ neuf (9) mois par an. La quantité de précipitations atteints 100mm, tandis que le minimum est enregistré au mois de juillet avec 5mm seulement.</p>	 <p>Figure 65 : diagramme de la précipitation à Tipaza, Source : Meteonorm 8</p>
<p><b>Vitesse de vents</b></p>	<p>Les vents dominants soufflent en direction de l'Ouest et Nord-Est avec une vitesse maximale de 15m/s, et une vitesse minimale de 2m/s.</p>	 <p>Figure 66 : Rose des vents de la ville de Tipaza, Source : climate consultant6.0</p>

Tableau01 : analyse climatique de la ville de Tipaza, Source : auteur

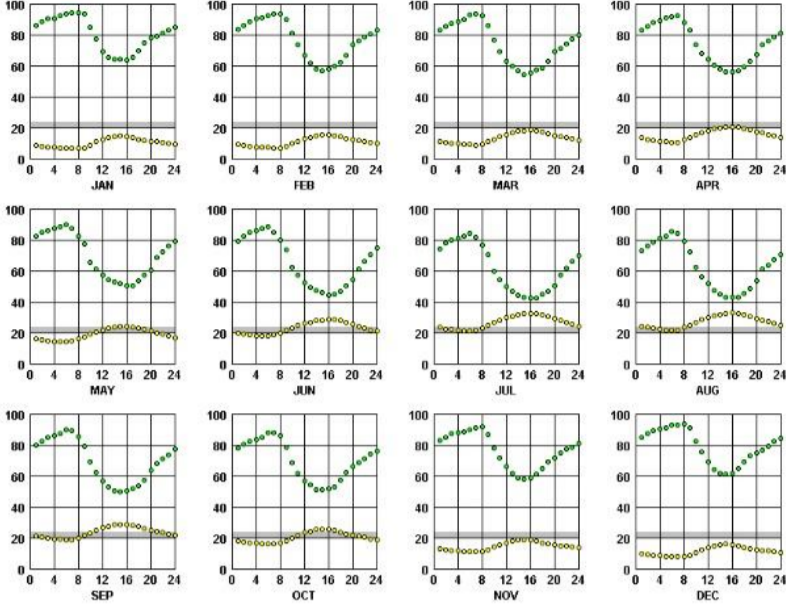
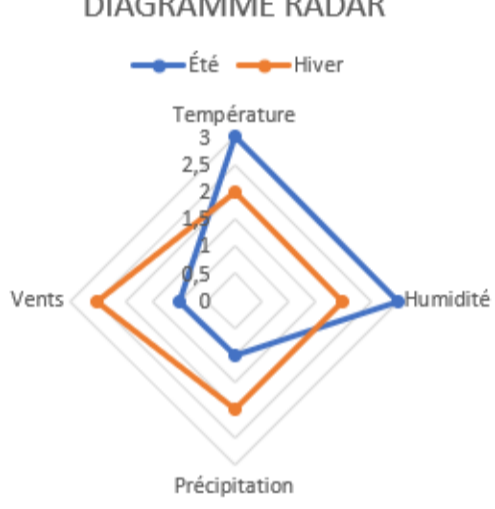
<p><b>Humidité</b></p>	<p>La Ville de Tipaza est caractérisée par un taux d'humidité élevé, il varie entre 30% et 70%.</p>	 <p>Figure 67 : L'humidité de la wilaya de Tipaza, Source : méteonorm8</p>
<p><b>Synthèse</b></p>	<p>L'analyse climatique nous permet de conclure que la ville de Tipaza se situe dans un étage bioclimatique humide avec un climat méditerranéen. Ce climat se caractérise par des hivers humides et froids, ainsi que des étés chauds et secs.</p>	<p><b>DIAGRAMME RADAR</b></p>  <p>Figure 68 : diagramme de radar dans les période estival et hivernal, Source : Excel et traité par l'auteur</p>

Tableau01 : analyse climatique de la ville de Tipaza, Source : auteur

3.2.6 Analyse avec l'outil AFOM :

Il s'agit d'un instrument qui fusionne l'étude des forces et des faiblesses (éléments internes) d'un objet d'étude, avec les opportunités et les menaces potentielles (éléments externes) dans l'environnement. Son objectif est de définir une stratégie de développement et contribuant à l'évaluation de la pertinence et de la cohérence d'une action future, que ce soit à court, moyen ou long terme.

L'analyse AFOM cherche à guider la stratégie du développement en capitalisant sur les points forts et les opportunités tout en atténuant les impacts des faiblesses et des menaces.



Figure 69 : analyse AFOM Source : mapcarta et traité par l'auteur



3.2.7 Analyse énergétique :

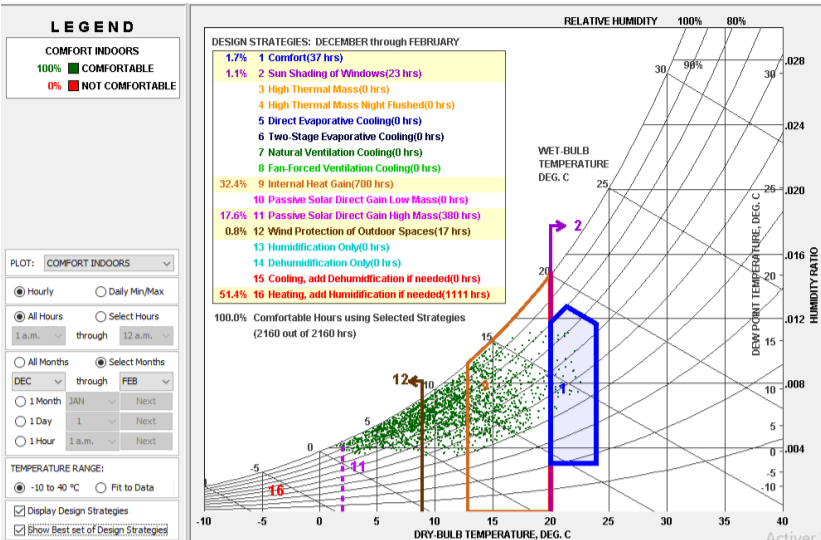
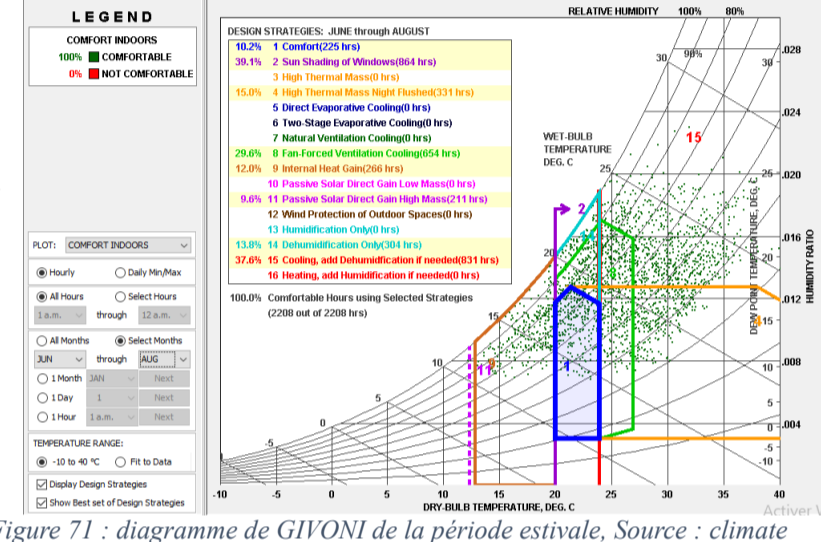
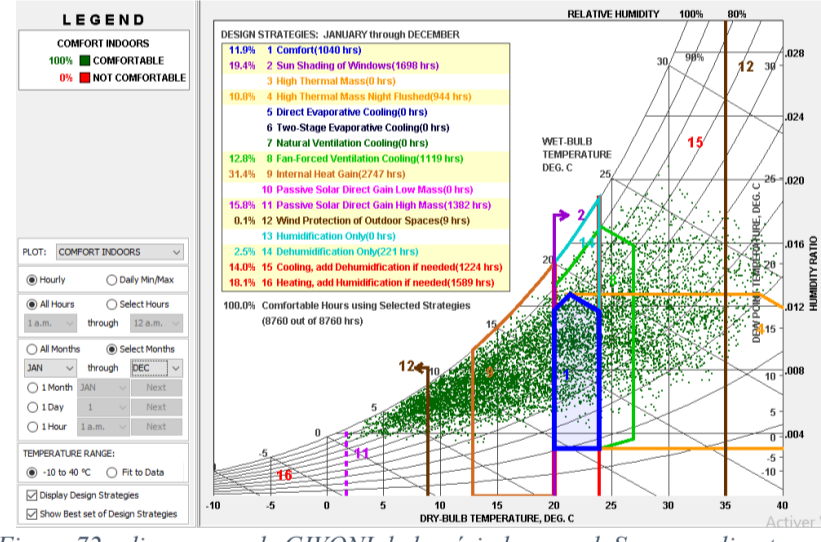
<b>Analyse bioclimatique en utilisant le diagramme psychométrique (szokolay)</b>	
<p><b>Analyse énergétique par le diagramme de GIVONI de la période hivernale</b></p>	<p>Pendant les trois (3) mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février), les techniques passives ne fournissent que 49% de confort.</p> <p>Pour atteindre un confort total de 100%, il est nécessaire d'utiliser 51% de solutions actives, en particulier un système de chauffage qui fournit 1111 heures de chauffage.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Figure 70 : diagramme de GIVONI de la période hivernale, Source : climate consultant6.0</i></p>
<p><b>Analyse énergétique par le diagramme de GIVONI de la période estivale</b></p>	<p>Pendant les trois (3) mois d'été (Juin, Juillet, Aout), les techniques passives offrent 62% de confort tandis que les techniques actives offrent 38% de confort grâce notamment à un système de climatisation qui fournit 831 heures.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Figure 71 : diagramme de GIVONI de la période estivale, Source : climate consultant6.0</i></p>
<p><b>Analyse énergétique par le diagramme de GIVONI de la période annuel</b></p>	<p>En considérant les besoins annuels en termes de pourcentage et heures de confort, on constate que les techniques passives ne fournissent que 68% de confort. Pour atteindre le confort optimal (100%), il est nécessaire de recourir à des techniques actives (32%). Le système de climatisation représente 14% et offre une durée de fonctionnement de 1224 heures. Le système de chauffage représente 18,1% et fonctionne pendant 1589 heures.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Figure 72 : diagramme de GIVONI de la période annuel, Source : climate consultant6.0</i></p>
<p><b>Synthèse</b></p>	<p>En général, le confort thermique peut être assuré grâce à des techniques passives tout au long de l'année, à l'exception de l'hiver, où il est nécessaire de recourir à des techniques actives. Les principales stratégies passives pour assurer le confort en hiver sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Protection solaire des fenêtres (1,1%).</li> <li>-Gain de chaleur interne (32,4%).</li> <li>-Solaire passif à gain direct, grande masse (17,6%)</li> <li>-Protection des espaces extérieurs contre le vent (0,8%).</li> </ul> <p><b>Stratégies actives :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Chauffage (51%).</li> </ul>

Tableau02 : analyse énergétique de la ville de Tipaza, Source : auteur

3.2.8 Plans d'action :

À la suite de l'analyse AFOM menée sur l'aire d'étude, plusieurs points clés ont émergé. Pour exploiter pleinement les forces et les opportunités tout en atténuant les risques, il est indispensable de mettre en place un plan d'action détaillé et stratégique. Ce plan a pour but de convertir les conclusions de l'analyse en initiatives concrètes et réalisables.



Figure 73 : plan d'action Source : mapcarta et traité par l'auteur

3.2.9 L'intervention urbaine : Aménagement de l'air d'étude de la wilaya de Tipaza

Notre aménagement urbain se concentre sur la création un cadre de vie qui répond aux besoins des habitants, tout en offrant des espaces publics de qualité, en favorisant la mobilité durable, en préservant l'environnement et en stimulant le développement économique. Chaque décision prise dans le cadre de ce projet vise à améliorer la qualité de vie des résidents actuels et futurs de la ville de Tipaza.

Afin d'atteindre notre objectif, nous suivons un processus en plusieurs étapes, illustrant les principales phases pour transformer notre vision et nos actions en réalité.

3.2.9.1 Les étapes du processus de l'intervention urbaine :

La première étape de notre processus consiste à analyser les potentiels naturels de la région. Cela comprend l'identification des zones à forte valeur écologique, la cartographie des ressources naturelles. Cette analyse nous permet de concevoir un plan d'aménagement qui intègre harmonieusement la nature dans notre environnement urbain

Nous passons à élargissement et la création des voies a traversé de prolongement des vois existant. Cela inclut la conception d'un réseau routier efficace, et la mise en place d'infrastructures pour les piétons. L'objectif est de garantir une mobilité fluide et accessible à tous, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et en préservant l'environnement.

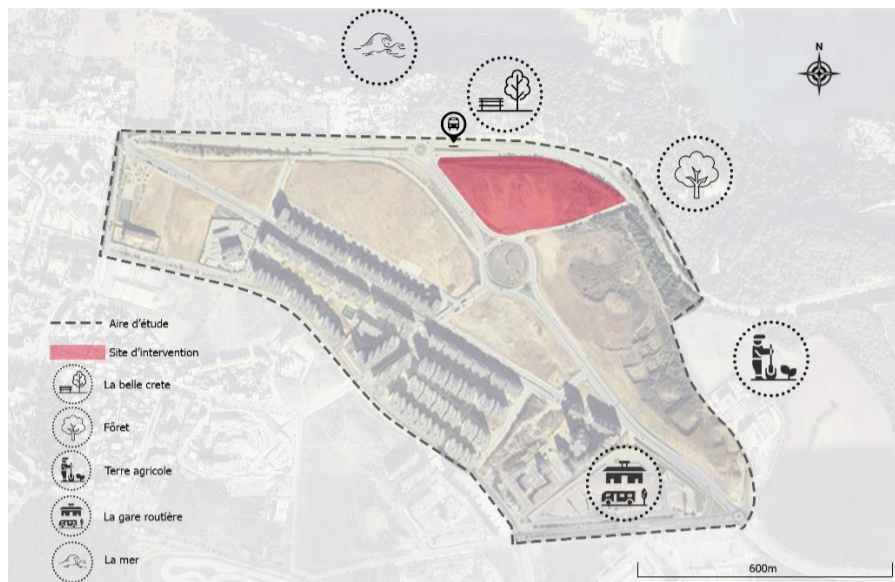


Figure 74 : Carte montre les potentiels naturels, Source : google earth et traité par l'auteur

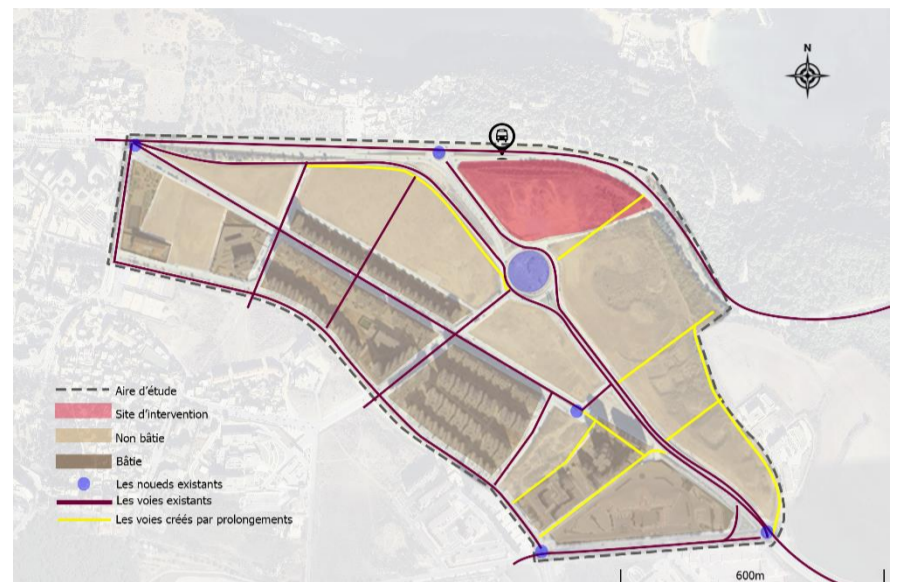


Figure 75 : Carte de création des voies, Source : google earth et traité par l'auteur

Le résultat de la création des voies se traduit par la formation d'îlots présentant des formes variées. Dans le cadre d'une approche axée sur la mobilité durable, nous avons intégré des éléments tels que des pistes cyclables et des arrêts de bus écologiques, ainsi que des stations de recharge pour véhicules électriques.

Pour relier nos îlots, nous proposons une gamme complète d'équipements et de services visant à répondre aux besoins quotidiens des habitants. Ces propositions sont également alignées avec le programme de développement urbain du Plan d'Occupation des Sols (POS 2014).



Figure 76 : Carte de mobilité urbaine, Source : google earth et traité par l'auteur

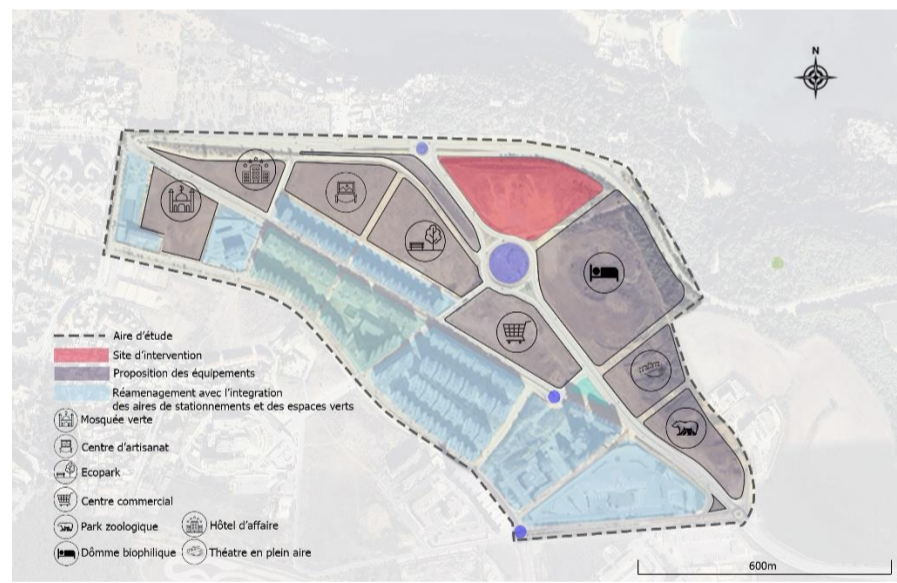


Figure 77 : Carte des équipements, Source : google earth et traité par l'auteur

À travers ces îlots, nous avons conçu un parcours harmonieux qui intègre les principes du concept biophilique, reliant la flore du parc avec la faune du parc zoologique. Cette approche vise à créer une expérience immersive et enrichissante, où les résidents et les visiteurs peuvent se reconnecter avec la nature tout en explorant leur environnement urbain. En encourageant la marchabilité et l'exploration. Ce parcours offre une occasion unique de découvrir la diversité naturelle de la région dans un cadre convivial et accessible



Figure 78 : Carte montre création du parcours urbain, Source : google earth et traité par l'auteur

3.2.9.2 Concepts d'aménagement :

Il est essentiel d'intégrer des concepts environnementaux de manière harmonieuse et imbriquée pour créer un environnement durable et agréable. Ce schéma exprime la manière dont les concepts de la biophilie, la sociabilité, la qualité visuelle, l'énergie, l'activité physique et la mobilité sont interconnectées pour améliorer la qualité de vie urbaine.

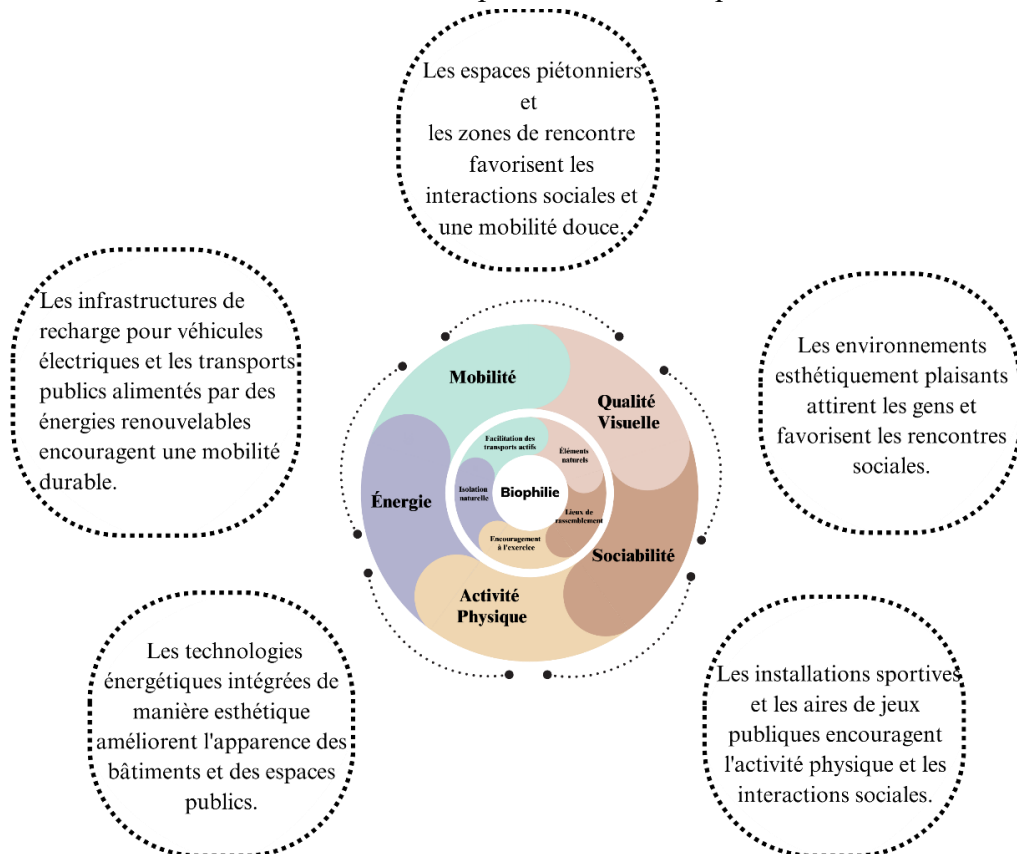


Figure 79 : Schéma représente les principaux concepts d'aménagement, Source : auteur

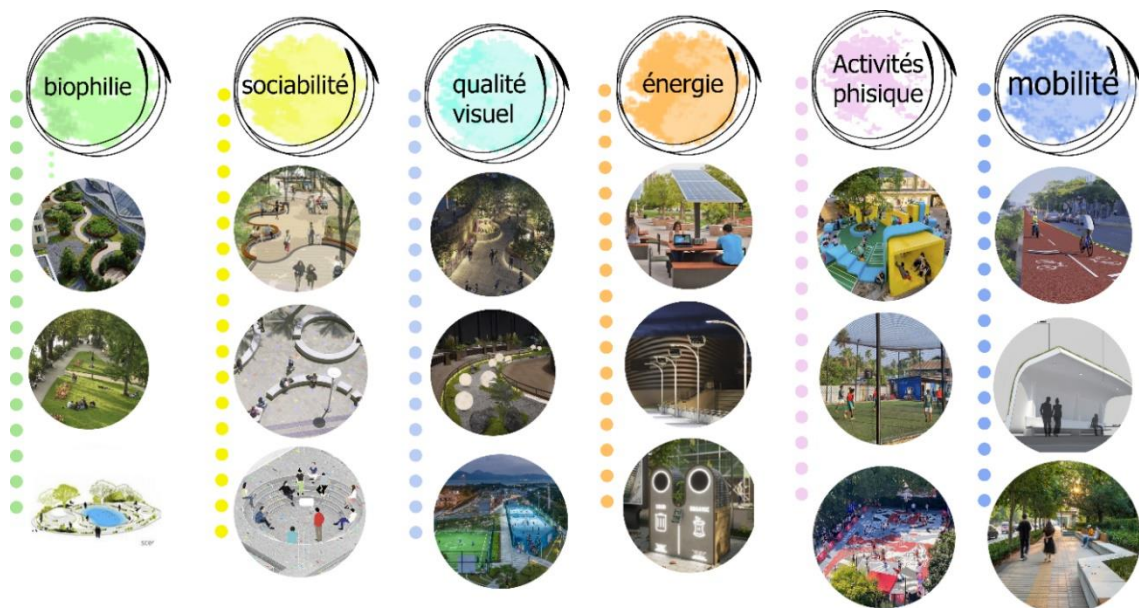


Figure 80 : Schéma des concepts d'aménagement, Source : auteur

3.2.10 Plan d'aménagement :

Ce plan montre comment nous avons intégré de manière harmonieuse les concepts de biophilie, sociabilité, qualité visuelle, énergie, activité physique et mobilité. En combinant ces éléments de façon cohérente, nous aspirons à transformer l'espace urbain en un environnement durable et agréable pour tous les résidents.



Figure 82 : Eco Park, Source : auteur



Figure 81 : Plan d'aménagement, Source : auteur



Figure 84 : Théâtre en plein air, Source : auteur



Figure 83 : Eco Park, Source : auteur



Figure 85 : Complexe des dômes biophilique, Source : auteur



Figure 86 : Parcours urbain, Source : auteur



Figure 81 : Plan d'aménagement, Source : auteur



Figure 88 : Lampadaire solaire, Source : auteur



Figure 87 : Parcours urbain, Source : auteur



Figure 89 : Parcours urbain, Source : auteur

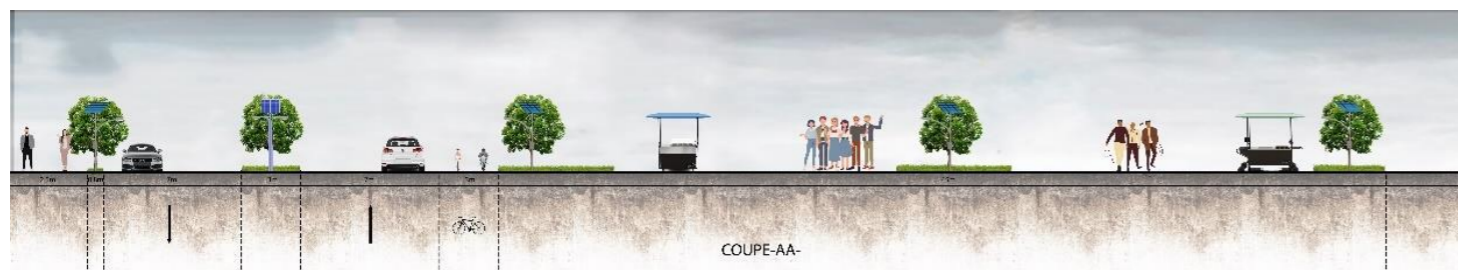


Figure 90 : Coupe-AA-, Source : auteur

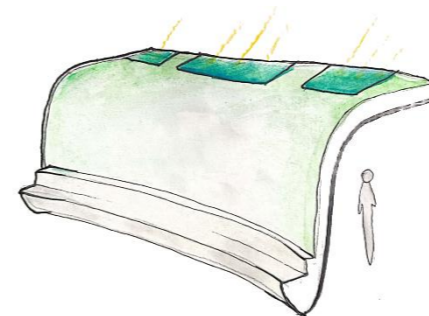


Figure 91 : Arrêt de bus écologique, Source : auteur

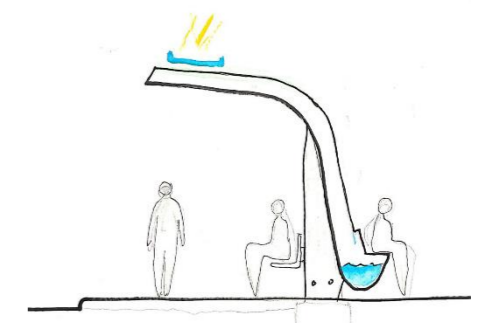


Figure 92 : Schéma montre la récupération des eaux pluviales, Source : auteur

### 3.3. PARTIE II : Partie Architecturale

#### 3.3.1 Pour quoi cette parcelle ?

Le site se trouve à l'entrée Est de la ville, dans un contexte naturel exceptionnel entre la mer et la montagne



Figure 93 : Situation de la parcelle, Source : Google earth



Figure 94 : Schéma montre le choix de la parcelle, Source : auteur

3.3.2 Analyse du site d'intervention :

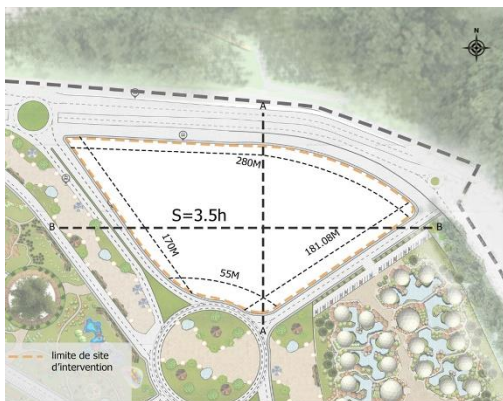


Figure 95 : Carte forme et dimension, (Source: auteur)

Caractérisé par une forme irrégulière s'étendant sur une surface de 3.5 hectares, le site présente une structure conique avec une base légèrement concave et un sommet

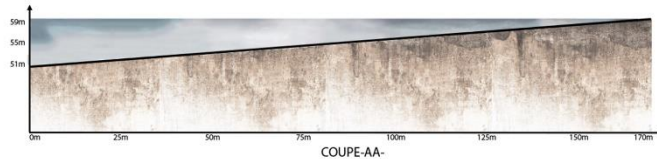


Figure 96 : Coupe-AA-, (Source: auteur)

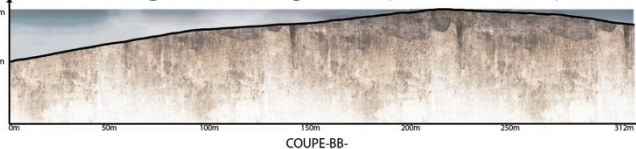


Figure 97 : Coupe-BB-, (Source: auteur)

Une topographie presque plane caractérisant l'assiette d'une pente de 2,67% qui permet une implantation facile, rapide et sans risque de

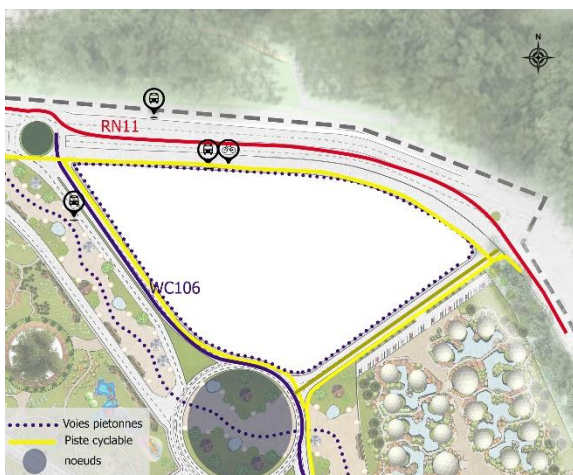


Figure 98 : Carte de l'accessibilité, (Source: auteur)

Une accessibilité mécanique facile, l'assiette est desservie par un système de voirie composé de trois voies mécanique RN11, CW106 et une voie tertiaire ce qui lui offre une accessibilité mécanique facile.



Figure 99 : Carte de climats, (Source: auteur)

- La façade Sud est exposée directement au soleil.
- Exposition aux vents d'été Nord-Est et Sud en été, et aux vents d'hiver Sud-Ouest en hiver.
- Multiples orientations et vues.
- Des vues qui donnent sur : Le parc de la belle crête, le mont chenoua, la mer



3.3.3 Concepts de l'idée :

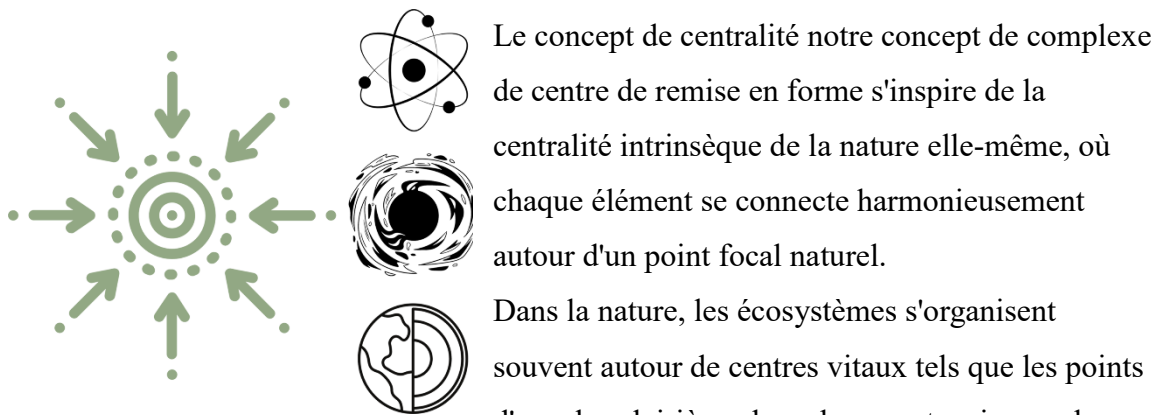


Figure 100 : Schéma montre notre inspiration de concept, Source : auteur

Le concept de centralité notre concept de complexe de centre de remise en forme s'inspire de la centralité intrinsèque de la nature elle-même, où chaque élément se connecte harmonieusement autour d'un point focal naturel.

Dans la nature, les écosystèmes s'organisent souvent autour de centres vitaux tels que les points d'eau, les clairières, les arbres centenaires ou les atomes.

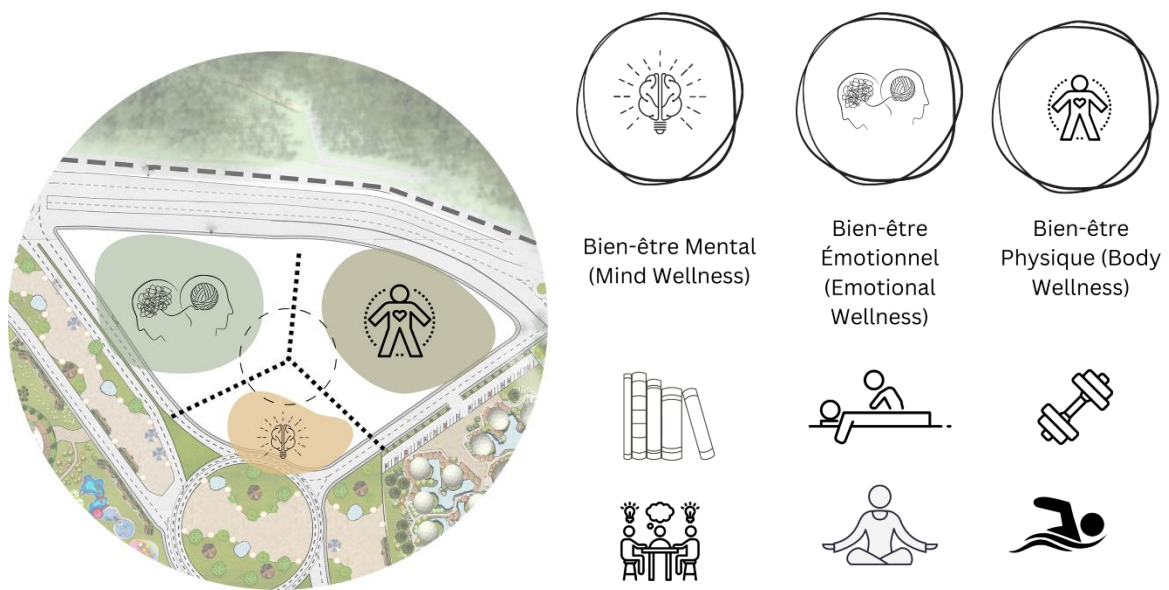
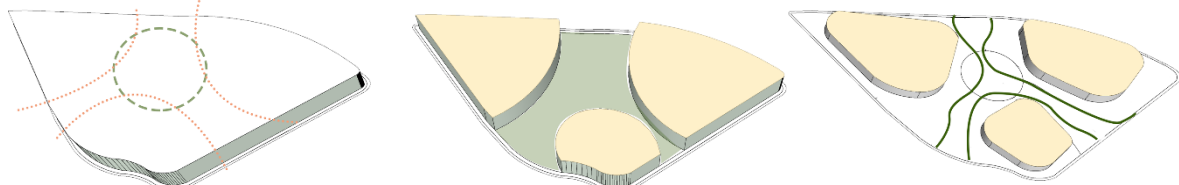


Figure 101 : Schéma montre les unités du complexe de remise en forme, Source : auteur

3.3.4 Genèse de l'idée :



**1- Création de l'espace central**

-Nous avons commencé par créer un espace central dans le complexe. Cette espace central, conçu comme un espace vert, sert de cœur du projet

**2- Création des unités de bien-être**

-Autour de cet espace central, nous avons développé des unités avec des formes fluides dédiées au bien-être émotionnel, mental et physique.

**3- Aménagement de l'Espace Central**

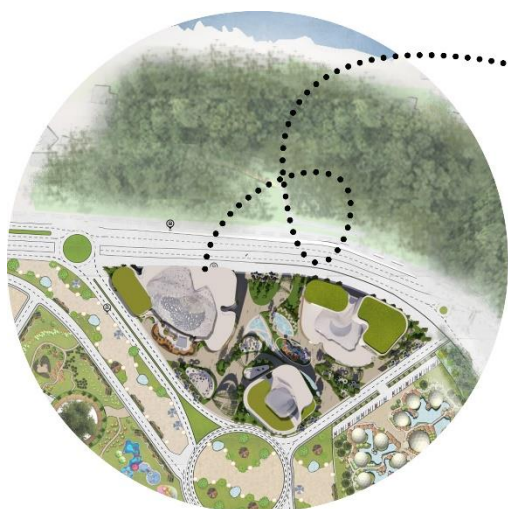
-Pour enrichir l'atrium central et lui donner plus de valeur, nous avons aménagé cette espace avec divers parcours et activités urbain.

Nous avons opté pour un aménagement central relié aux trois façades du site afin de maximiser les vues sur la mer et de tirer parti de l'exposition au soleil.

Espaces verts pour la relaxation, la méditation et les promenades, créant une continuité entre l'intérieur et l'extérieur.



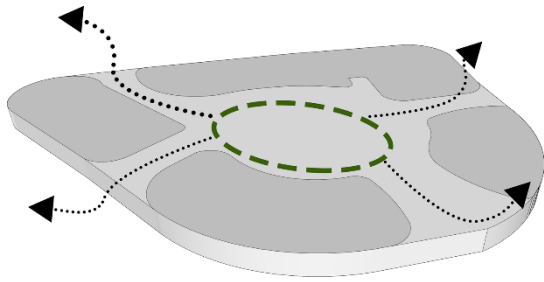
Figure 102 : Aménagement extérieur du complexe, Source : auteur



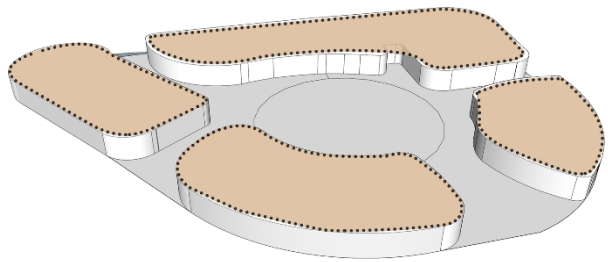
Nous avons développé une unité de bien-être émotionnel au sein de notre complexe de remise en forme, en utilisant une conception biophilique. En suivant le principe de centralité nous avons conçu un volume autour d'un atrium central. Cet atrium sert de cœur au projet, offrant un point focal et un espace ouvert propice à la lumière naturelle et à la ventilation.

Figure 103 : L'unité choisie du bien-être,  
Source : auteur

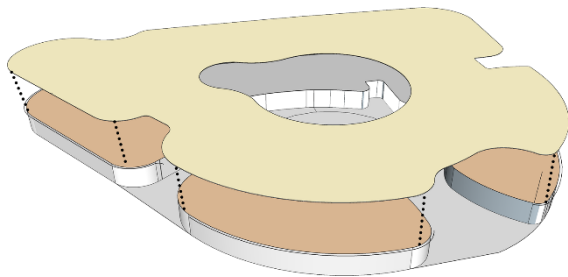
3.3.5 *Genèse de l'idée du centre de bien-être :*



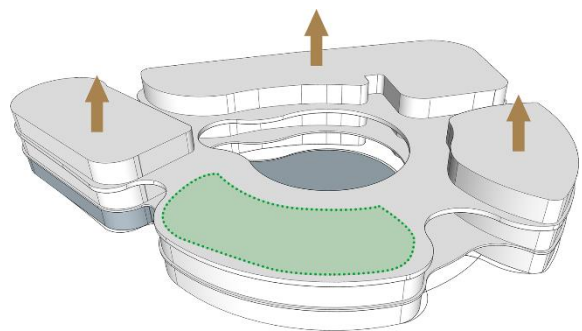
1 Libération de l'Espace Central



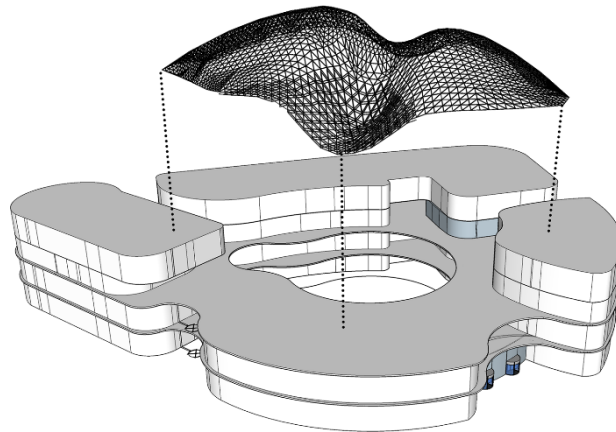
2 Création de Passages et unités



3 Circulation entre les Unités

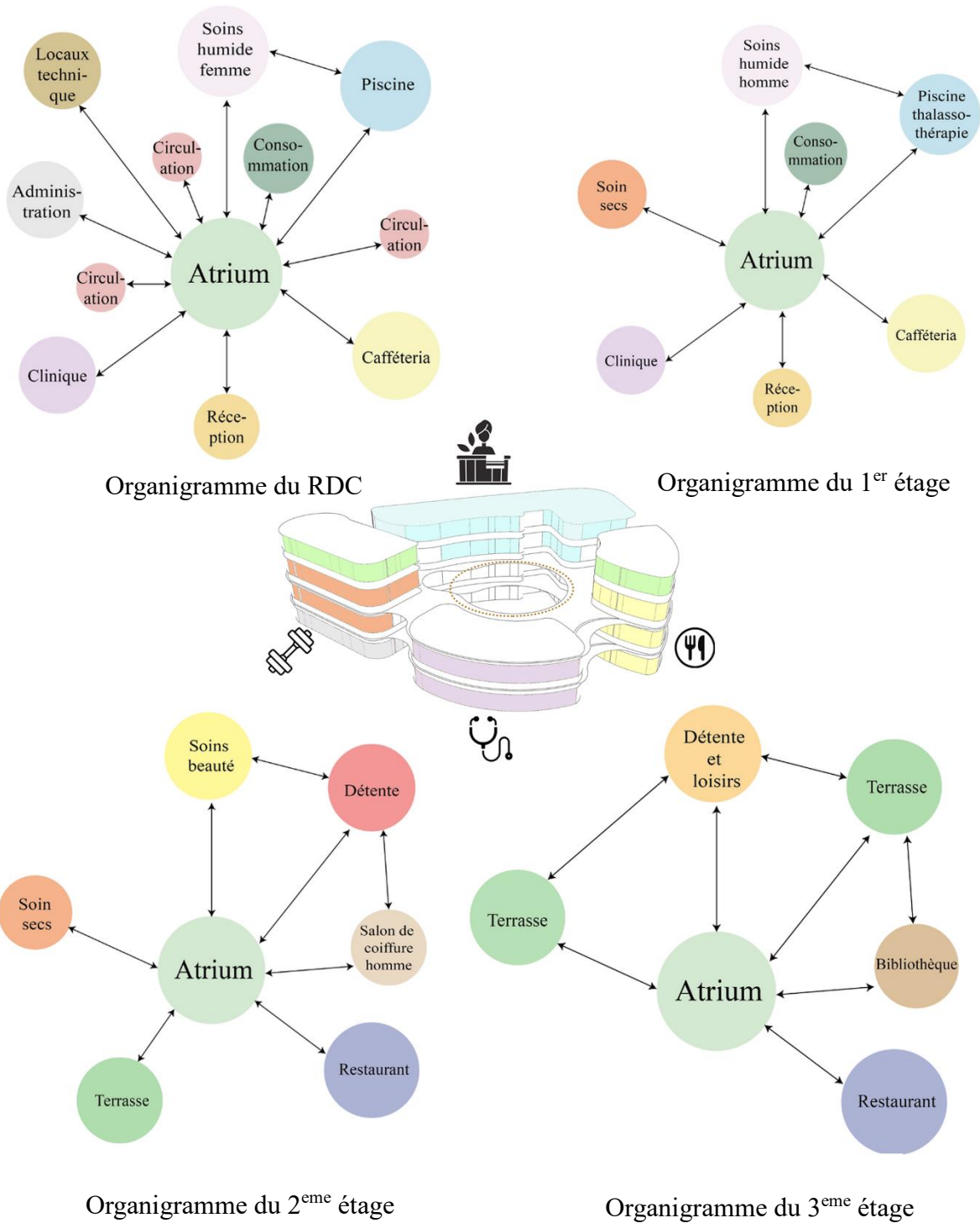


4 Hauteur pour libérer des terrasses



5 Toiture pour l'Atrium

3.3.6 Organigramme fonctionnel/spatial :



## CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE

### 3.3.7 Programmes surfaciques :

Fonction	Espace	Sous espace	Surface m <sup>2</sup>	Nombre	Surface totale
Acceuil principale	Acceuil	-Hall d'accueil	700m <sup>2</sup>	1	700m <sup>2</sup>
Restauration	-Restaurant	-Cuisine	72m <sup>2</sup>	1	72m <sup>2</sup>
		-Dépot	10m <sup>2</sup>	1	10m <sup>2</sup>
		-Chambre froide	9m <sup>2</sup>	1	9m <sup>2</sup>
		-Salle de consommation	400m <sup>2</sup>	1	400m <sup>2</sup>
		-Sanitaire H/F	15m <sup>2</sup>		15m <sup>2</sup>
	-Cafétéria	-Espace de préparation	90m <sup>2</sup>	1	90m <sup>2</sup>
	-Salle de consommation	320m <sup>2</sup>		320m <sup>2</sup>	
-Boutiques	-Boutiques	24m <sup>2</sup>	3	72m <sup>2</sup>	
Gestion	-Administration	-Réception	28m <sup>2</sup>	1	28m <sup>2</sup>
		-Secrétaire	30m <sup>2</sup>	1	30m <sup>2</sup>
		-Bureau directeur + salon	57m <sup>2</sup>	1	57m <sup>2</sup>
		-Bureau personnel	55m <sup>2</sup>	1	55m <sup>2</sup>
		-Bureau comptable	51m <sup>2</sup>	1	51m <sup>2</sup>
		-Bureau de gestion	46m <sup>2</sup>	1	46m <sup>2</sup>
		-Salle de réunion	98m <sup>2</sup>	1	98m <sup>2</sup>
		-Salle d'archive	23m <sup>2</sup>	1	23m <sup>2</sup>
		-Sécurité	12m <sup>2</sup>	1	12m <sup>2</sup>
	-Chaufferie	55m <sup>2</sup>	1	55m <sup>2</sup>	
	-Logistique	-Buanderie	143m <sup>2</sup>	1	143m <sup>2</sup>
		-Service de maintenance	26m <sup>2</sup>	1	26m <sup>2</sup>
		-Groupe électrogène	32m <sup>2</sup>	1	32m <sup>2</sup>
		-Poste transformateur	32m <sup>2</sup>	1	32m <sup>2</sup>
		-Poste d'incendie	32m <sup>2</sup>	1	32m <sup>2</sup>
		-Bureau gestionnaire	16m <sup>2</sup>	1	16m <sup>2</sup>
-Local poubelle		27m <sup>2</sup>	1	27m <sup>2</sup>	

Figure 104 : Programme surfaciques, Source : auteur

CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE

Fonction	Espace	Sous espace	Surface m <sup>2</sup>	Nombre	Surface totale
Clinique	Consultation	-Réception	70m <sup>2</sup>	1	70m <sup>2</sup>
		-Salle d'attente	55m <sup>2</sup>	2	110m <sup>2</sup>
		-Médecin générale	23m <sup>2</sup>	5	115m <sup>2</sup>
		-Infirmière	20m <sup>2</sup>	1	20m <sup>2</sup>
		-Radiologie	18m <sup>2</sup>	4	72m <sup>2</sup>
		-Pharmacie	116m <sup>2</sup>	1	116m <sup>2</sup>
Détente	Relaxation	-Salle de musicothérapie	71m <sup>2</sup>	1	71m <sup>2</sup>
		-Terrasse	600m <sup>2</sup>	1	600m <sup>2</sup>
		-Des ateliers	80m <sup>2</sup>	1	160m <sup>2</sup>
		-Salle de jeux	122m <sup>2</sup>	1	123m <sup>2</sup>
		-Salle de méditation	54m <sup>2</sup>	2	108m <sup>2</sup>
		-Bibliothèque	650m <sup>2</sup>	1	650m <sup>2</sup>
Soins secs	Kinésithérapies	-Salle de d'aerobic	143m <sup>2</sup>	1	143m <sup>2</sup>
		-Cardio-training	150m <sup>2</sup>	1	150m <sup>2</sup>
		-Salle de musculation	315m <sup>2</sup>	1	315m <sup>2</sup>
		-Salle sensorielle	45m <sup>2</sup>	1	45m <sup>2</sup>
		-Salle de stretching	118m <sup>2</sup>	1	118m <sup>2</sup>
	Physiothérapie	-Salle de rééducation	87m <sup>2</sup>	3	130m <sup>2</sup>
		-Box laser	85m <sup>2</sup>	1	85m <sup>2</sup>
		-Box électrothérapie	70m <sup>2</sup>	1	70m <sup>2</sup>
	Pressothérapie	-Salle de massage à l'huile	55m <sup>2</sup>	1	55m <sup>2</sup>
		-salle de massage aux herbes	55m <sup>2</sup>	1	55m <sup>2</sup>
		-box de massages pierres chaudes,	65m <sup>2</sup>	1	65m <sup>2</sup>
		-salle vibro massage	50m <sup>2</sup>	1	50m <sup>2</sup>
Soins humides	Soins humides collectif	-Hamam homme	75m <sup>2</sup>	1	75m <sup>2</sup>
		-Hamam femme	75m <sup>2</sup>	1	75m <sup>2</sup>
		-Douche homme	65m <sup>2</sup>	1	
		-Douche femme	65m <sup>2</sup>	1	
		-Salle de massage	67m <sup>2</sup>	2	134m <sup>2</sup>
		-Sauna	25m <sup>2</sup>	1	25m <sup>2</sup>
		-Piscine	600m <sup>2</sup>	1	600m <sup>2</sup>
		-Bassin de relaxation	5m <sup>2</sup>	1	5m <sup>2</sup>

Figure 104 : Programme surfaciques, Source : auteur

Fonction	Espace	Sous espace	Surface m <sup>2</sup>	Nombre	Surface totale
Soins humides	Soins humides collectif	-Salle de massage électrique	67m <sup>2</sup>	1	67m <sup>2</sup>
		-Salle de relaxation	65m <sup>2</sup>	1	65m <sup>2</sup>
		-Jaccuzi	82m <sup>2</sup>	2	164m <sup>2</sup>
		-Vestiaire			
		-Sanitaire			
Soins de beauté	-Soins pour corps	-Espace de bien être corps	40m <sup>2</sup>	1	40m <sup>2</sup>
	-Soins pour visage	-Espace de bien être visage	40m <sup>2</sup>	1	40m <sup>2</sup>
	-Esthétiques	-Salon de coiffure F	122m <sup>2</sup>	1	122m <sup>2</sup>
		-Salle de massage minceur	50m <sup>2</sup>	1	50m <sup>2</sup>
		-Salle de massage pédicure	50m <sup>2</sup>	1	50m <sup>2</sup>
		-Salon de coiffure H	290m <sup>2</sup>	1	290m <sup>2</sup>

Figure 104 : Programme surfaciques, Source : auteur

### 3.3.8 Circulation des espaces :

Chaque terrasse a été positionnée pour tirer parti des meilleures vues

Chaque espace est placé en fonction de son utilisation spécifique et de l'orientation la plus favorable pour maximiser les bénéfices de la lumière du jour et de la ventilation naturelle.

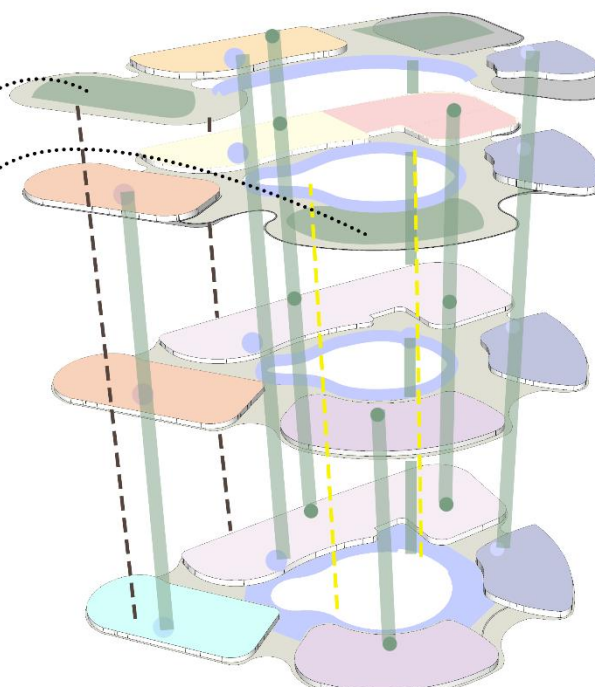
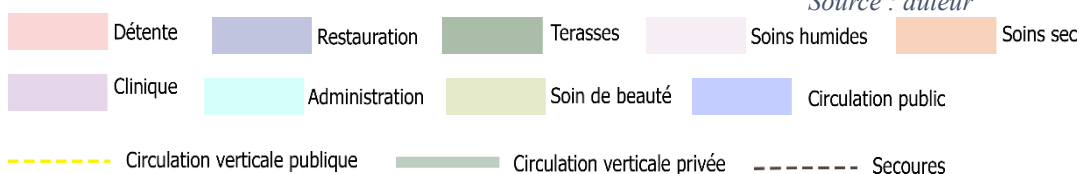


Figure 105 : Schéma montre la circulation des espaces, Source : auteur



3.3.9 Structure du bâtiment :

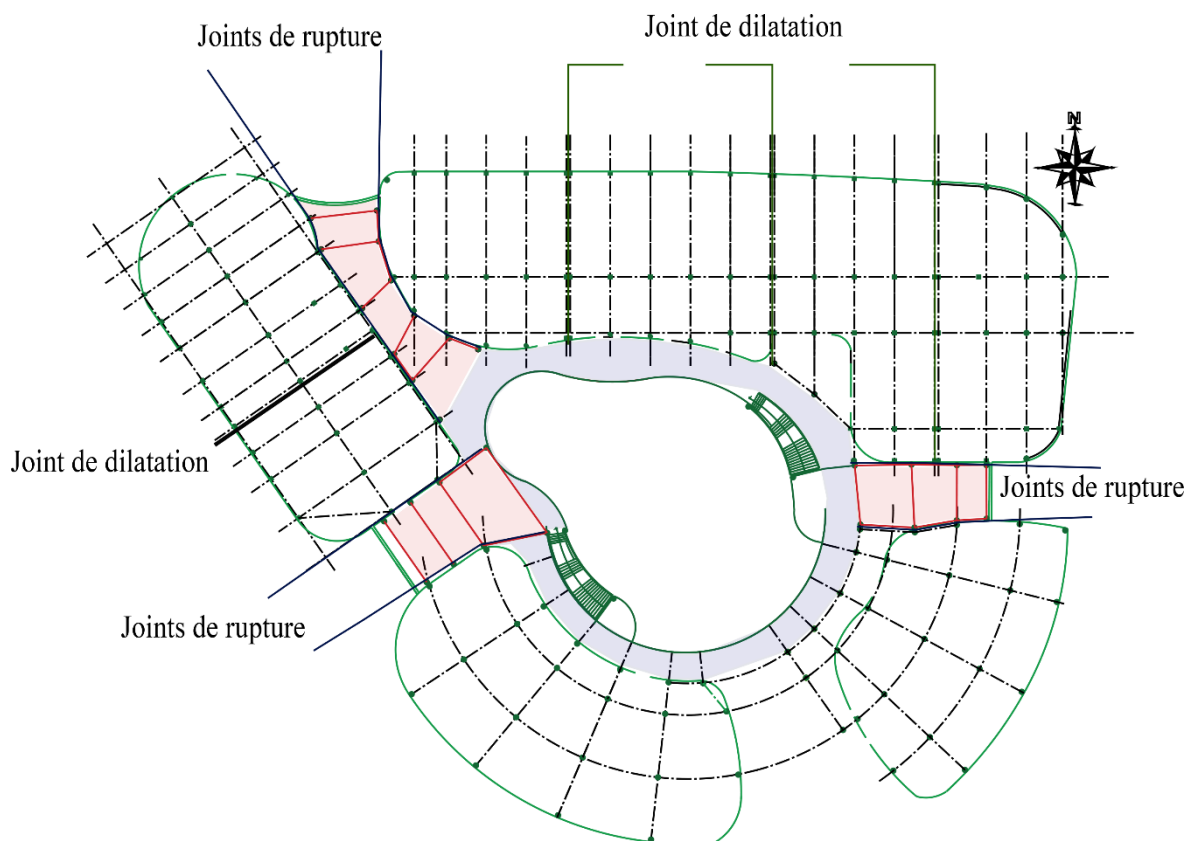


Figure 106 : Schéma de structure, Source : auteur



**Plancher collaborant    Poteau béton armé    Béton cellulaire    Goussets métalliques**

Pour un projet sécurisé et antisismique, durable, économique. La structure métallique choisie est la plus adaptée dans notre cas pour gérer les grandes portées et libérer de grandes surfaces pour la flexibilité et la durabilité du projet

Le projet est reparti en quatre entités spatiales et une partie de circulation relier ces entités ce qui nous définit 5 trames structurelles.



3.3.10 *Architecture et structure de la toiture :*

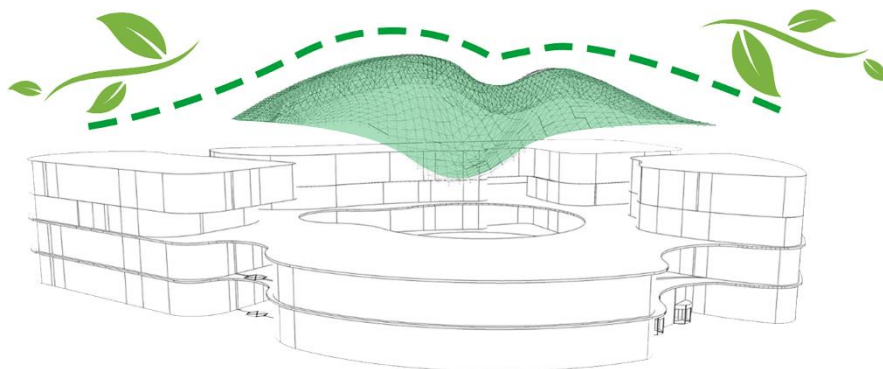


Figure 107 : Schéma montre la forme de la toiture, Source : auteur

La toiture de l'atrium, est conçue pour maximiser la lumière naturelle et renforcer la connexion avec la nature. Elle possède une forme organique, inspirée des lignes et courbes naturelles que l'on retrouve dans l'environnement. Ce design offre une vue dégagée sur le ciel, procurant une sensation d'ouverture et de liberté.

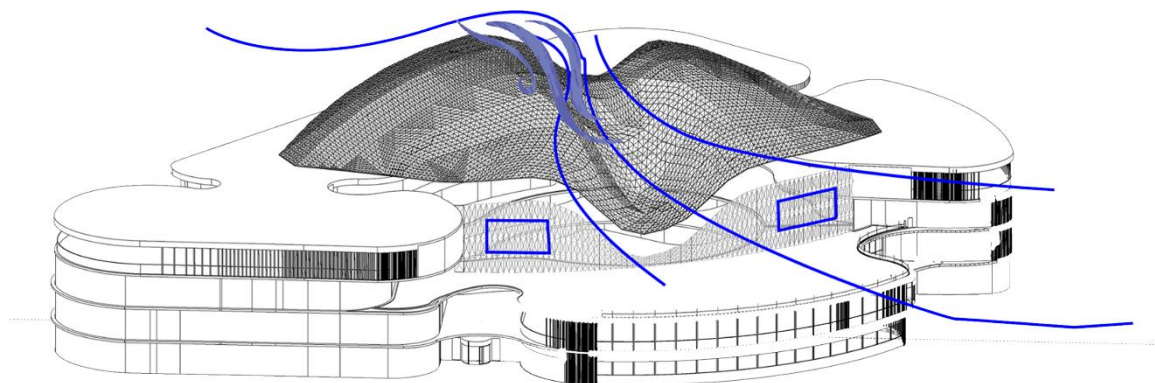


Figure 108 : Schéma montre l'aspect fonctionnel de la toiture, Source : auteur

- Esthétique unique** : Apporte une apparence moderne et distincte au bâtiment
- Réduction de la pression du vent** : La forme en V aide à diriger le vent vers le centre de la toiture, réduisant ainsi la pression sur les bords extérieurs.
- Collecte des eaux de pluie** : La pente intérieure facilite la collecte de l'eau de pluie et crée des pentes utiles pour les systèmes de récupération d'eau.

3.3.11 Stratégies bioclimatique :

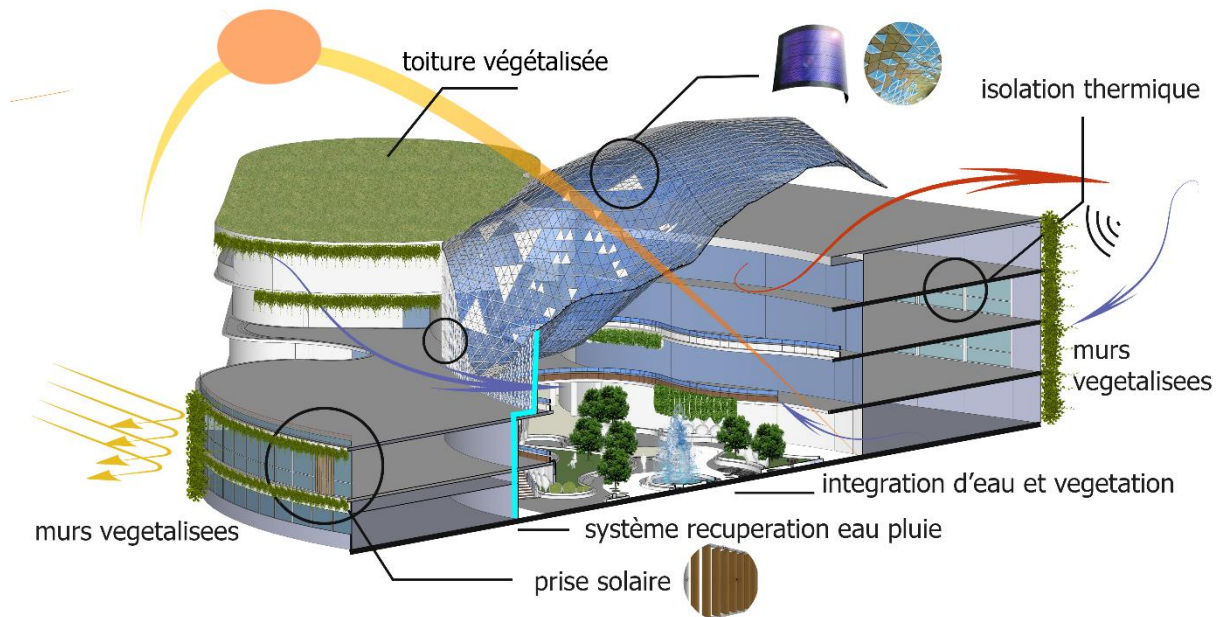


Figure 109 : Schéma montre les stratégies bioclimatiques, Source : auteur

**-Ventilation Naturelle**

**-Ouvertures Ajustables :** Des sections de la toiture peuvent être ouvertes ou fermées pour contrôler la ventilation, utilisant des systèmes motorisés ou manuels, pour éviter l'effet de serre.

**-Ventilation Transversale :** Création de passages d'air à travers la toiture pour favoriser la circulation d'air frais améliorant la qualité de l'air intérieure.

**-Lumière Ventilés :** Intégration de puits de lumière

**-Protection Solaire :** Des éléments de protection solaire, tels que des stores ou des brise-soleil ajustables, seront incorporés pour réguler l'intensité de la lumière et la température à l'intérieur de l'atrium, offrant un confort optimal en toute saison.

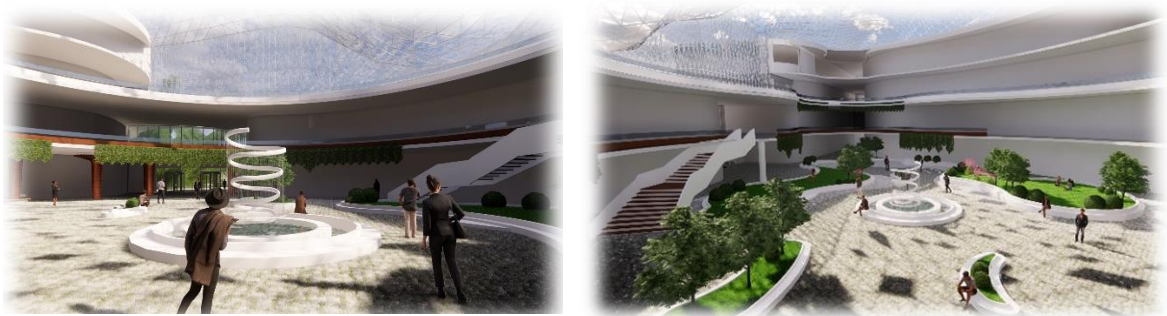


Figure 110 : Vue intérieur sur le patio, Source : auteur

3.3. Concepts architecture et structure de la toiture :

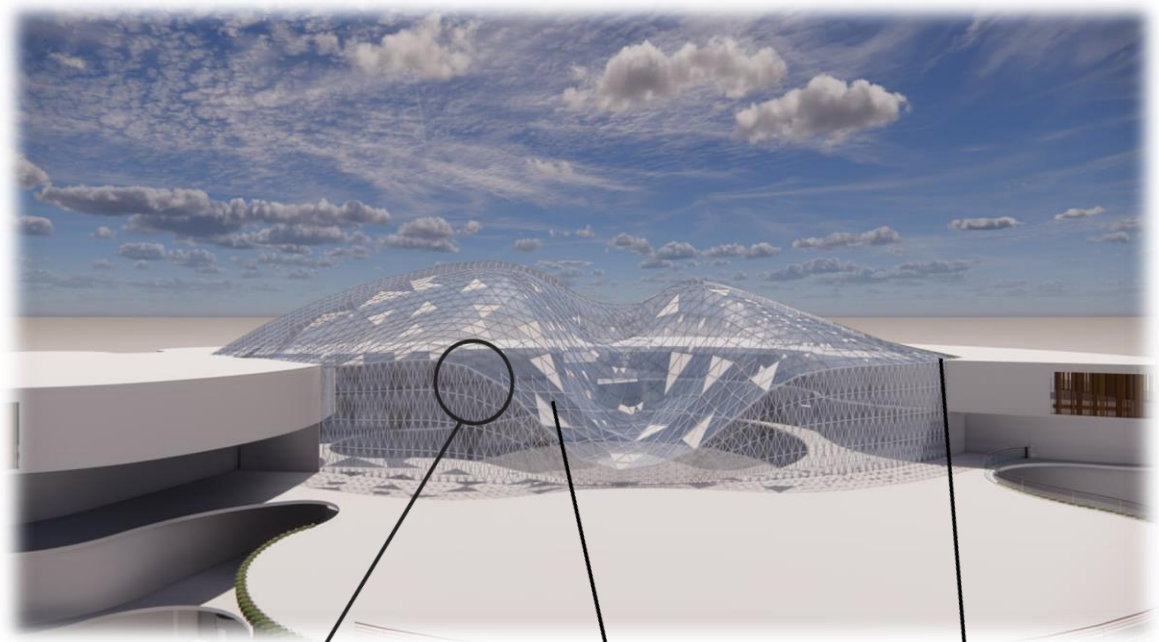
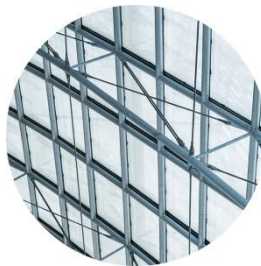


Figure 111 : La structure de la toiture, Source : auteur



**Poutres Courbées :**

Poutres en acier courbées pour suivre les contours fluides de la toiture avec des assemblages d'encrages



- Durable, Légères
- Bonnes isolantes thermiques
- Flexibles (faciles à former et à courber)
- Economiques



- Durable, Légères
- Résistantes à la corrosion (avec revêtements appropriés)
- Résistantes au vent, Longue durée de vie



**Système de Fixation :**

Utilisation de fixations flexibles qui permettent des mouvements légers dus à la dilatation thermique sans compromettre la stabilité.

### 3.4. Conclusion :

L'analyse et la proposition d'aménagement pour la ville de Tipaza soulignent l'importance d'une approche holistique et durable dans le développement urbain. En intégrant les principes de la biophilie, l'objectif est de créer un environnement où nature et urbanisme coexistent harmonieusement, offrant ainsi un cadre de vie agréable et sain pour les habitants. Tipaza, avec sa richesse naturelle, historique et culturelle, possède un potentiel considérable pour devenir un modèle de ville durable.

Le processus d'intervention urbaine que nous proposons cherche à maximiser les avantages environnementaux et sociaux tout en réduisant les impacts négatifs. L'élargissement des voies, la création de pistes cyclables, l'intégration d'infrastructures de transport durable et la promotion des espaces verts visent à améliorer la mobilité, la qualité de l'air et le bien-être général des résidents. En reliant les îlots urbains par des parcours biophiliques, nous favorisons également une meilleure connectivité et une interaction enrichissante avec la nature.

Parallèlement, le projet architectural du centre de bien-être, situé à l'entrée Est de la ville, entre la mer et la montagne, se distingue par son intégration harmonieuse dans cet environnement exceptionnel. Conçu autour d'un atrium central, ce centre maximise l'utilisation de la lumière naturelle et la ventilation, tout en favorisant une connexion fluide entre les espaces intérieurs et extérieurs. Les espaces verts dédiés à la relaxation, la méditation et les promenades enrichissent l'expérience des utilisateurs et renforcent cette continuité entre nature et architecture.

La toiture de l'atrium, inspirée par les courbes naturelles du paysage environnant, offre une vue dégagée sur le ciel, créant une sensation d'ouverture et de liberté. Les stratégies bioclimatiques mises en œuvre, telles que la ventilation naturelle, les ouvertures ajustables et les protections solaires, garantissent un confort optimal en toutes saisons et améliorent la qualité de l'air intérieur.

En résumé, le projet d'aménagement urbain pour Tipaza et le centre de bien-être proposé adoptent une approche durable et respectueuse de l'environnement. En intégrant des techniques passives et actives et en mettant en valeur les atouts naturels et culturels, Tipaza vise à offrir une qualité de vie exceptionnelle tout en devenant un modèle de développement urbain durable en Algérie. Ce projet répond aux défis actuels et s'engage pour un avenir plus vert et résilient.

**CHAPITRE 4**  
**SIMULATION ET**  
**OPTIMISATION**

### 4.1. Introduction :

La simulation joue un rôle fondamental dans l'analyse et le suivi du comportement thermique ainsi que de la ventilation hybride dans les bâtiments. Ce processus nous permet d'évaluer en amont les performances des différents équipements, offrant ainsi à l'ingénieur thermicien une évaluation préliminaire essentielle pour la réussite du projet.

De plus, la simulation nous permet d'approfondir notre compréhension du projet sans engager de ressources temporelles ou financières considérables. En évitant les expérimentations coûteuses, ainsi nous serons en mesure de mener une analyse exhaustive du projet.

Cette partie offre un aperçu détaillé des différentes étapes de notre démarche de simulation, ainsi que des résultats obtenus. Nous allons examiner ces résultats en profondeur pour fournir une évaluation critique de notre projet. Notre objectif est d'identifier les points forts et les points faibles de nos choix de conception, puis de formuler des recommandations pour améliorer la qualité et l'efficacité globale de notre projet.

Notre simulation vise à simuler virtuellement le comportement thermique de notre projet sur une année complète, pour objectif principal d'amélioration le confort optimal afin d'assurer le confort thermique.

### 4.2. Différents logiciels de la simulation :

Il existe une variété de logiciels de simulation conçus pour différents domaines et applications pour modéliser, analyser et optimiser les systèmes énergétiques, voici quelques exemples (**Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED), 2015**) :





Logiciel et logo	Description	Avantages et inconvénients
<p style="text-align: center;"><b>ClimaWin</b></p> 	<p>Est le logiciel intégré qui sur une maquette thermique du bâtiment, réalise tous les calculs nécessaires à une étude thermique d'un bâtiment. En matière réglementaire, il permet le calcul selon la RT 2012 (Bbio, Cep, Tic...), mais aussi selon la RT pour l'existant ou la RT 2005.</p>	<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précision et Fiabilité</li> <li>• Facilité d'Utilisation</li> <li>• Large Éventail de Fonctions</li> <li>• Conformité aux Normes</li> <li>• Support et Documentation</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût</li> <li>• Courbe d'Apprentissage</li> <li>• Exigences Matérielles</li> <li>• Limitations Spécifiques</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>DesignBuilder</b></p> 	<p>Repose, depuis sa création, sur le concept de BIM et les meilleurs moteurs de calcul afin d'offrir de nombreuses possibilités de simulation en conservant une ergonomie aisée.</p>	<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface Intuitive</li> <li>• Large Gamme de Fonctionnalités</li> <li>• Conformité aux Normes</li> <li>• Intégration avec d'autres Outils</li> <li>• Support Technique et Documentation</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût</li> <li>• Complexité</li> <li>• Exigences Matérielles</li> <li>• Problèmes de Compatibilité</li> <li>• Temps de Simulation</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Pleiades</b></p> 	<p>Est un logiciel complet de conception et évaluation énergétique et environnementale du bâtiment, développé par Izuba Energies</p>	<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précision des Simulations</li> <li>• Conformité aux Normes</li> <li>• Large Gamme de Fonctionnalités</li> <li>• Interface Intuitive</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût</li> <li>• Courbe d'Apprentissage</li> <li>• Exigences Matérielles</li> <li>• Problèmes de Compatibilité</li> <li>• Temps de Simulation</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Ecotect</b></p> 	<p>Ecotect est un logiciel de simulation de conception complet, couvrant de l'avant-projet à la phase de détail. Il intègre un modéleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Ses fonctionnalités variées et ses résultats visuels en font un outil simple pour valider l'efficacité environnementale dès les étapes conceptuelles du design.</p>	<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Prise en main assez rapide,</li> <li>-Résultats très visuels</li> <li>-Bon outil pour la phase esquisse et pour bien orienter la conception,</li> <li>-Nombreuses sorties vers des logiciels plus performants.</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Le logiciel ne prend pas en charge le calcul d'équilibre thermique (radiation et convection)</li> <li>-Le logiciel n'assure pas la simulation de la ventilation naturelle.</li> </ul>

Tableau03 : Différents logiciels de la simulation, Source : auteur

### 4.3. Présentation du logiciel de la simulation « Design Builder » :

C'est un logiciel de simulation dynamique, possédant une interface graphique reposant sur le moteur de calcul Energy Plus. Il offre de nombreuses fonctionnalités non disponibles simultanément dans les logiciels existants :

- Calcul des déperditions/gains thermiques de l'enveloppe en hiver/été.
- Dimensionnement du chauffage et du rafraîchissement par ventilation naturelle et/ou climatisation et Simulation dynamique (STD) restituant des données de confort, de bilan thermique, ventilation, etc.
- Gestion de l'occupation, de la ventilation mécanique, des ouvertures de fenêtre, de l'occultation des baies, des apports internes.
- Calculs LEED concernant ASHRAE 90.1 et EAp2. <sup>1</sup>
- Calcul en coût global d'énergie, de cycle de vie basé sur la maquette BIM.
- Module d'optimisation permettant de déterminer les paramètres du bâtiment offrant le meilleur compromis coût, confort, GES.

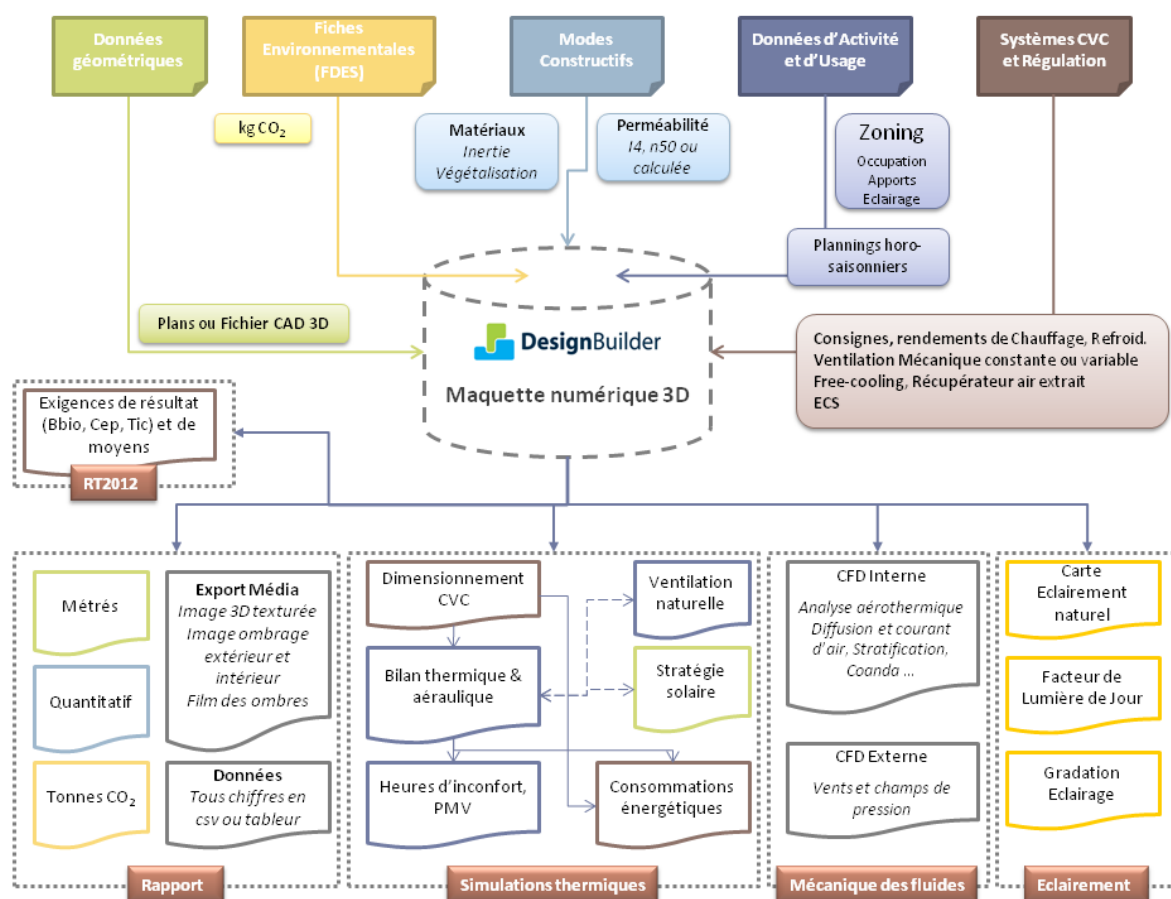


Figure 112 : Fonctionnalités du logiciel Design Builder, Source : (Batisim.net)

<sup>1</sup> **ASHRAE 90.1** : est une norme d'efficacité énergétique pour les bâtiments non résidentiels, fixant des exigences minimales pour les constructions neuves et les rénovations.

**EAp2** : signifie « Éléments d'architecture et de programmation 2 ». C'est une matière enseignée généralement dans les cursus de formation en informatique et en génie logiciel.



## 4.4. Simulation du confort Thermique :

### 4.4.1 Présentation de l'espace étudié :

Nous avons choisi la salle de sport pour la simulation du confort thermique afin de garantir le bien-être des utilisateurs, particulièrement sensibles aux variations de température pendant l'exercice. De plus, nous visons à identifier des solutions passives pour minimiser la consommation énergétique, en évitant le recours excessif à des systèmes actifs comme la climatisation et le chauffage.

Le volume est 1650,652m<sup>3</sup>

Mur rideaux (13m\*2.3m)

La porte (1m\*2m).

Orientation Ouest,

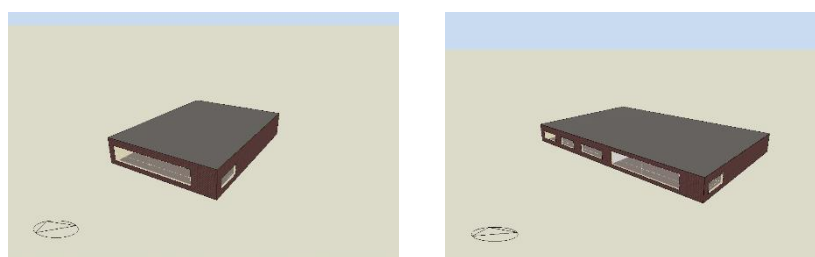


Figure 113 : Le volume a simulé. Source : design Builder.

### 4.4.2 Methodologie de travail :

Dans la figure suivante, nous présenterons la méthodologie de notre simulation selon le choix des matériaux, choix du vitrage et le choix de l'isolation tout en présentant plusieurs scénarios.

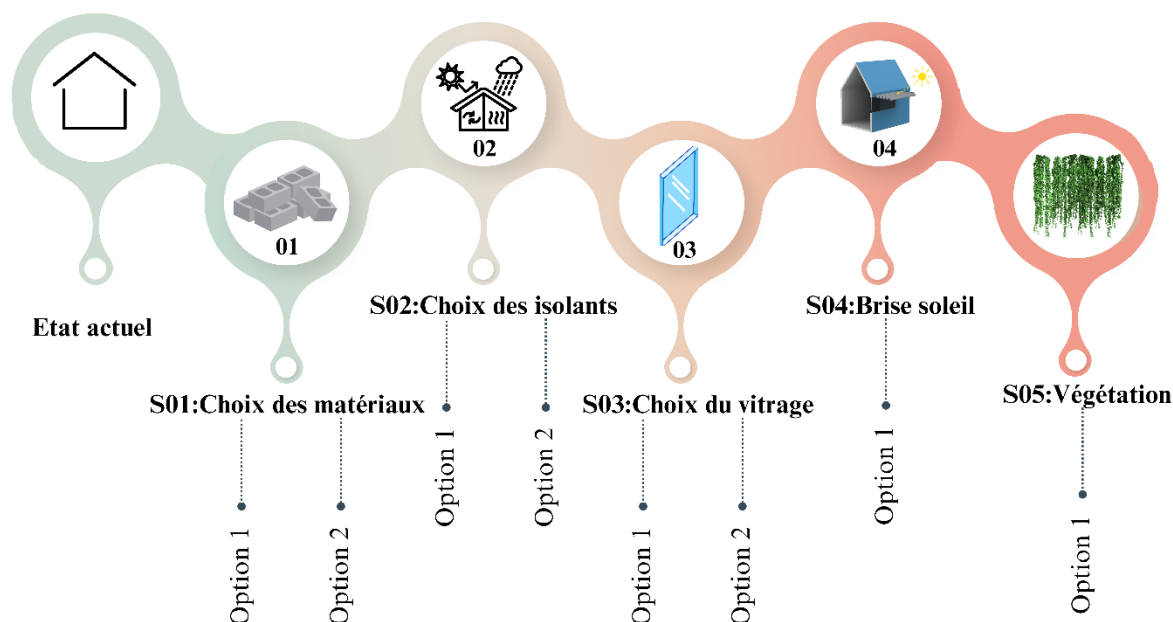


Figure 114 : Schéma représente la méthodologie de travail de simulation, Source : auteur

## 4.5. Résultat et interprétation :

### Simulation de l'état actuel :

#### Scénario01 : Utilisation de la brique :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	21,14	21,55	23	24,23	27,12	28,57	31,65	30,73	26,39	23,5	23,32	21,68
Température radiante (°C)	22,07	22,5	24,34	25,73	28,36	30,35	31,77	31,89	25,33	24,86	24,55	22,63
Température opérative (°C)	21,61	22,03	23,67	24,98	27,74	29,96	31,71	31,81	25,3	24,18	23,93	22,15
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	64,02	61,78	56,11	54,51	52,14	50,6	56,86	58,17	56,77	53,68	59,05	64

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 115 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de la brique, Source : Design Builder traité par auteur.

D'après les résultats obtenus ci-dessus, nous avons pu identifier 2 périodes :

-La période de confort : la température varie entre 21,61°C et 25,3°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 27,74°C et 31,81°C, elle concerne 4mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

#### Scénario01 : Choix des matériaux :

##### Option 01 : Utilisation de monomur :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	20,74	21,15	22,6	23,83	26,72	28,17	31,25	30,33	25,99	23,1	22,92	21,28
Température radiante (°C)	21,67	22,1	23,94	25,33	27,96	29,95	31,37	31,49	24,93	24,46	24,15	22,23
Température opérative (°C)	21,21	21,63	23,27	24,58	27,34	29,56	31,31	31,41	24,9	23,78	23,53	21,75
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	64,42	62,18	56,51	54,91	52,54	51,4	57,26	58,57	57,17	54,08	59,45	64,4

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 116 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de monomur, Source : Design Builder traité par auteur.

En ce qui concerne les résultats ci-dessus, nous avons identifié 2 périodes :

-La période de confort : la température varie entre 21,21°C et 24,9°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 27,09°C et 31,41°C, elle concerne 4mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

**Option 02 : Utilisation du béton cellulaire :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	19,74	21,08	22,5	23,5	25,42	27,75	30,2	29,28	25,39	22,08	22,22	20,26
Température radiante (°C)	20,67	22,1	23,4	25,21	26,93	29,35	31,2	30,42	23,93	23,43	23,55	21,33
Température opérative (°C)	20,19	20,63	22,27	24,01	26,2	29,06	30,31	30,39	24,32	22,7	22,93	20,75
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	65,62	63,38	57,71	56,11	53,74	52,6	58,46	59,77	58,37	55,28	60,65	65,6

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 117 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de la brique cellulaire, Source : Design Builder traité par auteur.

D'après les résultats ci-dessus, nous avons identifié 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 20,19°C et 24,32°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 26,2°C et 30,39°C, elle concerne 4 mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

**Résultat du choix des matériaux :**

Notre simulation a confirmé le choix du béton cellulaire, principalement en raison des baisses de température observées pendant la période estivale. Sur notre site, les quatre (04) mois de surchauffe par an sont ceux où l'inconfort est le plus marqué.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température opérative du monomur(°C)	21,21	21,63	23,27	24,58	27,34	29,56	31,31	31,41	24,9	23,78	23,53	21,75
Température opérative du brique cellulaire (°C)	20,19	20,63	22,27	24,01	26,2	29,06	30,31	30,39	24,32	22,7	22,93	20,75
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98

Figure 118 : comparaison des températures des deux scénarios de choix des matériaux, Source : design Builder traité par auteur

**Scénario02 : Choix des isolants :**

**Option01 : Utilisation du d'un seul isolant (XPS extrudé polystyrène) :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	20,54	22,12	23,3	23,8	25,62	28,66	30,3	29,88	25,69	22,48	22,62	21,3
Température radiante (°C)	21,7	23,18	24,42	25,71	27,23	29,55	31,6	31,22	24,43	24,03	24,15	22,38
Température opérative (°C)	21,25	21,7	21,31	24,41	26,4	29,26	30,61	31,29	24,72	23,2	23,43	21,8
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	63,39	61,11	55,45	53,88	51,50	50,35	56,19	57,53	56,16	52,98	58,40	63,38

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 119 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation d'un isolant XPS polystyrène, Source : Design Builder traité par auteur.

## CHAPITRE 04 : SIMULATION ET OPTIMISATION

D'après les résultats ci-dessus, nous avons 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 21,25°C et 24,72°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 26,4°C et 31,29°C, elle concerne 4 mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

### **Option 02 : Utilisation de la laine de verre :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	19,78	21,1	22,51	23,5	25,4	28,46	30	28,98	25,24	22,08	22,25	20,28
Température radiante (°C)	20,71	22,12	23,4	25,2	26,91	29,15	30,9	30,12	23,78	23,43	23,58	21,35
Température opérative (°C)	20,23	20,65	22,28	24,01	26,19	28,83	30,11	30,09	24,17	22,7	22,96	20,77
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	65,72	63,48	57,81	56,21	53,84	52,7	58,56	59,87	58,47	55,38	60,75	65,7

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

*Figure 120 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation d'isolation en laine de verre, Source : Design Builder traité par auteur.*

D'après les résultats ci-dessus, nous avons 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 20,23°C et 24,17°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 26,19°C et 30,11°C, elle concerne 4 mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

### **Résultat du choix d'isolant :**

La comparaison des performances d'isolation entre un seul isolant (XPS extrudé polystyrène) et la laine de verre a confirmé notre choix en faveur de la laine de verre. En effet, cette dernière s'est révélée plus efficace pour réduire les températures pendant les mois de surchauffe, offrant ainsi une meilleure régulation thermique.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température opérative un seul isolant (XPS extrudé polystyrène) (°C)	21,25	21,7	21,31	24,41	26,4	29,26	30,61	31,29	24,72	23,2	23,43	21,8
Température opérative de la laine de verre (°C)	20,23	20,65	22,28	24,01	26,19	28,83	30,11	30,09	24,17	22,7	22,96	20,77
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98

*Figure 121 : comparaison des températures des deux scénarios de choix d'isolants, Source : Design Builder traité par auteur*

**Scénario03 : Choix du vitrage :**

**Option 01 : Utilisation du double vitrage argon :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	19,58	20,8	22,26	23,3	25,25	28,26	29,7	28,48	24,99	21,78	22,05	19,98
Température radiante (°C)	20,51	21,72	22,85	24,8	26,61	28,7	30,5	29,47	23,28	23,03	23,18	21,05
Température opérative (°C)	19,93	20,28	21,88	23,71	25,89	28,48	29,71	29,53	23,82	22,3	22,76	20,27
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	66,02	63,78	58,11	56,51	54,14	53	58,86	60,17	58,77	55,68	61,05	66

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 122 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation du double vitrage en Arg., Source : Design Builder traité par auteur.

D'après les résultats ci-dessus, nous avons 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 19,93°C et 23,82°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 25,89°C et 29,71°C, elle concerne 4 mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

**Option 02 : Utilisation du vitrage thermochromique :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	19,54	20,76	22,22	23,25	25,05	28,06	29,5	28,28	24,95	21,75	22,02	19,95
Température radiante (°C)	20,47	21,66	22,79	24,74	26,41	28,5	30,3	29,27	23,23	22,99	23,14	21
Température opérative (°C)	19,89	20,23	21,84	23,66	25,6	28,28	29,51	29,33	23,78	22,25	22,73	20,23
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	66,22	63,98	58,31	56,71	54,34	53,2	59,06	60,37	58,97	55,88	61,25	66,2

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 123 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation du double vitrage thermochromique, Source : Design Builder traité par auteur.

D'après les résultats ci-dessus, nous avons 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 19,89°C et 23,78°C, elle concerne 8 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 25,6°C et 29,51°C, elle concerne 4 mois : Mai, Juin, Juillet, Aout.

**Résultat du choix du vitrage :**

La comparaison des résultats de simulation entre le double vitrage et le vitrage thermochromique nous conforte dans notre décision, car le vitrage thermochromique nous a

## CHAPITRE 04 : SIMULATION ET OPTIMISATION

permis d'obtenir le même nombre de mois de confort que le double vitrage, tout en nous offrant un gain supplémentaire de 0,2°C de confort en été. Cette constatation renforce notre choix en faveur du vitrage thermochromique.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température opérative double vitrage argon (°C)	19,93	20,28	21,88	23,71	25,89	28,48	29,71	29,53	23,82	22,3	22,76	20,27
Température opérative vitrage thermochromique (°C)	19,89	20,23	21,84	23,66	25,6	28,28	29,51	29,33	23,78	22,25	22,73	20,23
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98

Figure 124 : comparaison des températures des deux scénarios de choix du vitrage, Source : Design Builder traité par auteur.

### Scénario 04 : Utilisation des brises solaires :

#### Option 01 : Utilisation des brises solaires verticaux :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	18,54	20,36	21,92	22,25	24,25	27,61	29	27,98	24,35	21,55	21,22	18,89
Température radiante (°C)	19,47	21,26	22,49	23,74	25,61	28,05	29,8	28,97	22,63	22,79	22,34	20,1
Température opérative (°C)	18,89	19,83	21,54	22,66	24,8	27,83	29,01	29,03	23,16	22,05	21,93	19,2
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	66,22	63,98	58,31	56,71	54,34	53,2	59,06	60,37	58,97	55,88	61,25	66,2

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 125 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'intégration de brise solaire verticale, Source : Design Builder traité par auteur.

D'après les résultats ci-dessus, nous avons 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 18,89°C et 24,8°C, elle concerne 9 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 27,83°C et 29,03°C, elle concerne 3 mois : Juin, Juillet, Aout.

#### Résultat du choix du brise soleil verticaux :

Les résultats de notre simulation ont démontré que l'intégration des brises solaires verticaux a réussi à abaisser la température des zones surchauffées de 1°C. Cette optimisation a considérablement étendu la période de confort thermique d'un mois supplémentaire. Néanmoins, il est important de noter que cette optimisation a entraîné une légère diminution de la température en janvier, faisant de ce mois une période de sous-chauffe.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température opérative de brises solaires(°C)	18,89	19,83	21,54	22,66	24,8	27,83	29,01	29,03	23,16	22,05	21,93	19,2
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98

Figure 126 : comparaison des températures des brises solaires avec la température extérieur, Source : Design Builder traité par auteur.

**Scénario 05 : utilisation de la végétation :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	18,44	20,26	21,82	22,15	24,05	27,21	28,6	27,58	24,15	21,45	21,12	18,79
Température radiante (°C)	19,37	21,16	22,39	23,64	25,41	27,65	29,4	28,57	22,43	22,69	22,24	20
Température opérative (°C)	18,79	19,73	21,44	22,56	24,6	27,43	28,61	28,63	22,96	21,95	21,83	19,1
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	64,42	62,18	56,51	54,91	52,54	51,4	57,26	58,57	57,17	54,08	59,45	64,4

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 127 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'intégration de la végétation, Source : Design Builder traité par auteur.

D'après les résultats ci-dessus, nous avons 2 périodes :

-La période de confort : La température varie entre 18,89°C et 24,8°C, elle concerne 9 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 27,83°C et 29,03°C, elle concerne 3 mois : Juin, Juillet, Aout.

**Résultat du choix du végétation :**

Les résultats de notre simulation ont démontré que l'intégration de végétation a réussi à abaisser la température des zones surchauffées de 1°C dans les moins juillet et aout. Cette optimisation a considérablement étendu la période de confort thermique d'un mois supplémentaire.

**Scénario 06 : Le scénario choisi :**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température d'air (°C)	17,84	19,66	21,22	21,55	23,45	26,41	27,8	26,78	23,55	20,85	20,52	18,19
Température radiante (°C)	18,77	20,56	21,79	23,04	24,81	26,85	28,6	27,77	21,83	22,09	21,64	19,4
Température opérative (°C)	18,19	19,13	20,84	21,96	24	26,63	27,81	27,83	22,36	21,35	21,23	18,5
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,77	11,52	14,12	16,5	20,61	25,05	28,85	28,89	24,69	21,29	15,11	11,98
Humidité relative (%)	63,97	61,73	56,06	54,46	52,09	50,95	56,81	58,12	56,72	53,63	59	63,95

Légende : La zone de confort La zone de sur chauffe La zone de sous chauffe

Figure 128 : Tableau des résultats du confort thermiques de scénario choisi, Source : Design Builder traité par auteur.

Après avoir testé divers scénarios et validé les matériaux, nous avons effectué une simulation pour le scénario retenu afin de confirmer notre choix. Les résultats ci-dessus indiquent que nous avons deux périodes :

-La période de confort : La température varie entre 18,19°C et 24°C, elle concerne 9 mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre.

-La période de surchauffe : la température varie entre 26,63°C et 27,83°C, elle concerne 3 mois : Juin, Juillet, Aout.

**Résultat du scénario choisi :**

La simulation nous a permis de confirmer la pertinence de notre choix de matériaux. L'association du béton cellulaire, du vitrage thermochromique, de la laine de verre et des brise-soleils et la végétation s'est révélée très efficace, réduisant la température intérieure de 4 °C. Cette combinaison permet de maintenir un environnement confortable pendant neuf mois de l'année. Cette approche intégrée garantit un confort thermique optimal sur une grande partie de l'année, tout en minimisant la dépendance aux systèmes actifs.

**Scénario 07 : les solution active pour la période surchauffe :**

mois	Juin	Juillet	Aout
Température d'air (°C)	21,51	21,92	21,94
Température radiante (°C)	25,83	26,64	26,55
Température opérative (°C)	23,67	24,19	24,25
Température Sèche Air Extérieur (°C)	25,05	28,85	28,89
Humidité relative (%)	50,9	56,76	58,07

Légende : La zone de confort

Figure 129 : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de la climatisation, Source : Design Builder traité par auteur.

Après avoir simulé notre espace en utilisant des solutions passives, nous avons constaté que le confort thermique était optimal pendant neuf mois de l'année. Cependant, une période de surchauffe a été observée en juin, juillet et août. Pour ces trois mois, nous avons décidé d'ajouter des solutions actives, telles que la climatisation mécanique, afin de maintenir un confort optimal.

**4.6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons appliqué les différents concepts étudiés dans le deuxième chapitre, en tenant compte des diverses données de notre site d'intervention obtenues lors de nos analyses. Notre projet va au-delà de la simple conception d'un centre de bien-être ; il s'agit d'une conception soigneusement étudiée et durable, intégrant des concepts écologiques à la fois dans l'aménagement et la construction du bâti. Nous avons également porté une attention particulière au choix des matériaux, des isolants et des vitrages, ainsi qu'à l'intégration de solutions actives pour améliorer le confort thermique

Grâce aux résultats obtenus avec le logiciel de simulation, nous avons réussi à garantir le confort optimal recherché à l'intérieur de notre espace.



# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

La conception biophilique se révèle être une approche innovante et efficace pour améliorer la performance énergétique des bâtiments tout en assurant le confort de ses occupants. Ce mémoire a mis en lumière diverses hypothèses testées dans le cadre de la conception du centre de bien-être "BE-WELL" à Tipaza, intégrant des éléments biophiliques tels qu'un grand atrium, de la végétation, des fontaines et un lac intérieur.

Les hypothèses formulées ont été vérifiées avec succès. L'intégration des fontaines et du lac intérieur a montré une amélioration significative du confort thermique par évaporation et humidification de l'air, créant un microclimat agréable qui réduit la sensation de chaleur pendant les périodes chaudes. De plus, ces éléments apportent une dimension sensorielle et visuelle apaisante, enrichissant l'expérience des utilisateurs du centre de bien-être.

L'optimisation de l'apport de lumière naturelle grâce au grand atrium central a également confirmé son efficacité. Cette conception favorise la ventilation naturelle et distribue uniformément la lumière naturelle dans les espaces intérieurs, réduisant ainsi la dépendance aux systèmes de climatisation et d'éclairage artificiels et contribuant à une meilleure efficacité énergétique. La lumière naturelle non seulement réduit la consommation d'énergie mais améliore également le bien-être des occupants en leur offrant un environnement plus agréable et stimulant.

Par ailleurs, nous avons effectué une simulation pour évaluer l'impact de l'intégration de la végétation. Les résultats de cette simulation ont démontré que l'intégration de végétation a réussi à abaisser la température des zones surchauffées de 1°C pendant les mois de juillet et d'août. Cette optimisation a considérablement étendu la période de confort thermique d'un mois supplémentaire. En plus de leurs bénéfices thermiques, les toits verts et les murs végétalisés créent des environnements esthétiquement agréables et psychologiquement apaisants pour les occupants. Ces éléments agissent comme des isolants thermiques naturels, contribuant à maintenir des températures intérieures plus stables et à réduire les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation.

Les résultats de ce projet montrent clairement que la conception biophilique, en intégrant des éléments tels que des atriums, de la végétation et des éléments aquatiques, peut significativement améliorer le confort thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments. Le centre de bien-être "BE-WELL" à Tipaza illustre comment ces principes peuvent être appliqués de manière harmonieuse et bénéfique, créant des espaces de vie et de bien-être qui respectent l'environnement tout en répondant aux besoins des utilisateurs. En effet,

## CONCLUSION GENERALE

l'approche biophilique permet de tirer parti des conditions climatiques locales et des ressources naturelles disponibles, tout en favorisant un mode de vie plus durable et en harmonie avec la nature.

En conclusion, l'approche biophilique dans l'architecture ne se contente pas de rendre les bâtiments plus écologiques et économes en énergie ; elle crée des environnements qui favorisent la santé, le bien-être et la satisfaction des occupants. Cette approche, adaptée aux spécificités climatiques et culturelles de Tipaza, montre que l'architecture biophilique est une solution viable pour des constructions durables et confortables. Elle offre une réponse pertinente aux défis actuels de l'efficacité énergétique et du confort thermique, tout en contribuant à la préservation de l'environnement et à la qualité de vie des habitants. Les résultats obtenus dans ce projet servent de référence et de guide pour la future intégration du design biophilique dans notre environnement bâti, démontrant ainsi son potentiel à transformer nos espaces de vie en véritables havres de bien-être et de durabilité.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## **6.1. Bibliographie :**

### **1. Ouvrage :**

- Dosen, A.S., & Ostwald, M.J. (2013). Prospect and Refuge Theory: Constructing a Critical Definition for Architecture and Design. *The International Journal of Design in Society*.
- Heerwagen, J.H., & Orians, G.H. (1993). Humans, Habitats and Aesthetics. Dans S.R. Kellert & R.S. Wilson (Eds.), *The Biophilia Hypothesis* (pp. 138-172). Washington: Island Press.
- Hildebrand, G. (1991). *The Wright Space: Pattern & Meaning in Frank Lloyd Wright's Houses*. Seattle: University of Washington.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*.
- Kellert, S.R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2011). *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. s.l.: John Wiley & Sons.
- Lewis, A.L. (2012). Communication personnelle avec les auteurs de 14 *Patterns of Biophilic Design*. Université de Nouvelle-Angleterre d'Optometrie.
- Lichtenfeld, S., Elliot, A.J., Maier, M.A., & Pekrun, R. (2012). Fertile Green: Green Facilitates Creative. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38(6), 784-797.
- Salingaros, N.A. (2012). Fractal Art and Architecture Reduce Physiological Stress. *Journal of Biourbanism*, 2(2), 11-28.
- Shobhakar, D. (2005). Comment infléchir les émissions de CO2 dans quatre mégapoles d'Asie. Dans *La Revue Durable*, « Vivre ensemble en mégapole », n°14.
- Strange, T., & Bayley, A. (2008). *Le développement durable, à la croisée de l'économie, de la société et de l'environnement*. Edition OECD Insights, 164p.
- Gollner, Adam Leith. (2008). *The Fruit Hunters*. New York : Scribner.

### **2. Article :**

- Alvarsson, J., Wiens, S., & Nilsson, M. (2010). Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(3), 1036-1046.
- Herzog, T.R., & Bryce, A.G. (2007). Mystery and Preference in Within-Forest Settings. *Environment and Behavior*, 39(6), 779-796.
- Hunter, M.D., et al. (2010). The State of Tranquility: Subjective Perception is Shaped By Contextual Modulation of Auditory Connectivity. *NeuroImage*, 53, 611-618.

- Jahncke, H., Hygge, S., Halin, N., Green, A.M., & Dimberg, K. (2011). Open-Plan Office Noise: Cognitive Performance and Restoration. *Journal of Environmental Psychology*, 31, 373-382.
- Koga, K., & Iwasaki, Y. (2013). Psychological and Physiological Effect in Humans of Touching Plant Foliage – Using the Semantic Differential Method and Cerebral Activity as. *Journal of Physiological Anthropology*, 32(1), 7.
- Li, Q., et al. (2012). Effect of Phytoncides from Forest Environments on Immune Function. Dans Q. Li (Ed.), *Forest Medicine* (pp. 157-167). Ebook: Nova Science Publishers.
- Rapee, R. (1997). Perceived Threat and Perceived Control as Predictors of the Degree of Fear in Physical and Social Situations. *Journal of Anxiety Disorders*, 11, 455-461.
- Ulrich, R.S. (1993). Biophilia, Biophobia and Natural Landscapes. Dans S.R. Kellert & R.S. Wilson (Eds.), *The Biophilia Hypothesis*. Washington: Island Press.
- Vessel, E.A. (2012). Communication personnelle avec les auteurs de 14 patterns of biophilic design. Université de New York, Centre pour L’Imagerie du Cerveau.
- Yamane, K., Kawashima, M., Fujishige, N., & Yoshida, M. (2004). Effects of Interior Horticultural Activities with Potted Plants on Human Physiological and Emotional Status. *ActaHortic*, 639, 37-43.

### **3. Site web :**

- <https://mtaterre.fr/articles/le-developpement-durable/>
- <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/organisation/affaires-internationales/partenariats-organisations/organisation-cooperation-developpement-economiques-environnement.html>
- <https://illuminem.com/illuminemvoices/bioclimatic-architecture-is-there-a-way-that-a-large-city-turns-greener-and-sustainable> consultée le 27/10/2023
- [https://climate.selectra.com/fr/comprendre/dpe?fbclid=IwAR0xb6BDDY-jpFKZGFgzf5CUZbIF0grbOxjRaaABJwHg\\_xuA7gi8UcIT2-g](https://climate.selectra.com/fr/comprendre/dpe?fbclid=IwAR0xb6BDDY-jpFKZGFgzf5CUZbIF0grbOxjRaaABJwHg_xuA7gi8UcIT2-g) consultée le 01/11/2023
- <https://www.activexpertise-arles.fr/expertises-immobilieres-decence-energetiquen-comment-calculer-lrenergie-finale-consommee-par-metre-carre-par-ann-a9.html>
- [https://www.eqinov.com/faq/quest-ce-que-la-performance-energetique/?fbclid=IwAR1sN2vEnSuCrBK\\_9v28J-dRLluKBE-29AbL1zrRrner4hEM8aBkZm4q-k](https://www.eqinov.com/faq/quest-ce-que-la-performance-energetique/?fbclid=IwAR1sN2vEnSuCrBK_9v28J-dRLluKBE-29AbL1zrRrner4hEM8aBkZm4q-k) consultée le 01/11/2023
- <https://www.architecturalrecord.com/articles/7705-one-central-park>

-<https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/1836-case-study-one-central-park-sydney.pdf>

-[https://www.architecturaldigest.com/story/how-milans-bosco-verticale-has-changed-the-way-designers-think-about-sustainable-design?fbclid=IwAR2N2shc5UinNISGsubjp58\\_I7mDRGbakCSuL5EhyyIq3Dbk17eVhDSiO2s](https://www.architecturaldigest.com/story/how-milans-bosco-verticale-has-changed-the-way-designers-think-about-sustainable-design?fbclid=IwAR2N2shc5UinNISGsubjp58_I7mDRGbakCSuL5EhyyIq3Dbk17eVhDSiO2s)

-<https://www.devex.com/organizations/observatoire-mediterraneen-de-l-energie-ome-51451>

-<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/5103/1/These%20-%20POLITIQUE%20D%20EFFICACITE%20ENERGETIQUE%20EN%20ALGERIE.pdf?fbclid=IwAR01W7XFYu4D-7DM3HwnSCkFfJ5CvVrIBMKfLTGMOp7Hn2UNiGkxfszFd6A>

-[https://www.meteoblue.com/fr/climate-change/tipaza\\_alg%C3%A9rie\\_2476028?fbclid=IwAR1gDKtI\\_5JCPT-\\_F2GFIRxWiiF0AqhpcrYl99q79vG8b-rsnwJ1rPWth0s](https://www.meteoblue.com/fr/climate-change/tipaza_alg%C3%A9rie_2476028?fbclid=IwAR1gDKtI_5JCPT-_F2GFIRxWiiF0AqhpcrYl99q79vG8b-rsnwJ1rPWth0s)

-[https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair?fbclid=IwAR2ZkUUudzd4aSjtG3w80\\_3mlSWGy1djFWmwXTTSaZpC5IFMYT4zNBRa3Hw](https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair?fbclid=IwAR2ZkUUudzd4aSjtG3w80_3mlSWGy1djFWmwXTTSaZpC5IFMYT4zNBRa3Hw)

-<https://www.hellocarbo.com/blog/reduire/3-piliers-du-developpement-durable/>

-<https://www.supplychaininfo.eu/piliers-developpement-durable/>

-<https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>

-<https://www.ecophon.com/fr/articles/connaissance/conception-biophilique-->

#### **4. Thèse et mémoire :**

-Bouamama, Wahiba. (2013). Au sujet de la politique d'efficacité énergétique en Algérie : approche systémique pour un développement durable. Thèse de doctorat, Université Abou-Bakr Belkaid - Tlemcen, Algérie.

- Chekalil, Imane. & Saim, Douaa. (2019). L'architecture biophilique : solution durable et naturelle pour l'homme et son environnement. Mémoire de master en architecture, Université Saad Dahleb Blida - 01, Institut d'Architecture et d'Urbanisme, Algérie.

#### **5. Autre :**

-PDAU et POS AU3 2014 de la wilaya de Tipaza.

## **6.2. Liste des figures :**

**Figure 1 :** Le projet One Central Park à Sydney, en Australie, Source : google image

**Figure 2 :** Le projet Bosco Verticale à Milan, en Italie, Source : google image

**Figure 3 :** Schéma méthodologique de la recherche, Source : auteur

**Figure 4 :** Schéma de structuration du mémoire, Source : auteur

**Figure 5 :** Les piliers du développement durable, Source : Bolivar (2008, p26)

**Figure 6 :** Les piliers du développement durable, Source : google image

**Figure 7 :** Schéma du développement durable, Source : google image

**Figure 8 :** Définition de la biophilie, Source : auteur

**Figure 9 :** La biophile, une source de bien-être, Source : auteur

**Figure 10 :** Schéma représentant la trilogie concernant l'espace, la nature et le lien fondamental entre les 3 éléments, Source : auteur

**Figure 11 :** Modèles et formes biomorphiques, Source : auteur

**Figure 12:** SFER IK, ROTH, Source: metropolismag.com

**Figure 13 :** Lien matériel avec la nature, Source : auteur

**Figure 14:** Sayama Forest Chapel / Hiroshi Nakamura & NAP, Source: Archdaily

**Figure 15:** Bat Trang House / VTN, Source: Archdaily

**Figure 16:** Amazon Spheres / NBBJ, Source: Archdaily

**Figure 17:** Perspective, Source: auteur

**Figure 18:** Foster + Partners Designs ICÔNE, à New Office Complex in Belval, Luxembourg, Source: Archdaily

**Figure 19:** Refuge, Source: auteur

**Figure 20:** Maggie's center thomas heatherwick, Source: architects journal.co.uk

**Figure 21 :** Daewha kang's biophilic design, Source : designcurial.com

**Figure 22 :** Mystère, Source : auteur

**Figure 23:** Pezo von Ellrichshausen Discuss Their Philosophy of Human-Scaled, Source: Archdaily

**Figure 24 :** Toh Crescent / Hyla, Source : Archdaily

**Figure 25 :** Risque, Source : auteur

**Figure 26:** The sphere,NBBJ, Source: Archdaily

**Figure 27 :** Coupe montrant le lien visuel avec la nature, Source : auteur

**Figure 28:** Factory in the Forest, Snd Bhd, Source: Archdaily

**Figure 29:** Woven city, BIG, Source: BIG



**Figure 30** : Coupe montrant le lien non visuel avec la nature, Source : auteur

**Figure 31**: Falling water house frank lloyd wright, Source: Smarthistory

**Figure 32**: Falling water house frank lloyd wright, Source: Smarthistory

**Figure 33** : Coupe montrant les stimulations sensorielles non rythmiques, Source : auteur

**Figure 34**: Dockside green busby perkins+will, Source: pwlpartnership.com avec modification

**Figure 35** : Coupe montrant les variabilités thermiques et le renouvellement d'air, Source : auteur

**Figure 36**: Stacked Planters House / VTN, Source: Archdaily

**Figure 37** : Ha Long Villa / VTN, Source : Archdaily

**Figure 38** : La présence de l'eau à l'intérieur et l'extérieur de l'espace, Source : auteur

**Figure 39**: Museum of photography shoji ueda, Source: ana-cooljapan.com

**Figure 40**: Concrete Light House / HYLEA, Source: Archdaily

**Figure 41** : Coupe montrant la lumière dynamique et diffuse, Source : auteur

**Figure 42**: Joint research center, Source: www.big.dk

**Figure 43** : Lien avec les systèmes naturels, Source : auteur

**Figure 44**: Garden of the four seasons carlo ratti, Source: floornature.com

**Figure 45** : Ensemble des déperdition thermique, Source : google photo

**Figure 46** : Schéma représente les unités fondamentaux, Source : auteur

**Figure 47** : Schéma représente les espaces de soins secs, Source : auteur

**Figure 48** : Schéma représente les espaces de soins humides, Source : auteur

**Figure 49** : Schéma représente les espaces les parties de consultation, Source : auteur

**Figure 50** : Schéma représente les espaces les soins beauté, Source : auteur

**Figure 51** : Schéma représente les espaces les espaces détente et loisirs, Source : auteur

**Figure 52** : La situation géographique de la ville de Tipaza, Source : mapcarta et traité par l'auteur

**Figure 53** : Carte de l'accessibilité de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

**Figure 54** : Carte des équipements touristiques de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

**Figure 55** : Carte des potentiels naturel de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

**Figure 56** : Carte de topographie 3d de la ville de Tipaza, Source : google earth auteur et traité par l'auteur

**Figure 57** : Carte de topographie de la ville de Tipaza, Source : mapcarta auteur et traité par l'auteur

**Figure 58** : Schéma de la coupe-AA-, Source : auteur

**Figure 59** : Schéma de la coupe-BB-, Source : auteur

**Figure 60** : Schéma de la coupe-CC-, Source : auteur

**Figure 61** : Carte montre notre zone de l'aire d'étude, Source : google earth et traité par l'auteur

**Figure 62** : Carte de l'environnement immédiat de l'aire d'intervention, Source : mapcarta et traité par l'auteur

**Figure 63** : Diagramme durée d'insolation à Tipaza, Source : Meteonorm8

**Figure 64** : Diagramme de la température mensuelle à Tipaza, Source : Meteonorm8

**Figure 65** : Diagramme de la précipitation à Tipaza, Source : Meteonorm 8

**Figure 66** : Rose des vents de la ville de Tipaza, Source : climate consultant6.0

**Figure 67** : L'humidité de la wilaya de Tipaza, Source : météo norm

**Figure 68** : Diagramme de radar dans les période estival et hivernal, Source : Excel et traité par l'auteur

**Figure 69** : Analyse AFOM Source : mapcarta et traité par l'auteur

**Figure 70** : Diagramme de GIVONI de la période hivernale, Source : climate consultant6.0

**Figure 71** : Diagramme de GIVONI de la période estivale, Source : climate consultant6.0

**Figure 72** : Diagramme de GIVONI de la période annuel, Source : climate consultant6.0

**Figure 73** : Plan d'action Source : mapcarta et traité par l'auteur

**Figure 74** : Carte montre les potentiels naturels, Source : google earth et traité par l'auteur

**Figure 75** : Carte de création des voies, Source : google earth et traité par l'auteur

**Figure 76** : Carte de mobilité urbaine, Source : google earth et traité par l'auteur

**Figure 77** : Carte des équipements, Source : google earth et traité par l'auteur

**Figure 78** : Carte montre création du parcours urbain, Source : google earth et traité par l'auteur

**Figure 79** : Schéma représente les principaux concepts d'aménagement, Source : auteur

**Figure 80** : Schéma des concepts d'aménagement, Source : auteur

**Figure 81** : Plan d'aménagement, Source : auteur

**Figure 82** : Eco Park, Source : auteur

**Figure 83** : Eco Park, Source : auteur

**Figure 84** : Théâtre en plein air, Source : auteur

**Figure 85** : Complexe des dômes biophilique, Source : auteur

**Figure 86** : Parcours urbain, Source : auteur

**Figure 87** : Parcours urbain, Source : auteur

**Figure 88** : Lampadaire solaire, Source : auteur

**Figure 89** : Parcours urbain, Source : auteur

**Figure 90** : Coupe-AA-, Source : auteur

**Figure 91** : Arrêt de bus écologique, Source : auteur

**Figure 92** : Schéma montre la récupération des eaux pluviales, Source : auteur

**Figure 93** : Situation de la parcelle, Source : Google earth

**Figure 94** : Schéma montre le choix de la parcelle, Source : auteur

**Figure 95** : Carte forme et dimension, (Source : auteur)

**Figure 96** : Coupe-AA-, (Source : auteur)

**Figure 97** : Coupe-BB-, (Source : auteur)

**Figure 98** : Carte de l'accessibilité, (Source : auteur)

**Figure 99** : Carte de climats, (Source : auteur)

**Figure 100** : Schéma montre notre inspiration de concept, Source : auteur

**Figure 101** : Schéma montre les unités du complexe de remise en forme, Source : auteur

**Figure 102** : Aménagement extérieur du complexe, Source : auteur

**Figure 103** : L'unité choisie du bien-être, Source : auteur

**Figure 104** : Programme surfaciques, Source : auteur

**Figure 105** : Schéma montre la circulation des espaces, Source : auteur

**Figure 106** : Schéma de structure, Source : auteur

**Figure 107** : Schéma montre la forme de la toiture, Source : auteur

**Figure 108** : Schéma montre l'aspect fonctionnel de la toiture, Source : auteur

**Figure 109** : Schéma montre les stratégies bioclimatiques, Source : auteur

**Figure 110** : Vue intérieur sur le patio, Source : auteur

**Figure 111** : La structure de la toiture, Source : auteur

**Figure 112** : Fonctionnalités du logiciel Design Builder, Source : (Batisim.net)

**Figure 113** : Le volume a simulé. Source : design Builder.

**Figure 114** : Schéma représente la méthodologie de travail de simulation, Source : auteur

**Figure 115** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de la brique, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 116** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de monomur, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 117** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de la brique cellulaire, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 118** : comparaison des températures des deux scénarios de choix des matériaux, Source : design Builder traité par auteur

**Figure 119** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation d'un isolant XPS polystyrène, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 120** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation d'isolation en laine de verre, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 121** : comparaison des températures des deux scénarios de choix d'isolants, Source : Design Builder traité par auteur

**Figure 122** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation du double vitrage en Arg., Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 123** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation du double vitrage thermochromique, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 124** : comparaison des températures des deux scénarios de choix du vitrage, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 125** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'intégration de brise solaire verticale, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 126** : comparaison des températures des brises solaires avec la température extérieur, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 127** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'intégration de la végétation, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 128** : Tableau des résultats du confort thermiques de scénario choisi, Source : Design Builder traité par auteur.

**Figure 129** : Tableau des résultats du confort thermiques après l'utilisation de la climatisation, Source : Design Builder traité par auteur.

### **6.3. Liste des tableaux :**

**Tableau01** : analyse climatique de la ville de Tipaza, Source : auteur

**Tableau02** : analyse énergétique de la ville de Tipaza, Source : auteur

**Tableau03** : Différents logiciels de la simulation, Source : auteur

### **6.4. Liste des abréviations :**

**OME** : l'Observatoire Méditerranéen de l'Énergie

**COP** : Conférence Of Parties – (Conférence des parties)

**ONU** : Organisation des Nations Unies

**P.O.S** : Plan d'occupation des sols

**PDAU** : Plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme

**ODD** : Objectifs de développement durable

**PREBAT** : Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment

**DPE** : Diagnostic de Performance Énergétique

**CVC** : Chauffage, ventilation et climatisation

**VMC** : Ventilation mécanique contrôlée

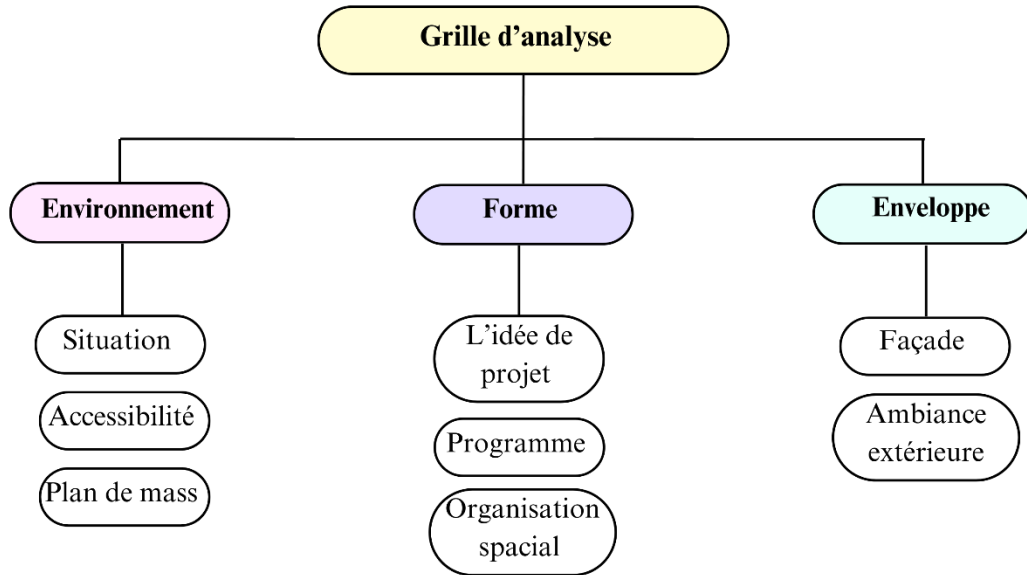
# **Annexes**

## 7. Annexes

### 7.1. PARTIE II : Analyse des exemples

#### Grille d'analyse des exemples

Nous avons analysé les exemples choisis en utilisant la grille d'analyse suivante :


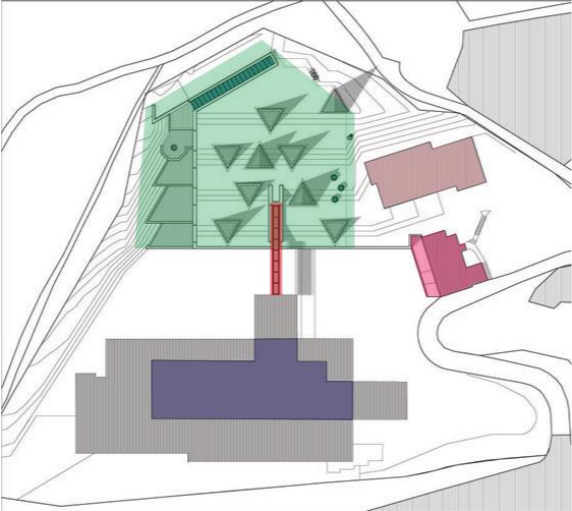
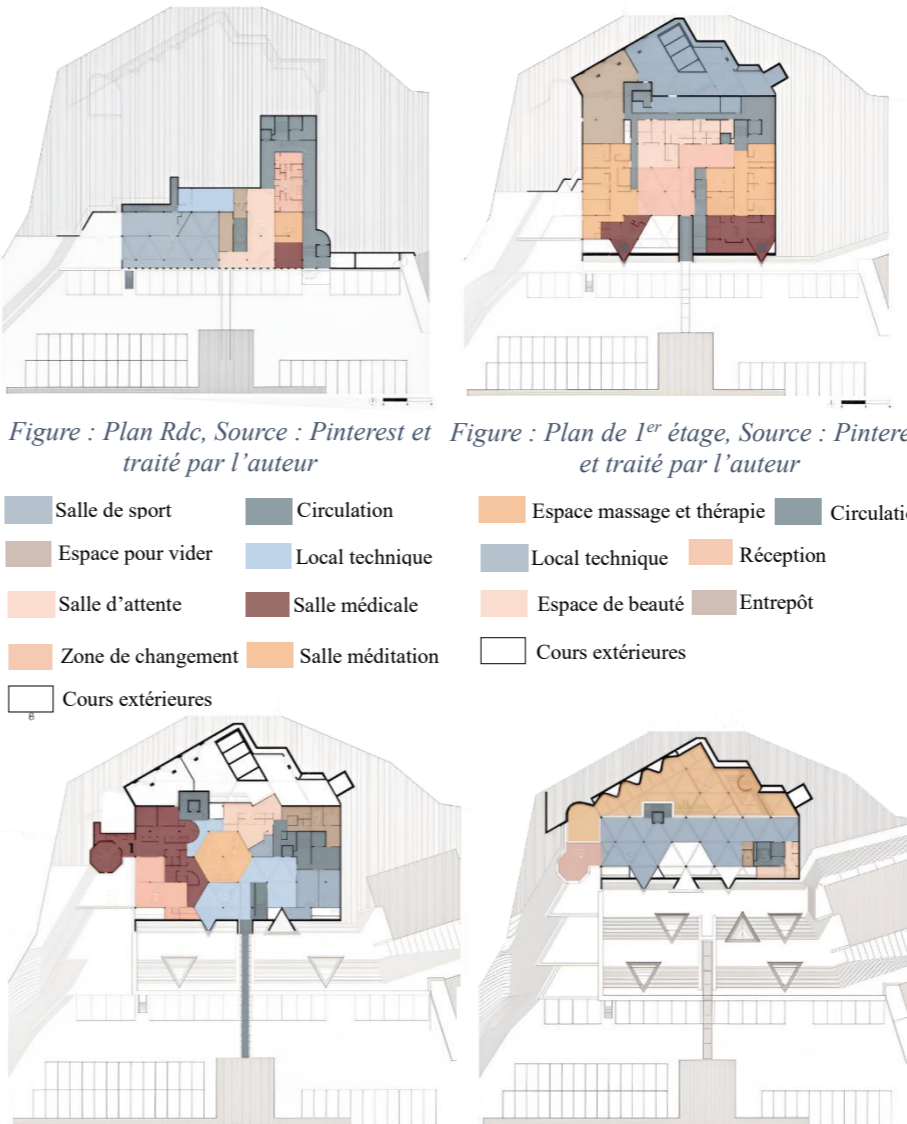
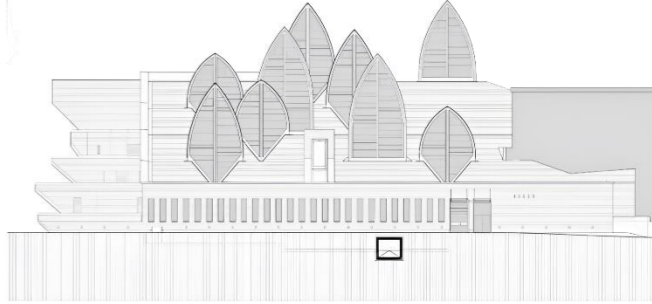




*Schéma présentant la grille d'analyse*


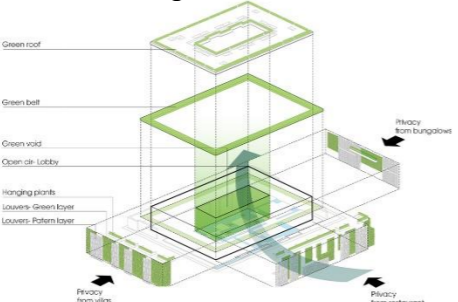


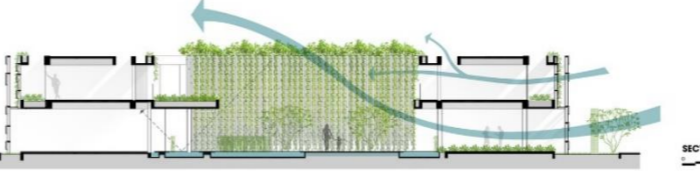


#### Grille d'analyse des exemples

Nous avons choisi des exemples selon :

- a) L'étage climatique.
- b) Les fonctions majeures et les espaces nécessaires de centre de bien-être.
- c) Les techniques passives de l'architecture biophilique.
- d) La performance énergétique du bâtiment.

L'exemple	Environnement	Forme	Enveloppe																																																								
<p><b>1 - Wellness center « Tschuggen Bergoase »</b></p>  <p><i>Figure : Wellness center : Tschuggen Bergoase, Source : Pinterest</i></p> <p><b>Présentation du projet :</b></p> <p><b>Situation :</b> se situe à Arosa dans les Alpes Suisses.</p> <p><b>Surface :</b> Il s'étend sur 5300 m<sup>2</sup> sur trois niveaux (Sous-sol plus R+3).</p> <p><b>Architecte :</b> Conçu par l'architecte Mario Botta.</p> <p><b>Année de réalisation :</b> 2003-2006.</p>	<p><b>Situation :</b> Centre de Tschuggen Bergoase se situe à Arosa Bergoase dans les Alpes de Suisse.</p> <p><b>Plan de masse :</b></p>  <p><i>Figure : Plan de masse, Source : Pinterest</i></p> <table border="0"> <tr> <td> Passerelle</td> <td> Auberge</td> <td> Restaurant</td> </tr> <tr> <td> Centre SPA</td> <td> Hôtel</td> <td></td> </tr> </table>	Passerelle	Auberge	Restaurant	Centre SPA	Hôtel		<p><b>Organigramme spatiale :</b></p>  <p><i>Figure : Plan Rdc, Source : Pinterest et traité par l'auteur</i>      <i>Figure : Plan de 1<sup>er</sup> étage, Source : Pinterest et traité par l'auteur</i></p> <table border="0"> <tr> <td> Salle de sport</td> <td> Circulation</td> <td> Espace massage et thérapie</td> <td> Circulation</td> </tr> <tr> <td> Espace pour vider</td> <td> Local technique</td> <td> Local technique</td> <td> Réception</td> </tr> <tr> <td> Salle d'attente</td> <td> Salle médicale</td> <td> Espace de beauté</td> <td> Entrepôt</td> </tr> <tr> <td> Zone de changement</td> <td> Salle méditation</td> <td> Cours extérieures</td> <td></td> </tr> <tr> <td> Cours extérieures</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><i>Figure : Plan de 2<sup>ème</sup> étage, Source : Pinterest et traité par l'auteur</i>      <i>Figure : Plan de 3<sup>ème</sup> étage, Source : Pinterest et traité par l'auteur</i></p> <table border="0"> <tr> <td> Sauna</td> <td> Réception</td> <td> Circulation</td> <td> Piscine</td> <td> Circulation</td> </tr> <tr> <td> Logement du personnel</td> <td> Salle détente</td> <td> Sanitaire</td> <td> Espace de détente</td> <td></td> </tr> <tr> <td> Sanitaire</td> <td> Vestiaire</td> <td> Hall d'entrée</td> <td> Piscine extérieure</td> <td> Local technique</td> </tr> <tr> <td> Piscine</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><i>Figure : Coupe, Source : Pinterest et traité par l'auteur</i></p> <table border="0"> <tr> <td> Aire de stationnement</td> <td> Rdc</td> <td> 1<sup>er</sup> étage</td> <td> 2<sup>ème</sup> étage</td> <td> 3<sup>ème</sup> étage</td> </tr> <tr> <td> Passerelle</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Salle de sport	Circulation	Espace massage et thérapie	Circulation	Espace pour vider	Local technique	Local technique	Réception	Salle d'attente	Salle médicale	Espace de beauté	Entrepôt	Zone de changement	Salle méditation	Cours extérieures		Cours extérieures				Sauna	Réception	Circulation	Piscine	Circulation	Logement du personnel	Salle détente	Sanitaire	Espace de détente		Sanitaire	Vestiaire	Hall d'entrée	Piscine extérieure	Local technique	Piscine					Aire de stationnement	Rdc	1 <sup>er</sup> étage	2 <sup>ème</sup> étage	3 <sup>ème</sup> étage	Passerelle					<p><b>Façade :</b></p>  <p><i>Figure : Façade principale, Source : Pinterest</i></p> <p>La façade principale fait face au sud, donnant l'entrée de la lumière et de la chaleur dans le bâtiment, principalement par les lucarnes, qui ont été conçues à cet effet, et, ses côtés en vif sont également dirigés vers le sud. Et de sorte qu'il n'y aurait pas d'interruption de cette relation interne-externe. Ensuite, le dégradé de volume enterré dans la terre.</p> <p>- L'équilibre entre le plein et le vide et la, dominance de l'horizontalité.</p> <p><b>Ambiance extérieure :</b></p>  <p><i>Figure : Vue à l'extérieure, Source : Google photo</i></p>  <p><i>Figure : Vue à l'extérieure, Source : Google photo</i></p>
Passerelle	Auberge	Restaurant																																																									
Centre SPA	Hôtel																																																										
Salle de sport	Circulation	Espace massage et thérapie	Circulation																																																								
Espace pour vider	Local technique	Local technique	Réception																																																								
Salle d'attente	Salle médicale	Espace de beauté	Entrepôt																																																								
Zone de changement	Salle méditation	Cours extérieures																																																									
Cours extérieures																																																											
Sauna	Réception	Circulation	Piscine	Circulation																																																							
Logement du personnel	Salle détente	Sanitaire	Espace de détente																																																								
Sanitaire	Vestiaire	Hall d'entrée	Piscine extérieure	Local technique																																																							
Piscine																																																											
Aire de stationnement	Rdc	1 <sup>er</sup> étage	2 <sup>ème</sup> étage	3 <sup>ème</sup> étage																																																							
Passerelle																																																											



L'exemple	Environnement	Forme	Enveloppe																				
<p><b>Exemple2 : Naman Pure Spa · Da Nang City, Vietnam</b></p>  <p><b>Présentation du projet :</b>  <b>Architecte :</b> Mia désigne studio.  <b>Situation :</b> Da Nang, Da Nang, Vietnam.  <b>Architecte en charge :</b> Nguyen Hoang Manh  <b>Année du projet :</b> 2015  <b>Surface :</b> 16000m<sup>2</sup>.</p>	<p><b>Situation :</b>  Le Naman Pure Spa est situé dans la ville de Da Nang, au Vietnam. Plus précisément, il se trouve dans le quartier de Ngũ Hành Sơn, également connu sous le nom de Montagnes des Cinq Éléments, une région pittoresque célèbre pour ses plages de sable fin et ses formations rocheuses spectaculaires.</p> <p><b>L'idée de projet :</b>  L'approche architecturale moderne et minimaliste de MIA Design Studio se distingue par son intégration subtile d'éléments naturels dans ses conceptions. Au Naman Retreat Pure Spa, cette philosophie se manifeste par l'utilisation de matériaux locaux tels que le bois et la pierre, qui s'intègrent harmonieusement dans le paysage environnant pour créer une atmosphère de tranquillité et de bien-être.</p> <p><b>Dispositif bioclimatique :</b>  L'ingénieuse utilisation de la ventilation naturelle par la société d'architecture MIA Design Studio maintient la fraîcheur du bâtiment, offrant ainsi aux visiteurs une expérience rafraîchissante. En intégrant des plantes locales, chaque espace devient un havre de guérison, offrant aux clients une expérience de bien-être luxueuse et intime.</p>  <p><i>Figure : Schéma montre le fonctionnement de dispositif, Source : Archdaily</i></p>	<p><b>Organigramme spatiale :</b></p>  <p><i>Figure : Plan Rdc, Source : Archdaily et traité par l'auteur</i></p> <table border="0"> <tr> <td>Jacuzzi</td> <td>Casier femelle</td> <td>Zone de champoing</td> <td>Espace de relaxation</td> </tr> <tr> <td>Office</td> <td>Salle de yoga</td> <td>Salon</td> <td>Salle de réception</td> </tr> <tr> <td>Salle de gym</td> <td>Vestibule</td> <td>Salle de personnel</td> <td></td> </tr> </table>  <p><i>Figure : Plan de 1<sup>er</sup> étage, Source : Archdaily et traité par l'auteur</i></p> <table border="0"> <tr> <td>Spa vip</td> <td>Spa</td> <td>Chambre personnelle</td> <td>Exposition</td> </tr> <tr> <td>Salle de lecture</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>  <p><i>Figure : Coupe, Source : Archdaily</i></p>	Jacuzzi	Casier femelle	Zone de champoing	Espace de relaxation	Office	Salle de yoga	Salon	Salle de réception	Salle de gym	Vestibule	Salle de personnel		Spa vip	Spa	Chambre personnelle	Exposition	Salle de lecture				<p><b>Façade :</b></p> <p>La façade est composée de motifs en treillis alternant avec des paysages verticaux qui filtrent la forte lumière du soleil tropical en un jeu agréable de lumière et d'ombre sur les murs texturés. Diverses plantes sont soigneusement allouées et deviennent une partie des écrans architecturaux</p>  <p><b>Ambiance extérieure :</b></p> 
Jacuzzi	Casier femelle	Zone de champoing	Espace de relaxation																				
Office	Salle de yoga	Salon	Salle de réception																				
Salle de gym	Vestibule	Salle de personnel																					
Spa vip	Spa	Chambre personnelle	Exposition																				
Salle de lecture																							

## 7.2. Analyse énergétique :

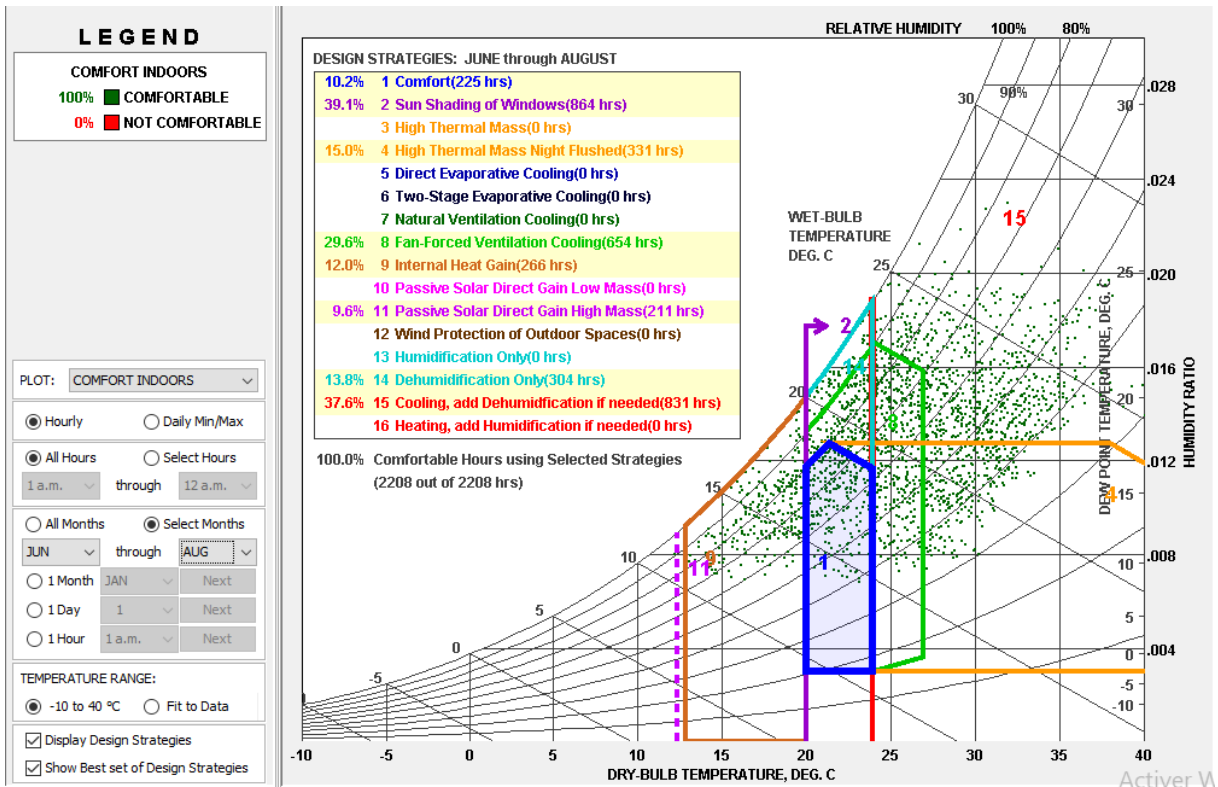


Diagramme de GIVONI de la période estivale

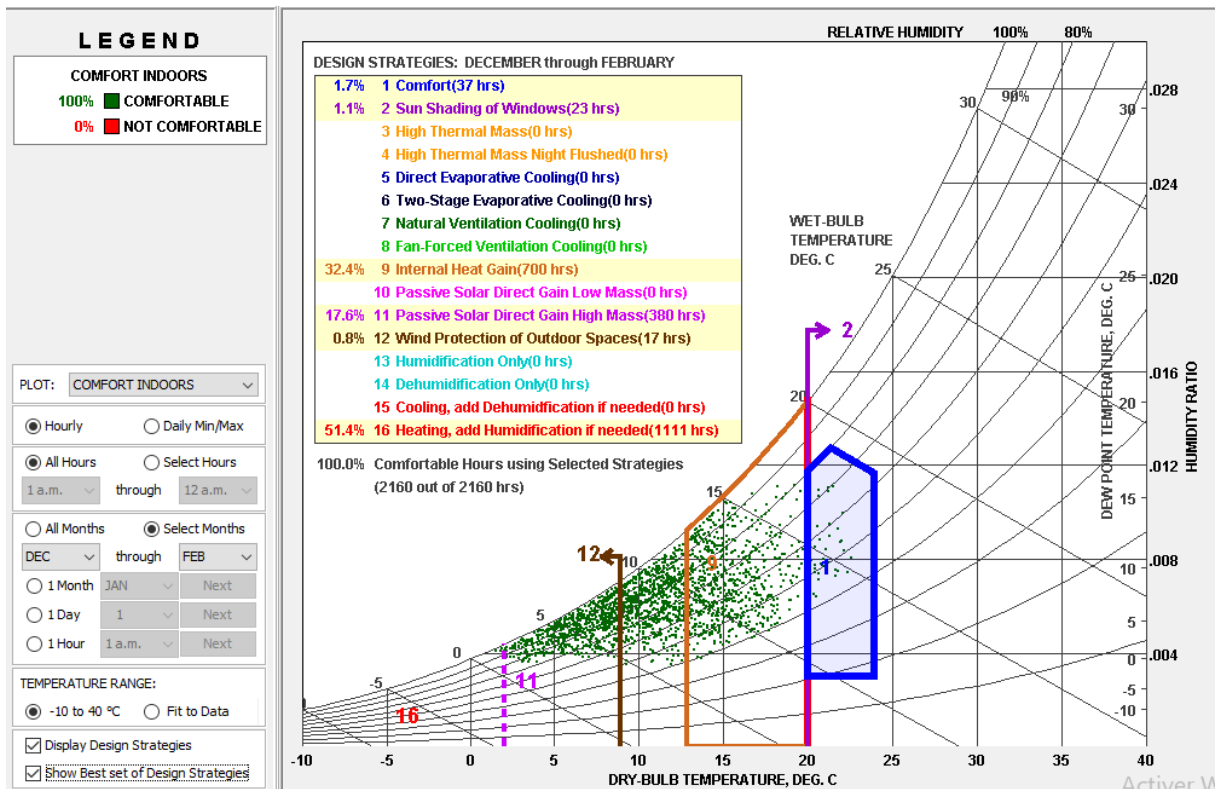


Diagramme de GIVONI de la période hivernale

**LEGEND**

COMFORT INDOORS

100% ■ COMFORTABLE

0% ■ NOT COMFORTABLE

---

PLOT: COMFORT INDOORS

Hourly  Daily Min/Max

All Hours  Select Hours

1 a.m. through 12 a.m.

All Months  Select Months

SEP through NOV

1 Month JAN Next

1 Day 1 Next

1 Hour 1 a.m. Next

TEMPERATURE RANGE:

-10 to 40 °C  Fit to Data

Display Design Strategies

Show Best set of Design Strategies

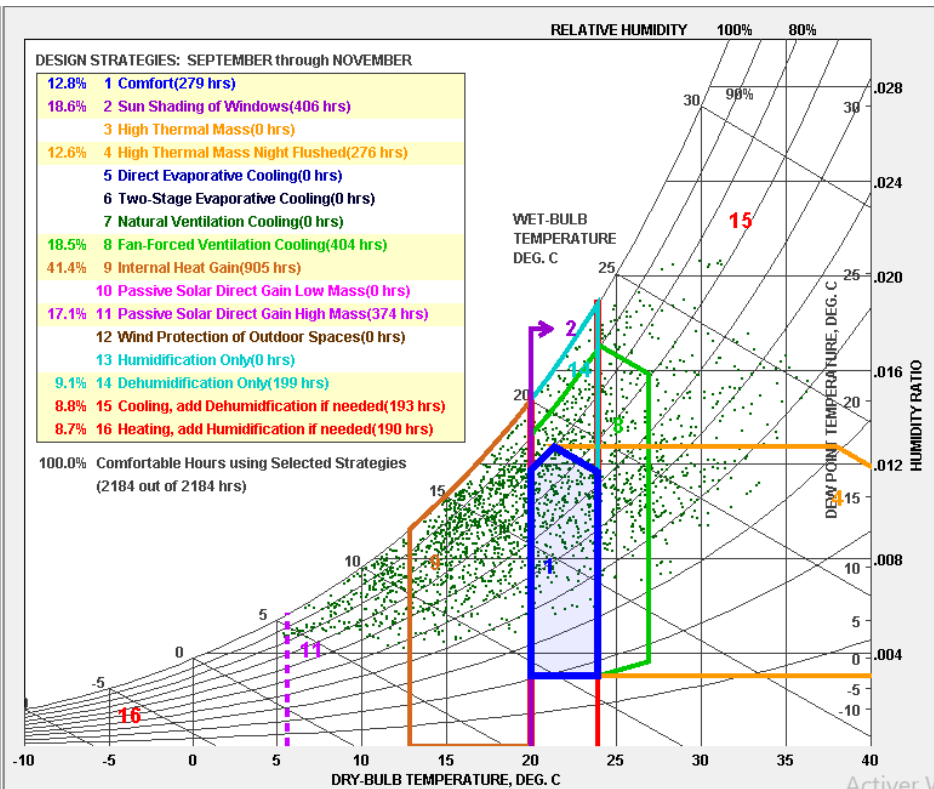


Diagramme de GIVONI de la période automne

**LEGEND**

COMFORT INDOORS

100% ■ COMFORTABLE

0% ■ NOT COMFORTABLE

---

PLOT: COMFORT INDOORS

Hourly  Daily Min/Max

All Hours  Select Hours

1 a.m. through 12 a.m.

All Months  Select Months

MAR through MAY

1 Month JAN Next

1 Day 1 Next

1 Hour 1 a.m. Next

TEMPERATURE RANGE:

-10 to 40 °C  Fit to Data

Display Design Strategies

Show Best set of Design Strategies

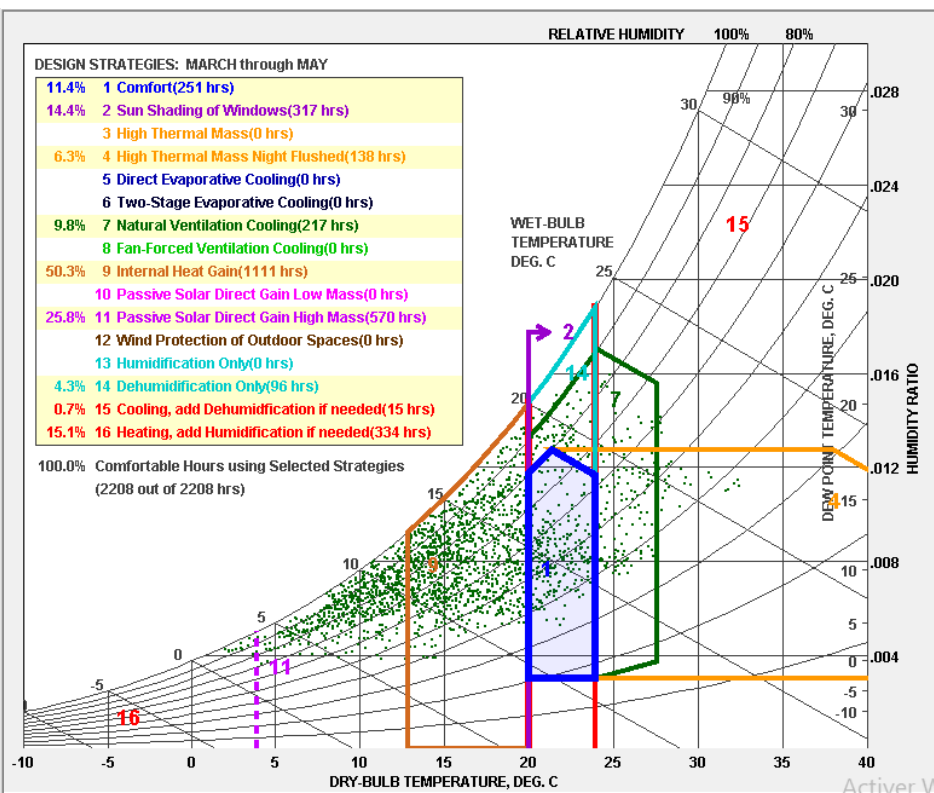


Diagramme de GIVONI de la période printemps

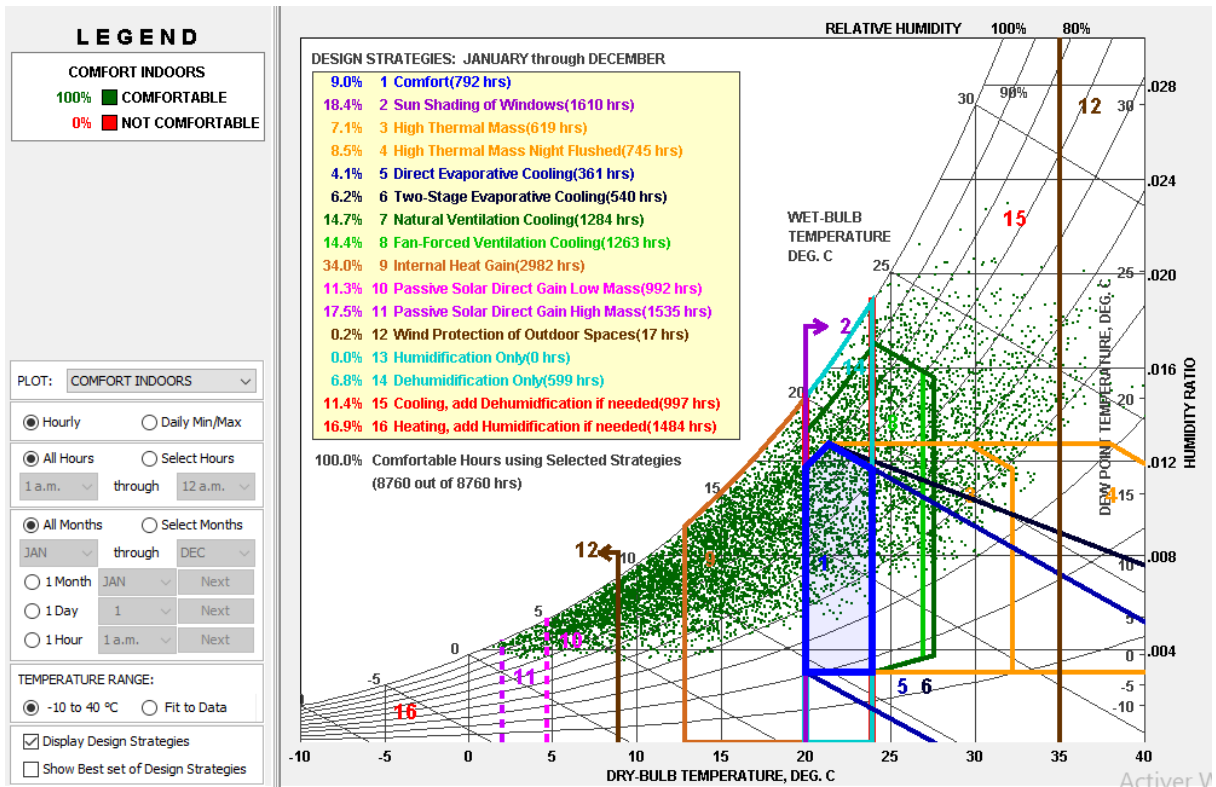


Diagramme de GIVONI de la période annuel

### 7.3. Les plans :

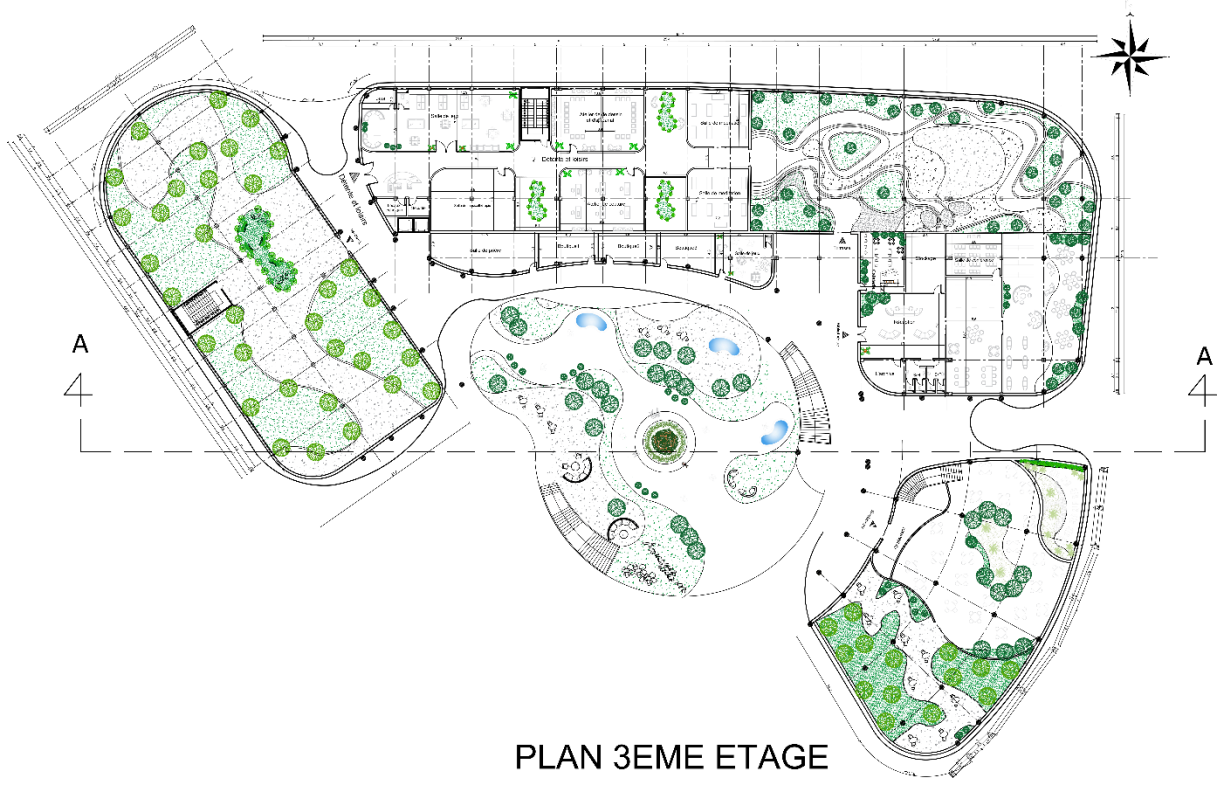




PLAN 1ER ETAGE



PLAN 2EME ETAGE

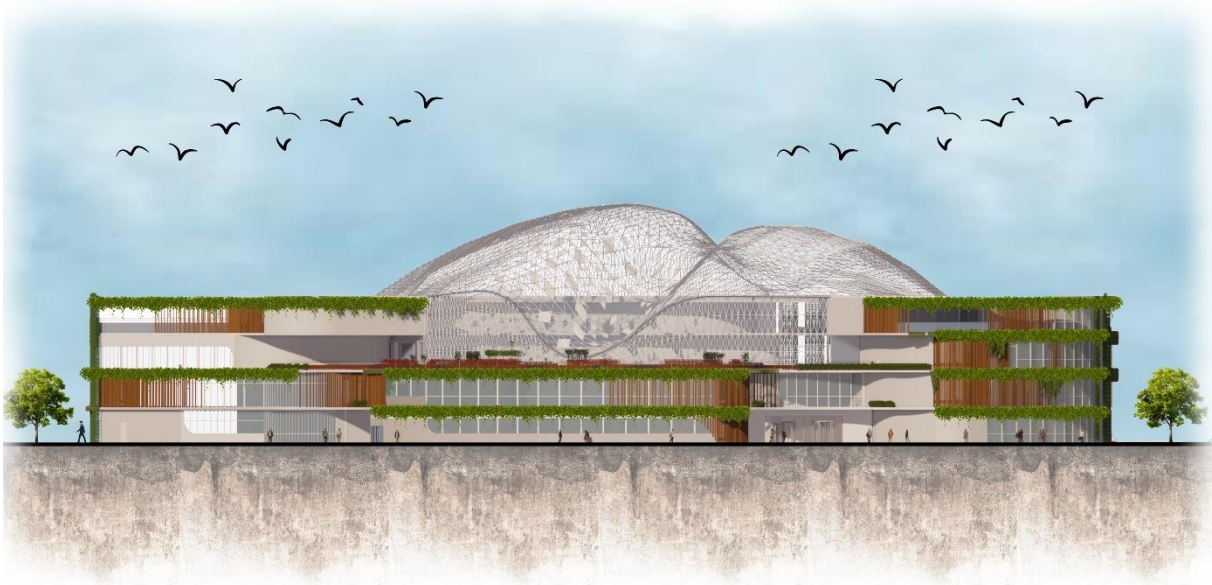


PLAN 3EME ETAGE



*Plan de masse*

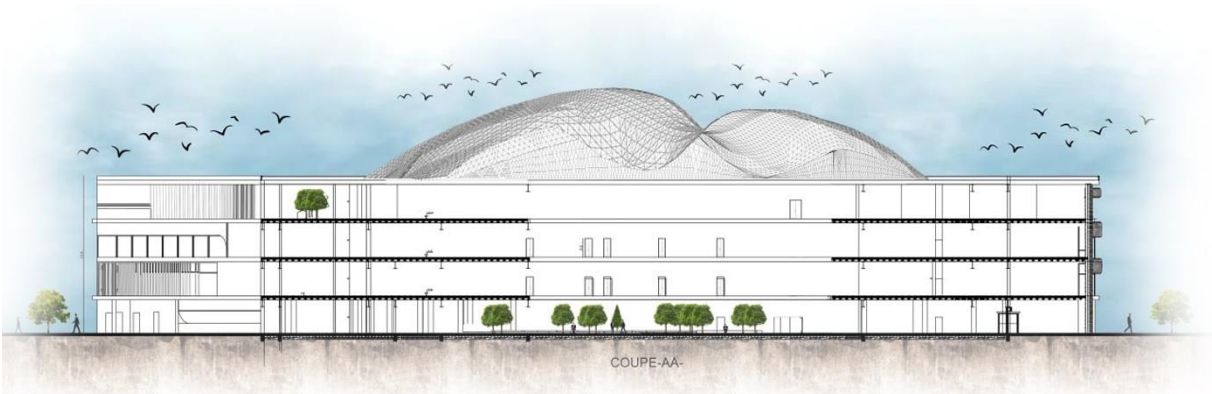
**7.4. Ambiance urbaine et architectural :**



*Façade principale*



*Façade arrière*



*Coupe-AA-*







