



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA-01-

INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

Département d'Architecture

Mémoire de Master en Architecture

Atelier : Architecture, Environnement et Technologie

**Apport du design biophilique dans l'Optimisation
du confort hygrothermique des espaces côtiers à
Cherchell.**

P.F.E: Conception d'un shopping center.

Présenté par :

KAHLI Hanane, 202032023038

DOUANI Fatma, 191932055658

Encadré(e)(s) par :

Dr.Khelifi

Dr.Bouadi

Mme.Kassa

Membres du jury :

Dr. BENKAHOUL

M. OUADAH

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Avant toute chose, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Dieu, Le Tout-Puissant, pour la force, la patience et la persévérance qu'Il nous a accordées tout au long de cette aventure. C'est grâce à Sa volonté que nous avons pu surmonter les difficultés rencontrées et mener à bien ce travail de fin d'études.

Nous exprimons nos remerciements les plus sincères à **Dr. KHELIFI**, **Dr. BOUADI Mahmoud** et **Mme KASSA**, nos encadrants, pour leur accompagnement attentif, leurs conseils pertinents, leur rigueur scientifique et leur bienveillance. Leur encadrement a été d'un apport essentiel à la qualité de notre travail, et nous leur en sommes profondément reconnaissants.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de l'Institut d'Architecture de l'Université de Blida, en particulier Mme GHEDJATI Meryem, Mme MENAOUER Ouassila et Mme KAOULA Dalel, pour la richesse de leur enseignement, leur disponibilité et leur engagement tout au long de notre parcours. Leur contribution a largement façonné notre regard critique et nourri notre réflexion.

Nos remerciements vont également à nos camarades, amis et collègues pour leur esprit de collaboration, leurs échanges constructifs et leur soutien constant au fil des étapes de ce projet.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à nos familles, et en particulier à nos parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral, leur patience et leurs sacrifices. Leur présence à nos côtés a été un pilier fondamental dans l'accomplissement de ce mémoire.

Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Leur aide, leur écoute ou leur simple encouragement ont tous joué un rôle dans l'aboutissement de ce travail.

DOUANI Fatma et KAHLI Hanane

Dédicace

Il me remplit de fierté de ce travail :

À mes parents, Les piliers de ma vie, qui m'ont soutenu avec amour et patience tout au long de ce parcours. Votre confiance inébranlable en mes capacités, vos sacrifices immenses et vos encouragements constants m'ont permis d'aller au bout de mes rêves. Je vous dois tout ce que je suis aujourd'hui.

À ma famille, Pour votre présence rassurante et vos paroles réconfortantes. À ma sœur **Safaa**, qui m'a toujours encouragé et motivé. Merci pour vos prières et votre soutien inconditionnel, même dans les moments où je doutais de moi-même.

À mes amis de la fac, Avec qui j'ai partagé joies et défis, et qui ont su me redonner le sourire même dans les moments les plus difficiles. Merci pour votre compréhension, votre écoute et vos précieux conseils qui ont illuminé ce parcours parfois semé d'embûches.

À mes enseignants et encadrants, Pour leur disponibilité, leur dévouement et leur accompagnement sans faille. Vous avez su éveiller en moi la passion pour l'architecture et m'encourager à me surpasser. Vos enseignements resteront gravés en moi comme des leçons de vie autant que des savoirs académiques.

À ma binôme, Fatima, Merci pour ta présence fidèle, ton écoute, et ta volonté de toujours avancer à deux. Ce mémoire porte aussi la trace de ton engagement et de cette belle aventure humaine que nous avons construite côte à côte. Je suis fier d'avoir partagé ces années avec toi.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire, Votre soutien, vos mots d'encouragement, et vos gestes d'entraide ont été une source précieuse d'inspiration et de motivation.

Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et de ma reconnaissance envers vous tous.

KAHLI Hanane

Dédicace

Parce qu'aucun accomplissement ne se fait seul, et que derrière chaque réussite se cache un monde de soutien, d'amour et de confiance...

À mes parents, Pour leur amour inépuisable, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices silencieux. Merci pour votre confiance, vos prières et votre patience à chaque étape de ma vie. Ce travail est le reflet de tout ce que vous m'avez transmis avec tant d'altruisme.

À mon frère et à ma sœur, Pour votre affection, votre présence rassurante et vos encouragements constants. Vous avez été une source de motivation dans les moments de doute.

À ma tante Souria, Pour tes mains pleines de générosité, qui ont cousu avec amour ma robe de graduation, et pour ton aide précieuse, ta douceur et ta présence. Merci du fond du cœur.

À mes amies chères : Ikram, Rihab, Ikram, Yasmine, Radhia et Abir, Avec qui j'ai partagé des années d'amitié sincère, de complicité, de rires et de soutien. Merci pour votre bienveillance et pour avoir rendu ce parcours universitaire plus doux et plus riche humainement.

À Dounia, merci d'avoir partagé avec moi chaque moment de cette année ; les joies, les défis, les silences et les éclats de rire. Ta présence m'a été d'un immense réconfort, jour après jour.

À ma binôme Kahli Hanane, Merci pour ta patience, ton sérieux, ta détermination et ton esprit d'équipe.

À celui que j'ai toujours trouvé à mes côtés, présent dans le silence comme dans les épreuves, soutien fidèle lorsque le poids devenait trop lourd. Merci d'avoir été là, sans condition, avec force, patience et sincérité.

À toutes celles et ceux qui ont croisé mon chemin avec bienveillance et m'ont inspirée de près ou de loin, je dédie ce modeste travail.

DOUANI Fatma

Résumé

Face aux défis posés par le changement climatique et l'augmentation des températures et de l'humidité dans les zones côtières, le secteur du bâtiment, particulièrement énergivore, doit adopter des solutions durables pour améliorer le confort des occupants tout en réduisant son impact environnemental.

Ce mémoire s'intéresse à l'application du design biophilique dans l'optimisation du confort hygrothermique d'un centre commercial à Cherchell, en Algérie. À travers une étude approfondie des principes biophiliques et des stratégies bioclimatiques, nous avons identifié des paramètres favorisant une meilleure régulation thermique et une réduction de la consommation énergétique.

Le projet intègre des éléments naturels tels que la lumière, la végétation, l'eau et des matériaux à forte inertie thermique, combinés à une ventilation naturelle performante, pour créer un espace intérieur sain, confortable et éco-responsable.

Cette approche démontre que le design biophilique constitue une solution efficace pour répondre aux enjeux climatiques et améliorer le bien-être des usagers dans les bâtiments commerciaux côtiers.

Mots clés : changement climatique, design biophilique, confort hygrothermique, stratégies bioclimatiques, centre commercial, zone côtière.

Abstract

Faced with the challenges posed by climate change and the increase in temperatures and humidity in coastal areas, the building sector, particularly energy-intensive, must adopt sustainable solutions to improve occupant comfort while reducing its environmental impact. This thesis focuses on the application of biophilic design in optimizing the hygrothermal comfort of a shopping center in Cherchell, Algeria. Through an in-depth study of biophilic principles and bioclimatic strategies, we have identified parameters favoring a better thermal regulation and a reduction of energy consumption.

The project integrates natural elements such as light, vegetation, water and materials with high thermal inertia, combined with efficient natural ventilation, to create a healthy, comfortable and eco-responsible interior space.

This approach demonstrates that biophilic design is an effective solution to address climate issues and improve user well-being in coastal commercial buildings.

Keywords: climate change, biophilic design, hygrothermal comfort, bioclimatic strategies, shopping center, coastal zone.

ملخص

في مواجهة التحديات التي يفرضها تغير المناخ وارتفاع درجات الحرارة والرطوبة في المناطق الساحلية، يجب على قطاع البناء، الذي يستهلك كميات كبيرة من الطاقة بشكل خاص، اعتماد حلول مستدامة لتحسين راحة شاغليه مع الحد من تأثيره البيئي.

تركز هذه الأطروحة على تطبيق التصميم الحيوي لتحسين الراحة الرطبة والحرارية لمركز تسوق في شرشال، الجزائر. من خلال دراسة متعمقة لمبادئ التصميم الحيوي والاستراتيجيات المناخية الحيوية، حددنا المعايير التي تعزز التنظيم الحراري بشكل أفضل وتقليل استهلاك الطاقة. يدمج المشروع عناصر طبيعية مثل الضوء والنباتات والمياه والمواد ذات القصور الحراري العالي، إلى جانب تهوية طبيعية فعالة، لخلق مساحة داخلية صحية ومريحة وصديقة للبيئة.

يوضح هذا النهج أن التصميم الحيوي هو حل فعال لمواجهة تحديات المناخ وتحسين رفاهية المستخدم في المباني التجارية الساحلية.

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ، التصميم الحيوي، الراحة الحرارية والرطوبة، الاستراتيجيات المناخية الحيوية، مركز التسوق، المنطقة الساحلية.

TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

CHPITRE 01 : INTRODUCTION.....	1
1. INTRODUCTION GENERALE.....	2
2. PROBLEMATIQUE GENERALE	3
3. PROBLEMATIQUE SPECEFIQUE	4
4. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE	5
5. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	5
6. APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	5
7. STRUCTURE DU MEMOIRE.....	7
CHAPITRE 02 : ETAT DE L'ART.....	9
1. Introduction.....	10
2. Définition des Concepts	11
2.1. Développement durable	11
2.1.1. Les piliers de développement durable	11
2.1.1.1. Pilier environnemental.....	11
2.1.1.2. Pilier économique.....	12
2.1.1.3. Pilier social	12
2.2. L'architecture bioclimatique	13
2.2.1. Définition de l'architecture bioclimatique.....	13
2.2.2. Principes de l'architecture bioclimatique.....	13
2.2.3. Stratégies de l'architecture bioclimatique.....	15
2.2.4. Principe des stratégies bioclimatiques.....	20
2.3. Le confort en architecture.....	22
2.3.1. Définition du confort.....	22

2.3.2.	Définition du confort en architecture.....	22
2.3.3.	Types du confort.....	23
2.3.4.	Le confort hygrothermique.....	24
2.3.5.	Paramètres du confort hygrothermique.....	24
2.4.	L'architecture biophilique	24
2.4.1.	Définition de la biophilie.....	24
2.4.2.	Définition de l'architecture biophilique	24
2.4.3.	Les principes de la conception biophilique.....	27
2.4.4.	La relation de la conception biophilique et le confort.....	32
3.	Concepts lié au projet.....	33
3.1.	Le commerce.....	33
3.1.1.	Caractéristiques du Commerce.....	33
3.1.2.	Rôle du commerce dans le développement urbain.....	34
3.1.3.	Évolution de commerce.....	34
3.2.	Le centre commercial.....	35
3.2.1.	Types des centres commerciaux.....	35
3.2.2.	Défis des bâtiments commerciaux.....	36
3.3.	Confort hygrothermique dans les espaces commerciaux.....	37
4.	L'étude ergonométrique.....	42
5.	Analyse des exemples.....	45
	Synthèse.....	48
CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE.....		49
1.	Introduction	49
1.1.	Présentation de la vill.....	49
1.1.1.	Situation géographique.....	49
1.1.2.	Relief.....	50
1.1.3.	Accessibilité.....	52
1.1.4.	Vocation de la ville.....	52
2.	Analyse urbaine de la ville.....	53

2.1. Analyse diachronique.....	53
2.2. Analyse morphologique de la ville.....	54
Synthèse.....	60
2.3. Analyse morphologique de la zone d'étude.....	61
2.4. Analyse SWOT.....	62
2.5. Critiques du POS.....	62
Synthèse.....	63
3. Analyse environnementale.....	65
3.1. Présentation du terrain.....	65
3.1.1. Choix du site.....	65
3.1.2. Localisation et contexte.....	65
3.1.3. Dimensions et organisation spatiale.....	65
3.1.4. Environnement immédiat.....	66
3.2. Analyse climatique.....	66
3.2.1. Analyse climatique à l'échelle de la ville.....	66
3.2.2. Analyse climatique à l'échelle du site.....	69
Synthèse.....	70
3.3. La mobilité douce.....	71
3.4. La végétation.....	72
3.5. Gestion des déchets.....	73
3.6. Gestion des eaux pluviales.....	74
3.7. Adaptation à la topographie.....	75
4. Le projet architectural : Centre commercial.....	76
4.1. Logique fonctionnelle et concepts liés au programme.....	76
4.2. Organisation spatiale du projet.....	80
4.3. Concepts liés au site.....	83
4.4. Concepts liés à des références architecturales.....	85
4.5. Concepts liés à l'environnement physique.....	85
4.5.1. Orientation du bâtiment.....	85
4.5.2. Zonage thermique.....	87
4.5.3. Ventilation naturelle.....	87
4.5.4. Éclairage naturel.....	88

4.5.5. Dispositifs d'ombrage	89
4.5.6. Matériaux écologique utilisés dans le projet.....	89
4.5.7. Intégration de la technologie des P.V.....	90
4.6. Génèse du projet.....	91
4.7. Composition de façades.....	94
4.8. Système structurel et technologies constructives.....	95
Synthèse.....	96
CHAPITRE 04 : Simulation et optimisation.....	97
1. Introduction.....	98
2. Généralité sur la STD.....	98
2.1. Définition de la STD.....	98
2.2. Objectifs de la STD.....	98
2.3. Choix des outils (logiciels) de la STD.....	98
2.3.1. Présentation de Design-Builder.....	99
2.3.2. Présentation de Météo-norme.....	100
3. Processus de la simulation sous Design-Builder.....	100
3.1. Méthode de la simulation.....	100
3.2. Présentation de cas d'étude.....	101
3.1.1. Découpage de projet en zones thermique.....	101
3.1.2. Caractéristiques thermiques des matériaux.....	102
3.3. Définition et intégration des scénarios de fonctionnement.....	103
3.4. Variantes étudiées.....	104
3.4.1. Choix des variantes étudiées.....	105
3.4.2. Présentation des variantes étudiées.....	104
4. Résultats obtenus et discussion.....	105
Synthèse	109

CONCLUSION GENERALE	110
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	
6.1 BIBLIOGRAPHIE	
6.2 LISTE DES FIGURES.....	
6.3 LISTE DES TABLEAUX	
ANNEXES	

CHAPITRE 01

Introduction

1. Introduction générale :

Dans un monde de plus en plus confronté à l'intensification des phénomènes climatiques extrêmes et à la hausse continue des températures globales, la question du confort dans les espaces bâtis devient cruciale, en particulier dans les régions côtières. Le dérèglement climatique, confirmé par les rapports successifs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), se traduit par une élévation du niveau des mers estimée entre 0,28 m et 1,01 m d'ici 2100 selon les scénarios d'émissions (GIEC, AR6, 2021). Par ailleurs, l'humidité ambiante a augmenté de 4 % en moyenne dans les zones côtières au cours des 40 dernières années, exacerbant la sensation de chaleur. Les vagues de chaleur, quant à elles, sont devenues 5 fois plus fréquentes et peuvent durer jusqu'à 3 semaines consécutives dans certaines régions littorales (GIEC, AR6). Ces phénomènes affectent profondément la qualité de vie dans les zones littorales, où près de 40 % de la population mondiale est concentrée. Ces transformations posent des défis inédits aux architectes et urbanistes, notamment en matière de conception thermique, de choix des matériaux, et de gestion des flux d'air et d'humidité. En effet, le secteur de l'habitat est à la fois une victime et un acteur majeur du changement climatique : il représente environ 37 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre liées à l'énergie, dont près de 27 % proviennent directement des bâtiments (chauffage, climatisation, éclairage) et 10 % des matériaux et processus de construction (GIEC, AR6, 2021). Cette double contrainte oblige à repenser radicalement les stratégies de conception pour réduire l'empreinte carbone des bâtiments tout en améliorant leur résilience face aux conditions climatiques extrêmes.

L'Algérie, comme de nombreux pays méditerranéens, est confrontée aux défis majeurs du changement climatique. Le secteur de l'habitat y est particulièrement énergivore, représentant environ 40 % de la consommation totale d'énergie du pays, avec une part importante liée au chauffage, à la climatisation et à la ventilation des bâtiments (Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie, 2022). Cette forte consommation énergétique traduit un déficit de confort thermique dans de nombreux logements, notamment en zones côtières où l'humidité et les températures élevées s'ajoutent aux contraintes climatiques.

À l'échelle locale, la ville de Cherchell, située sur la côte méditerranéenne, illustre bien ces problématiques : marquée par une forte humidité ambiante et un ensoleillement intense,

elle une augmentation du stress thermique en période estivale. Face à cette réalité, une approche conceptuelle innovante gagne en importance dans le cadre de l'architecture durable : le design biophilique. Fondé sur le principe de reconnexion de l'être humain à la nature, ce courant vise à intégrer de manière harmonieuse des éléments naturels – lumière, végétation, eau, formes organiques – dans la conception des espaces bâtis. Au-delà de son apport esthétique, cette stratégie révèle un potentiel considérable en matière de régulation thermique et d'amélioration du confort intérieur, notamment dans les environnements contraints tels que les zones côtières.

C'est à la lumière de ces constats que s'inscrit le présent travail, dont le thème est : « **Apport du design biophilique dans l'optimisation du confort hygrothermique des espaces côtiers à Cherchell** ».

2. Problématique générale :

Cherchell, située sur la côte méditerranéenne de l'Algérie, bénéficie d'un climat méditerranéen tempéré, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Ces conditions climatiques engendrent des défis spécifiques en matière de confort hygrothermique, particulièrement dans des constructions qui ne respectent pas les normes adaptées au contexte climatique local.

Le confort hygrothermique, défini comme l'état dans lequel les occupants perçoivent un équilibre satisfaisant entre la température, l'humidité relative et la ventilation, est un facteur essentiel de santé et de bien-être. Toutefois, dans les zones côtières comme Cherchell, l'utilisation de matériaux peu performants thermiquement, combinée à l'absence de solutions bioclimatiques efficaces, favorise l'infiltration de l'humidité et accroît les pertes thermiques. Il en résulte une consommation énergétique excessive, notamment liée au recours intensif à la climatisation en été et au chauffage en hiver, aggravant l'empreinte carbone des bâtiments. D'après le PNUE (2020), la consommation énergétique du secteur du bâtiment représente jusqu'à 40 % de l'énergie totale utilisée en milieu urbain.

Pour pallier ces problématiques, une approche fondée sur le design biophilique, combinée à des stratégies bioclimatiques, s'avère indispensable. Cela inclut l'utilisation de matériaux naturels à forte inertie thermique, une ventilation naturelle performante, l'intégration d'éléments végétaux et aquatiques dans l'environnement bâti, ainsi que le recours à des énergies renouvelables comme l'énergie solaire.

Il est également important de prendre en compte les effets de l'urbanisation croissante à Cherchell, qui a entraîné la réduction des espaces verts et l'émergence de densifications peu adaptées aux conditions climatiques locales. Ces choix urbains aggravent l'effet d'îlot de chaleur urbain et accentuent les inconforts hygrothermiques. Dès lors, la problématique suivante se pose :

Comment concevoir un projet côtier durable qui s'intègre dans le contexte urbain et environnemental de la ville de Cherchell ?

3. Problématique spécifique :

La conception de centres commerciaux dans les zones côtières, comme Cherchell, pose des défis majeurs en matière de confort hygrothermique. Ces bâtiments, en raison de leur grande surface, de leur occupation dense et de leur forte consommation énergétique, sont particulièrement vulnérables aux déséquilibres thermiques et à l'humidité. Les études montrent que les centres commerciaux consomment jusqu'à 20-30 % d'énergie en plus par mètre carré par rapport aux bâtiments résidentiels, en grande partie à cause des besoins en climatisation et en éclairage (UNEP, 2020).

Dans un climat côtier caractérisé par une humidité élevée, des variations de température et des vents marins, les matériaux mal adaptés et les solutions de conception standard exacerbent ces problèmes. Cela entraîne une surutilisation des systèmes de climatisation, générant des coûts énergétiques élevés, une empreinte carbone accrue et une diminution du confort des usagers. De plus, la négligence des stratégies bioclimatiques réduit la qualité de l'air intérieur, accroît les risques de condensation et compromet l'expérience des visiteurs. Ces défis sont d'autant plus prononcés dans les centres commerciaux, qui se distinguent par leur grande taille, leur occupation dense et leur forte consommation énergétique. La combinaison de ces facteurs accroît la demande en énergie pour la climatisation et le chauffage, augmentant ainsi les coûts opérationnels et les émissions de gaz à effet de serre.

De plus, le confort des usagers peut être compromis par des conditions intérieures inadéquates, telles que des écarts de température, une humidité excessive ou une mauvaise qualité de l'air. Dans ce cadre, la problématique suivante se pose : **Comment concevoir un centre commercial durable à Cherchell qui optimise le confort hygrothermique des usagers, et en s'appuyant sur les principes de l'architecture biophilique ?**

4. Hypothèses :

Afin de répondre au questionnement, nous avons pris en considération les hypothèses suivantes :

- ❖ Intégrer les principes de l'architecture biophilique dans la conception des bâtiments peut améliorer le confort hygrothermique.
- ❖ Concevoir les bâtiments en tenant compte des principes bioclimatiques, tels que l'orientation optimale et l'utilisation de brise-soleil, la ventilation naturelle, peuvent améliorer le confort hygrothermique.
- ❖ Adopter des technologies de construction verte, telles que les toits végétalisés et les murs à haute performance énergétique, peuvent améliorer l'efficacité énergétique et réduire l'impact environnemental.

5. Objectif de recherche :

L'objectif de ce mémoire est d'introduire les principes du design biophilique dans l'optimisation du confort hygrothermique des espaces commerciaux en zone côtière, en prenant comme cas d'étude la ville de Cherchell. Il s'agit d'analyser comment l'intégration d'éléments naturels et de stratégies biophiliques peut améliorer la régulation thermique et hygrométrique des bâtiments, tout en contribuant à une meilleure qualité de vie et à une réduction de l'impact environnemental dans un contexte méditerranéen humide. L'objectif final est de formuler un modèle de conception pour un centre commercial durable à Cherchell, conciliant efficacité énergétique, confort des usagers et réduction de l'empreinte environnementale. Ce travail ambitionne ainsi de contribuer à une architecture plus résiliente, capable de répondre aux enjeux croissants du changement climatique dans les zones littorales.

6. Approche méthodologique :

Nous adopterons une méthode basée sur différentes approches à savoir : approche théorique, approche analytique et conceptuelle afin d'atteindre nos objectifs de recherche et de vérifier les hypothèses formulées.

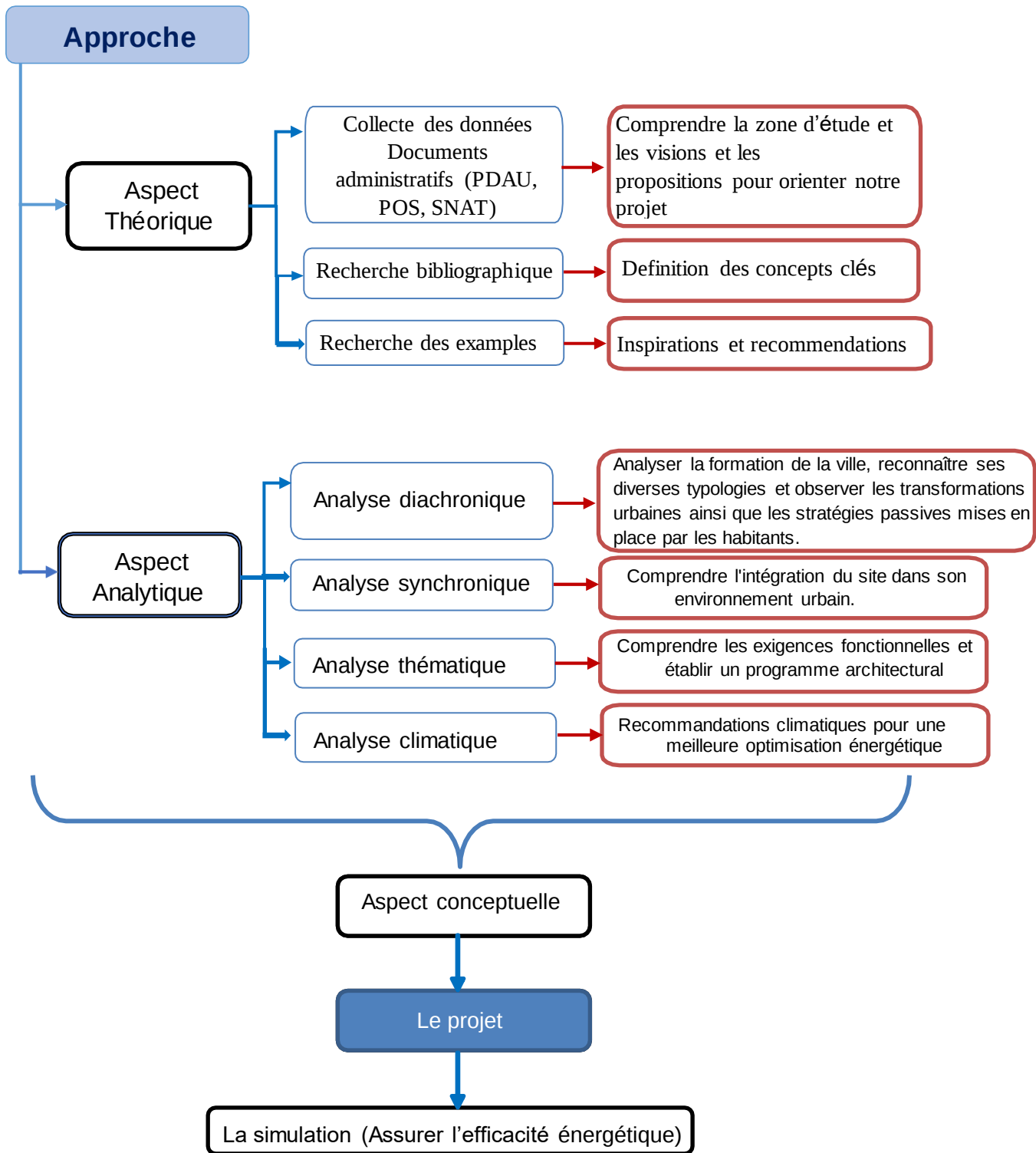


Figure 1: Schéma de structuration du mémoire, Source : Auteurs

7. Structure du mémoire :

Nous avons structuré notre recherche dans ce mémoire suivant 4 grands chapitres:

7.1.Chapitre 01 : Chapitre introductif:

Ce chapitre sert d'introduction à notre thème de recherche, en le situant à la fois dans le contexte mondial et en Algérie, tout en tenant compte de l'état actuel du monde et du phénomène du changement climatique. Nous y avons défini les problématiques générale et spécifique qui nous ont conduits à formuler des hypothèses, que nous vérifierons dans les chapitres suivants selon la méthodologie appliquée, tout en précisant les objectifs de notre travail et la structure de la mémoire.

7.2. Chapitre 02 : Etat de l'art:

Dans ce deuxième chapitre, nous avons regroupé l'ensemble des études bibliographiques liées à notre thème de recherche, qui couvre le développement durable, l'architecture bioclimatique, l'architecture biophilique, le confort hygrothermique, l'équipement commercial, tout en incluant une analyse d'exemples pertinents. Ce chapitre se divise en deux sections principales : la partie énergétique et la partie thématique. Son objectif est d'approfondir notre compréhension des concepts et des outils nécessaires à la conception architecturale, en mettant en lumière les connaissances acquises à travers une étude détaillée des recherches et des paramètres, ainsi que l'analyse d'exemples concrets.

7.3.Chapitre 03 : Cas d'étude:

Le troisième chapitre est dédié à notre cas d'étude et débute par une analyse urbaine de Cherchell. Nous poursuivons avec une évaluation approfondie de l'air d'étude, qui inclut une analyse climatique. Par la suite, nous avons élaboré un plan d'aménagement dans le cadre d'une intervention urbaine. Enfin, nous avons examiné le site d'intervention, où nous avons entamé la phase conceptuelle du projet architectural, en intégrant les connaissances acquises dans le chapitre précédent.

7.4.Chapitre 04 : simulation et optimisation:

Dans ce dernier chapitre, nous avons traité la phase de simulation en appliquant une série de scénarios et de stratégies à l'aide du logiciel *DesignBuilder* pour évaluer et optimiser les performances énergétiques du projet.

Conclusion générale : notre mémoire aboutira sur une synthèse du travail effectué, incluant les résultats principaux ainsi que les perspectives envisagées à moyen et long terme.

Chapitre 02

Etat de l'art

1. Introduction

Ce chapitre établit le cadre théorique de notre étude, qui sert comme un fondement théorique pour examiner les opportunités offertes par une approche globale qui allie confort, durabilité et innovation dans la conception architecturale.

Pour ce faire, nous allons dans un premier temps définir les concepts clés liés à la durabilité, à l'architecture biophilique, à l'architecture bioclimatique, ainsi que et le confort hygrothermique dans la conception architecturale. Ensuite nous allons procéder à l'analyse des exemples de projets similaires ayant appliqué, dont l'objectif est de comprendre comment l'intégration d'éléments naturels et de végétation dans l'architecture incluent dans le design biophilique peut non seulement améliorer le confort hygrothermique des usagers.

Par ailleurs, nous allons élaborer une recherche sur les centres commerciaux et ses différents types, pour mieux comprendre les spécificités du notre projet, ainsi que les exigences des différents espaces.

Nous allons clôturer ce chapitre, par l'élaboration d'une synthèse des concepts représentant une plateforme qui va nous servir lors de la réflexion architecturale.

2. Définition des concepts

2.1. Développement durable

"Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs."

Gro Harlem Brundtland Commission mondiale sur l'environnement et le développement, Rapport Brundtland, 1987.

2.1.1. Les piliers de développement durable :

"Le développement durable est celui qui réconcilie trois objectifs essentiels : des performances économiques positives, une équité sociale et une gestion responsable de l'environnement." John Elkington (1997), créateur du concept des "Triple Bottom Line Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business"

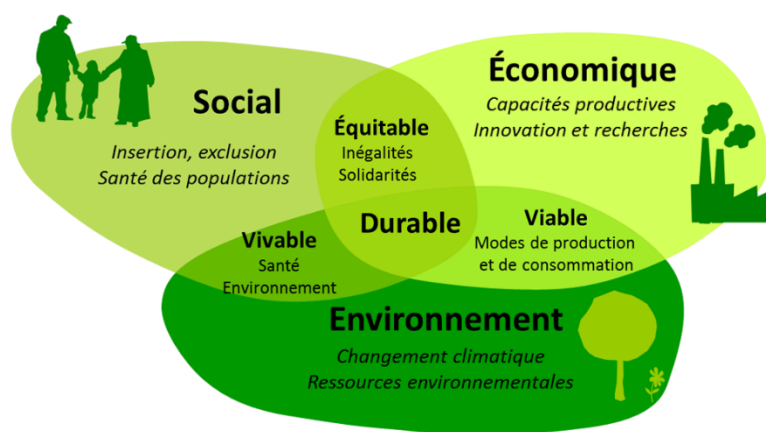


Figure 2 : Les piliers du développement durable, Source : Institut Québécois des Affaires Internationales (IQAI) .

Pilier environnemental :

Il s'agit de concevoir des bâtiments qui minimisent leur impact écologique en optimisant l'efficacité énergétique, en utilisant des matériaux durables, en gérant les ressources en eau de manière responsable, et en intégrant des solutions pour la réduction des déchets et la préservation de la biodiversité.

Aspects de ce pilier :

- **Efficacité énergétique** : Réduction de la consommation d'énergie et intégration de sources renouvelables.
- **Matériaux durables** : Utilisation de matériaux écologiques, locaux et recyclables.

- **Gestion de l'eau** : Récupération des eaux de pluie et systèmes économes en eau.
- **Réduction des déchets** : Recyclage des matériaux de construction.
- **Préservation de la biodiversité** : Intégration d'espaces verts et respect des écosystèmes locaux.

Pilier économique :

Ce pilier vise à rendre les projets viables financièrement, en garantissant un retour sur investissement à long terme grâce à l'efficacité des ressources, tout en rendant les constructions accessibles économiquement pour un large public, notamment par l'utilisation de matériaux locaux et l'optimisation des coûts.

Aspects de ce pilier :

- **Rentabilité à long terme** : Réduction des coûts d'exploitation grâce à des constructions efficaces.
- **Optimisation des ressources** : Utilisation rationnelle des matériaux et des ressources.
- **Accessibilité économique** : Conception de projets durables à prix abordables, incluant le logement social.
- **Valorisation locale** : Soutien à l'économie locale à travers l'utilisation de matériaux et de technologies écologiques.

Pilier social :

Il se concentre sur le bien-être des occupants, en garantissant des espaces de vie confortables et accessibles à tous, tout en promouvant la cohésion sociale à travers des espaces publics inclusifs et en veillant à l'équité sociale grâce à la participation active des communautés dans la conception des projets. Voici quelques aspects de ce pilier :

- **Confort et qualité de vie** : Espaces sains avec une bonne qualité de l'air, de l'éclairage et du confort thermique.
- **Accessibilité et inclusion** : Espaces adaptés à tous, y compris les personnes handicapées et à faibles revenus.
- **Espaces publics** : Création de lieux favorisant la vie communautaire et la cohésion sociale.
- **Équité sociale** : Garantir que les projets bénéficient à toutes les populations et ne créent pas d'inégalités.
- **Participation communautaire** : Impliquer les habitants dans la conception des projets pour répondre à leurs besoins réels.

Le développement durable repose sur un équilibre entre trois piliers fondamentaux : l'environnement, l'économie et le social. Chaque projet doit prendre en compte l'impact écologique, tout en garantissant sa viabilité économique et son bénéfice pour les communautés humaines. Un développement durable implique donc non seulement une gestion responsable des ressources naturelles et des coûts, mais aussi une attention particulière au bien-être des individus et à la justice sociale. [L'architecture écologique de Dominique Gauzin-Müller \(Éditions du Moniteur, 2001\)](#)

2.2. L'architecture bioclimatique

2.2.1. Définition de l'architecture bioclimatique :

Selon Samuel Courgey & Jean-Pierre Oliva : « L'architecture bioclimatique consiste à concevoir des bâtiments en harmonie avec leur environnement naturel, en optimisant les apports solaires, la ventilation naturelle et l'inertie thermique, afin de garantir un confort optimal tout en minimisant les besoins énergétiques. » ([Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, 2006](#))

2.2.2. Principes de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique constitue une approche de conception fondée sur les principes suivants : ([Benhalilou, 2008](#))

Principe bioclimatique	Moyens mis en œuvre
Minimisation des pertes énergétiques en s'adaptant au climat environnant	• Compacité du volume. • Isolation performante pour conserver la chaleur. • Réduction des ouvrants et surfaces vitrées sur les façades exposées au froid ou aux intempéries.
➤ Privilégier les apports thermiques naturels et gratuits en hiver	• Ouvertures et vitrages sur les façades exposées au soleil. • Stockage de la chaleur dans la maçonnerie lourde. • Installations solaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.
➤ Privilégier les apports de lumière naturelle	• Intégration d'éléments transparents bien positionnés. • Choix des couleurs.

➤ Privilégier le rafraîchissement naturel en été

- Protections solaires fixes, mobiles ou naturels (avancées de toiture, végétation).
- Ventilation.
- Inertie appropriée.

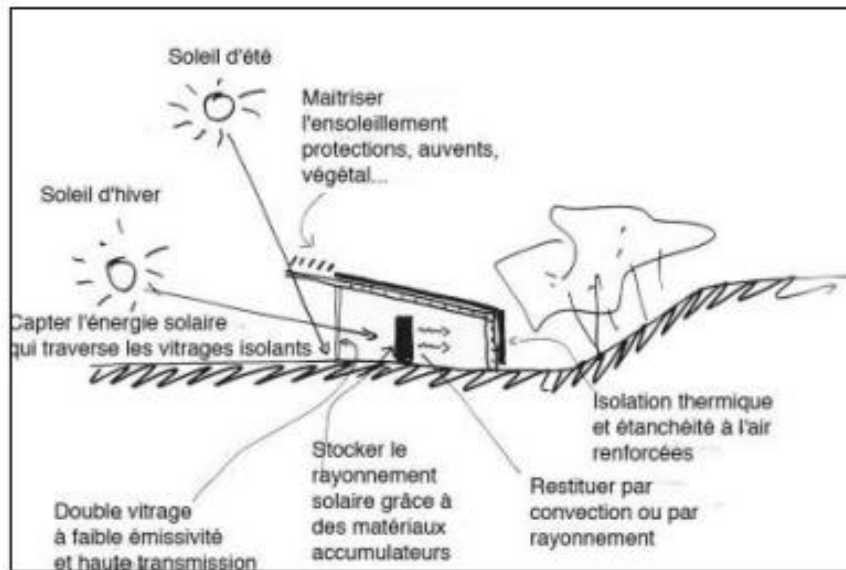
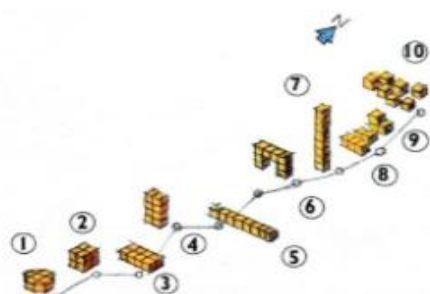
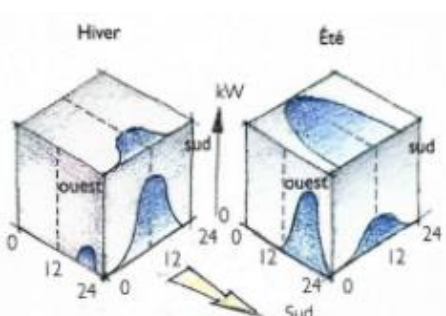
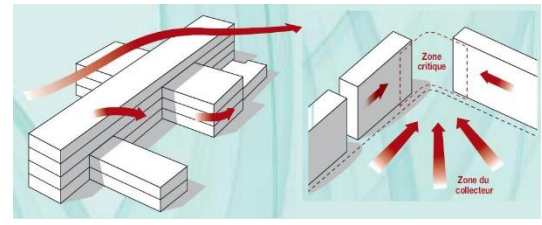
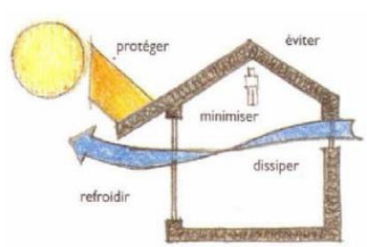


Figure 3: Les principes de l'architecture bioclimatique

Source : caueactu.fr

2.2.3. Stratégies de l'architecture bioclimatique :

Stratégies climatiques passives :

Echelle urbaine	Echelle architecturale
Compacité : Une forme allongée est-ouest et une profondeur de pièces limitée favorisent l'éclairage naturel. En parallèle, une enveloppe compacte minimise les pertes thermiques et permet une meilleure efficacité énergétique. (Courgey, S. & Oliva, J.-P. (2006). <i>La conception bioclimatique</i>. Terre Vivante.)  Figure 4 : Variation du coefficient de forme par rapport à des géométries courantes pour un même volume. Source : (Courgey, S. & Oliva, J.-P. (2006). <i>La conception bioclimatique</i>. Terre Vivante.)p44	Optimisation de la forme et de l'orientation : La façade sud doit être privilégiée pour capter un maximum de chaleur en hiver, tandis que les façades est, ouest et les toitures, plus exposées en été, doivent être réduites. (Courgey & Oliva (2006), <i>La conception bioclimatique</i>, p.44)  Figure 5 : Puissance solaire reçue en kWh en hiver ou en été, selon la position de la façade. Source : (Courgey & Oliva (2006), <i>La conception bioclimatique</i>, p.44).
Orientation des rues : Canalisation des vents dominants pour améliorer la ventilation naturelle.  Figure 6 : Effets du vent sur la forme urbaine. Source : https://www.hqe.guidenr.fr/cible-13-hqe/ventilation-naturelle-vent.php	Protection solaire : Brise-soleil, casquettes, végétation, volets roulants.  Figure 7 : les stratégies de froid. Source : (Courgey & Jean- Pierre Oliva, 2006)

Toits végétalisés et réfléchissants :

Figure 8 : Détail type de composition des toitures végétalisées

Source : L'institut de Cordon Bleu – Jardin potager (75) ECOVEGETAL la référence naturelle

Réduction des îlots de chaleur et
amélioration de la rétention d'eau. (Ministère de la Transition écologique (2017). *Guide des toitures végétalisées et cultivées.*)

La végétation :

La végétation influence le climat urbain de l'échelle de la rue à l'échelle de la ville. Les arbres de rue, en particulier, constituent une technique alternative à l'atténuation de l'îlot de chaleur urbain et à l'amélioration de la qualité de l'air. *Emilie Redon. 2017. Modélisation de la végétation urbaine comme régulateur thermique. Thèse de doctorat. Climatologie urbaine. Université Paul Sabatier - Toulouse III, France, p20*
<file:///C:/Users/CS/Desktop/v%C3%A9g%C3%A9tation.pdf>

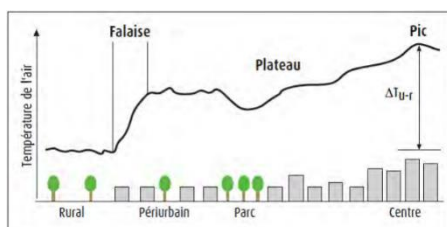


Figure 10 : Profil théorique de la température de l'air près de la surface, le long d'une coupe transversale d'une zone urbanisée (depuis les zones rurales jusqu'au centre-ville). Source : dans Grégoire Pigeon, Aude Lemonsu et al. (2008), adapté de T. Oke (1987).

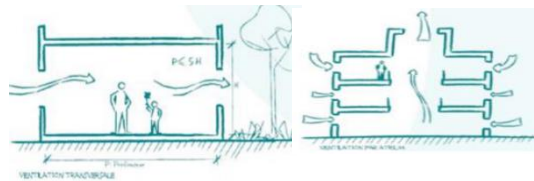
Ventilation naturelle :

Figure 9 : Types de Ventilation naturelle
Source : guide bio-Tech

Tirage thermique, ventilation traversante, cheminée thermique. (Courgey & Oliva (2006), p.3).

Serre bioclimatique :

Espace vitré accolé orienté sud, qui capte la chaleur solaire et agit comme espace tampon.

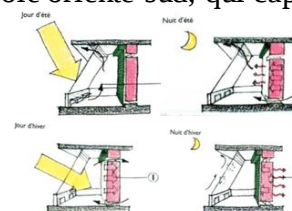


Figure 11 : principe de fonctionnement d'une serre bioclimatique. Source : (Courgey & Jean-Pierre Oliva, 2006)p144

Mur Trombe : Mur capteur placé derrière vitrage, stocke la chaleur solaire et la distribue par convection naturelle.

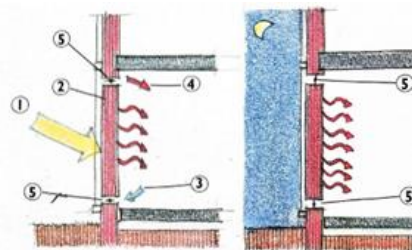


Figure 12 : Principes de fonctionnement d'un mur capteur. Source : (Courgey & Jean-Pierre Oliva, 1980)p136.

Noeuds et bassins de rétention :

Gestion des eaux pluviales et régulation thermique par évaporation.

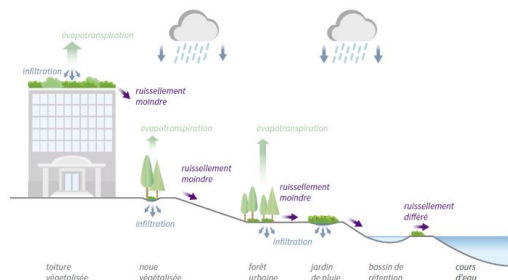


Figure 13 : La gestion durable des eaux pluviales. Source : ADEME (Aménager avec la nature en ville).

Inertie thermique :

Utilisation de murs massifs pour stocker la chaleur.

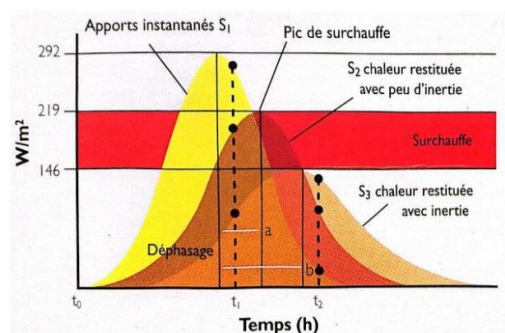


Figure 14 : Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires. Source : (Courgey & Oliva (2006), p.81

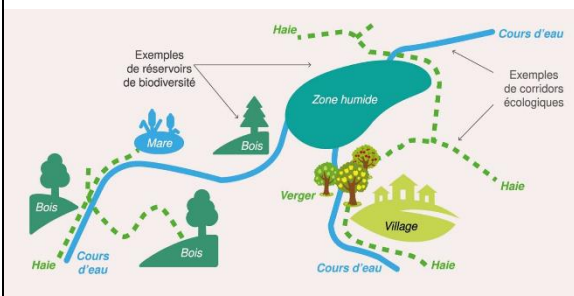
Trame verte et bleue :

Figure 15 : trame verte et bleue

<https://www.argonne-ardennaise.fr/trame-verte-et-bleue.html>

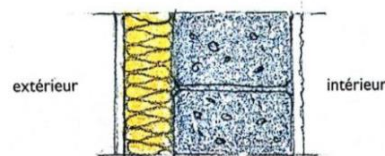
La TVB vise à préserver et restaurer les continuités écologiques en identifiant et en connectant les réservoirs de biodiversité (zones naturelles riches en espèces) via des corridors écologiques (espaces permettant le déplacement des espèces). Cela permet de lutter contre la fragmentation des habitats naturels causée par l'urbanisation et les infrastructures humaines.

https://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe2_methodologie_identification_tvb_cle056742.pdf?utm_source=chatgpt.com

Isolation thermique :

Renforcement des parois selon les orientations climatiques afin de limiter les déperditions thermiques.

Isolation par l'extérieur : inertie forte



Isolation par l'intérieur : inertie nulle

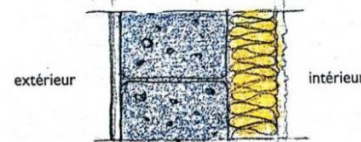


Figure 16 : L'emplacement de l'isolant dans la paroi détermine la capacité thermique utile de la paroi. Source : (Courgey, S. & Oliva, J.-P. (2006). La conception bioclimatique. Terre Vivante.) p94

Stratégies climatiques actives :

a) La Ventilation Mécanique Contrôlée VMC double flux :

La Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) double flux récupère la chaleur de l'air vicié extrait du bâtiment pour préchauffer l'air neuf entrant, grâce à un échangeur de chaleur.

(Courgey & Oliva (2006) p188

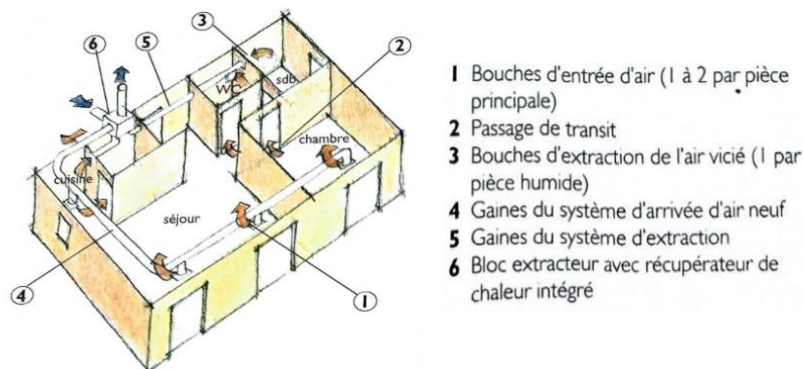


Figure 17 : Principe d'une VMC double flux avec répartition de chaleur.
Source : (Courgey & Oliva (2006) p188.

b) La Ventilation Mécanique Répartie VMR :

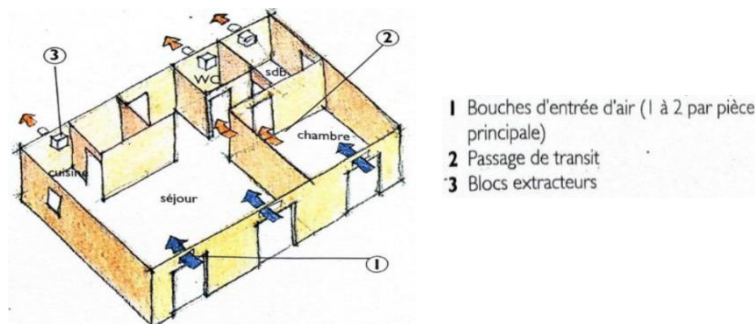


Figure 18 : Principe d'une installation générale par balayage en ventilation mécanique répartie. Source : (Courgey & Oliva (2006) p188.

La ventilation mécanique répartie (VMR) se distingue par l'absence de système d'extraction centralisé. L'air vicié est évacué par plusieurs ventilateurs installés directement dans les pièces humides. Selon les besoins, elle peut être autoréglable ou hygroréglable. Souvent utilisée en rénovation, la VMR évite la pose de gaines. Toutefois, pour assurer une bonne circulation de l'air, il est essentiel de respecter les normes sur les entrées d'air et les passages de transit.

c) Capteurs solaires thermiques

Les panneaux solaires thermiques captent l'énergie du soleil par un absorbeur noir situé sous une plaque de verre. Cette chaleur est transférée à un fluide caloporteur (eau + antigel), qui circule jusqu'à un ballon de stockage où il chauffe l'eau sanitaire via un échangeur thermique. Le système repose sur l'effet de serre pour améliorer le rendement.



Figure 19 : Schéma de capteur plan thermique.
Source : Uved université virtuelle environnement et développement durable.

https://uved.univ-perp.fr/module2/co/2-2-3-1-les_constituants.html#footnotesN10294

d) Chauffage solaire avec stockage

Le chauffage solaire peut s'intégrer à un système de chauffage central existant. L'eau chauffée par le soleil est stockée dans un réservoir isolé (ballon), puis utilisée pour l'eau chaude sanitaire ou pour le chauffage via la chaudière. Ce système mixte est appelé "Combi-Système" ou SSC (Système Solaire Combiné).

e) Énergie éolienne

L'énergie éolienne est une conséquence indirecte du rayonnement solaire, provoquant des différences de pression et de température dans l'atmosphère. Ces variations génèrent le vent. L'efficacité de la production mécanique ou électrique dépend de :

- La forme et taille des pales.
- La vitesse du vent.
- La température, qui influence la densité de l'air.

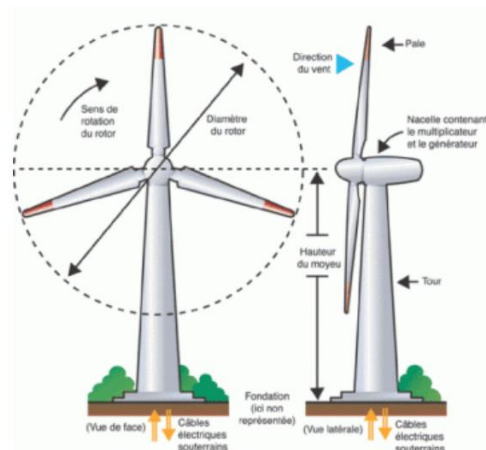


Figure 20 : Schémas d'ensemble d'une éolienne.
Source : Uved université virtuelle environnement et développement durable.

https://uved.univ-perp.fr/module2/co/2-2-3-1-les_constituants.html#footnotesN10294

f) L'énergie géothermique

L'énergie géothermique provient de la chaleur stockée dans la croûte terrestre, principalement dans les couches superficielles du sol. Elle est exploitée à faible profondeur pour capter :

- De la chaleur en hiver, afin de chauffer les bâtiments,
- De la fraîcheur en été, pour les rafraîchir.

Cette méthode est dite géothermie de surface et repose sur des systèmes d'échange thermique enterrés.

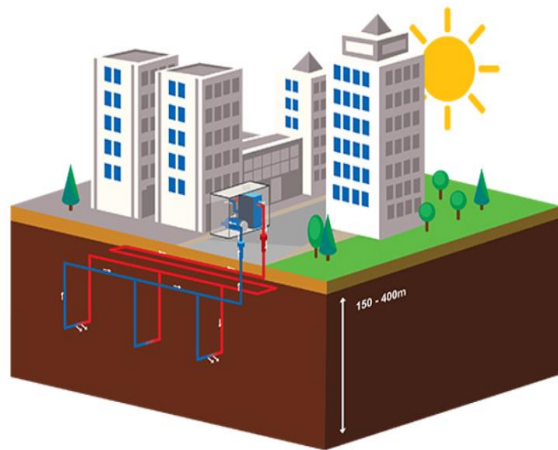


Figure 21 : Schéma d'utilisation de l'énergie géothermique pour un bâtiment.
Source : Engie France

<https://www.engie.com/activites/renouvelables/geothermie>

2.2.4.

Principe des stratégies bioclimatiques :



Figure 22 : Principes des stratégies climatiques. Source auteurs

A. Stratégie du chaud (confort d'hiver) : Alain Liébard, André De Herde, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*, 2006. P31b

1. Capter l'énergie solaire

Maximiser les apports solaires passifs grâce à l'orientation, aux vitrages, et aux matériaux adaptés pour bénéficier directement du rayonnement.

2. Stocker la chaleur

Accumuler la chaleur solaire dans les matériaux à forte inertie thermique pour la restituer progressivement et stabiliser la température intérieure.

3. Conserver la chaleur

Réduire les pertes thermiques en optimisant l'isolation, l'étanchéité de l'enveloppe et en organisant les espaces selon leurs besoins thermiques.

4. Distribuer la chaleur

Assurer la diffusion naturelle ou mécanique de la chaleur stockée dans les différentes zones de vie tout en adaptant la régulation aux usages.

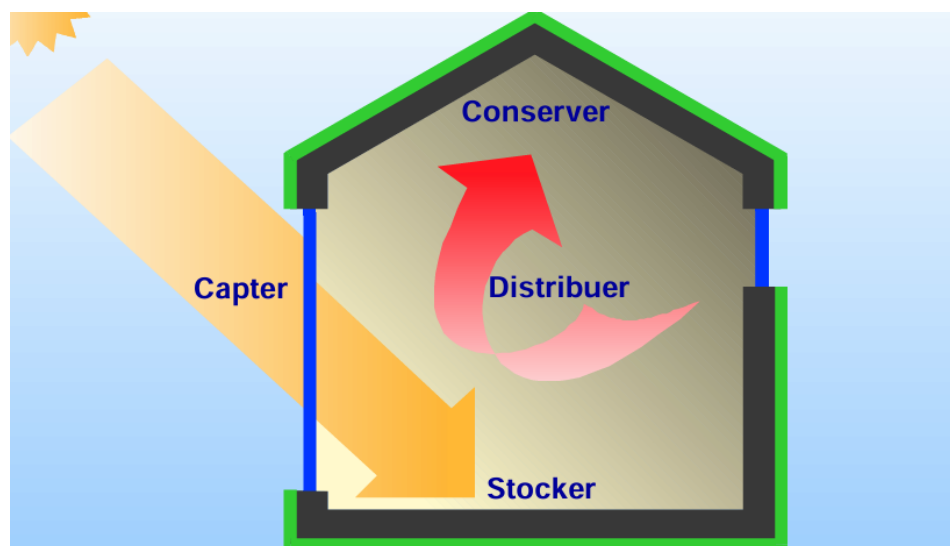


Figure 23 : Schéma du fonctionnement bioclimatique d'un bâtiment, Source : Alain Liébard, André De Herde, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*, 2006. P31b

1. Protection solaire

Pour limiter les gains thermiques, il est important de protéger les façades et ouvertures par des dispositifs d'ombrage extérieurs et d'améliorer l'isolation thermique des parois exposées.

2- Eviter le transfert de chaleur vers l'intérieur.

3. Dissipation de la chaleur

L'excès de chaleur est évacué grâce à la ventilation naturelle, exploitant l'effet de cheminée et la canalisation des flux d'air induits par le vent.

4. Rafraîchissement naturel

Le refroidissement des espaces est assuré par la ventilation nocturne, l'augmentation de la vitesse de l'air, et des dispositifs naturels comme l'eau ou la végétation.

5- Minimiser l'usage de l'éclairage artificiel

La surchauffe intérieure est minimisée en favorisant l'éclairage naturel.

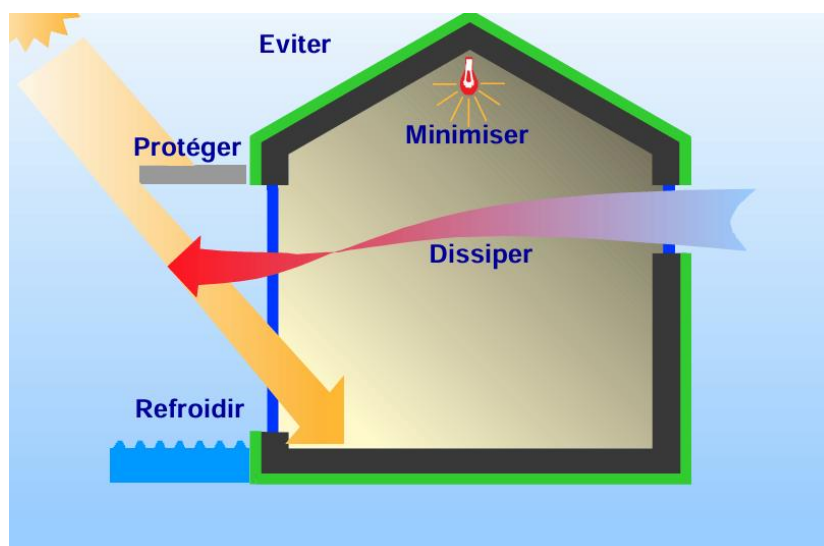


Figure 24 : Stratégie du chaud (confort d'hiver), Source : Alain Liébard, André De Herde, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*, 2006. P32b

2.3. Le confort en architecture

2.3.1. Définition du confort :

Le confort, selon le Dictionnaire Robert, est défini comme "État d'une personne qui se trouve dans une situation de bien-être matériel ou moral, procuré par un mode de vie, des conditions agréables." *Le Petit Robert*.

2.3.2. Définition du confort en architecture :

Le confort résulte d'un équilibre entre les principes fondamentaux de l'architecture : la solidité (*firmitas*), l'utilité (*utilitas*) et la beauté (*venustas*). Un espace confortable doit être fonctionnel, esthétique et bien construit." *Vitruve (dans De Architectura, 1er siècle av.J.-C.)*

Selon Alberto Campo Baeza le confort est défini comme "la capacité d'un espace à répondre aux besoins physiques et émotionnels des utilisateurs grâce à une lumière naturelle adéquate, une ventilation correcte, et une organisation spatiale logique." *"Alberto Campo Baeza (La idea construida, 1996).*

Hassane Fathi définit le confort comme "le résultat d'une architecture qui utilise des matériaux locaux et des techniques traditionnelles adaptées au climat, assurant une température agréable et une connexion naturelle avec l'environnement." *Hassan Fathy (Construire avec le peuple, 1973)*

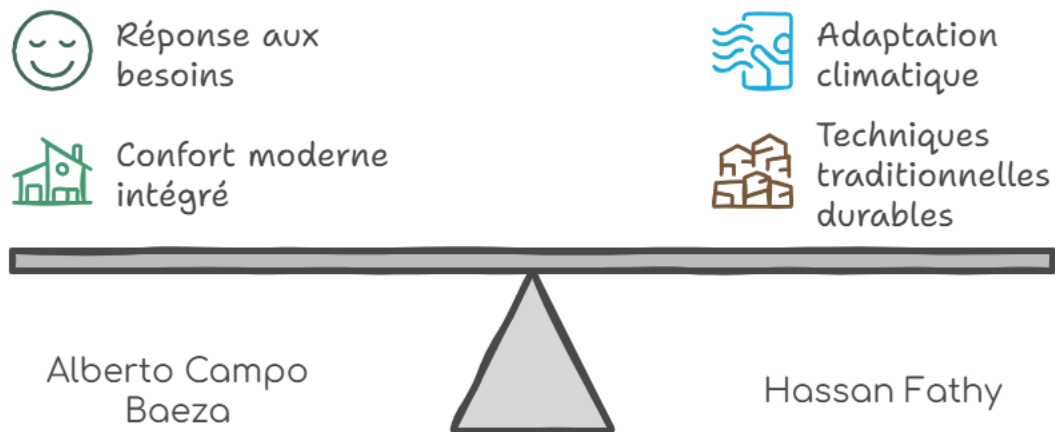


Figure 25 : Définition du confort en architecture, Source : auteurs

D'après ces définitions, le confort architectural répond aux besoins des utilisateurs en intégrant harmonieusement l'espace à son environnement. Il repose sur une conception optimisant lumière, ventilation et organisation spatiale, tout en utilisant des matériaux locaux et des techniques adaptées au climat, assurant bien-être et durabilité.

2.3.3. Types du confort :

Le confort dans l'architecture peut être divisé en deux grandes catégories : **le confort physiologique** et **le confort psychosociologique**, chacun ayant des impacts distincts sur le bien-être des utilisateurs.

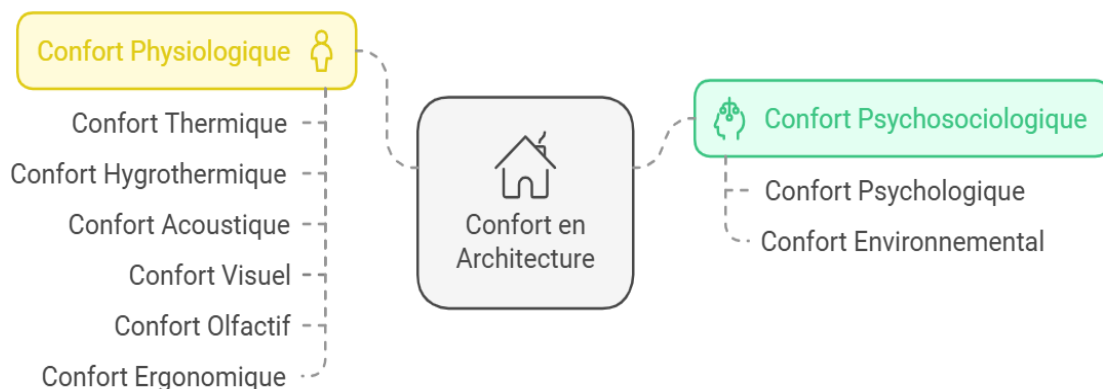


Figure 26 : Schéma des types de confort en architecture, Source : auteurs

2.3.4. Le confort hygrothermique :

Selon *Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey* dans leur ouvrage *La conception bioclimatique*, le confort hygrothermique est lié à l'équilibre thermique et à la gestion de l'humidité dans l'espace bâti, garantissant des conditions favorables à la santé et au bien-être des occupants, tout en prenant en compte les caractéristiques climatiques locales.

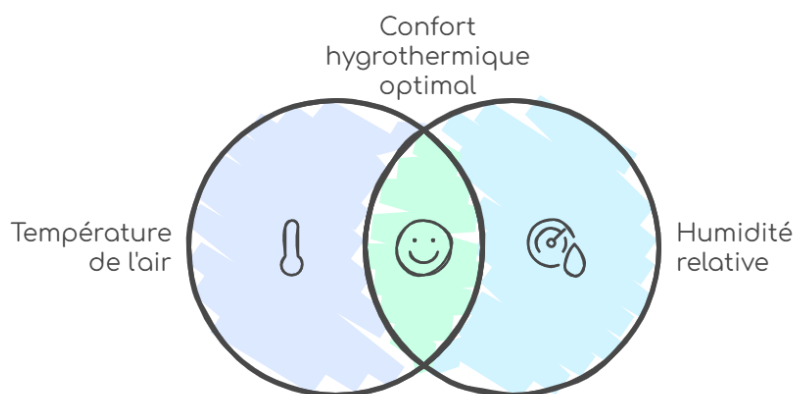


Figure 27 : Définition du confort hygrothermique, Source : auteurs

2.3.5. Paramètres du confort hygrothermique :

Les paramètres du confort hygrothermique (température, humidité, ventilation) garantissent un environnement sain, agréable et éco-responsable. Leur optimisation repose sur plusieurs aspects :

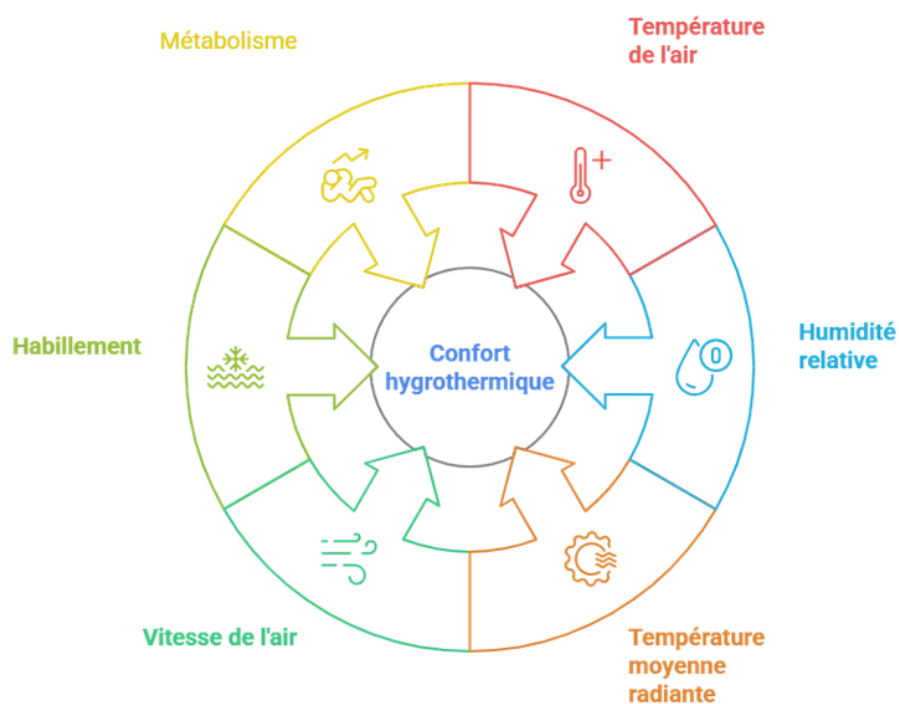


Figure 28 : Paramètres du confort hygrothermique, Source : auteurs

1.Température de l'air ambiant C'est la température mesurée de l'air autour de l'individu. Elle influence directement la sensation de chaleur ou de froid. Hiver : 20 à 24°C Été : 23 à 26°C	2.Humidité relative de l'air Elle représente le pourcentage de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport au maximum possible. Plage recommandée : 30 % à 60 % • Une humidité trop élevée (>60 %) ou trop basse (<30 %) peut provoquer de l'inconfort, affecter la santé ou endommager les matériaux.
3.Température moyenne radiante C'est la température moyenne des parois (murs, sol, plafond) qui échangent de la chaleur par rayonnement avec le corps. • Pour le confort, cette température ne doit pas trop s'écarter de la température de l'air : ±2°C au maximum.	4. Vitesse de l'air La vitesse de déplacement de l'air affecte le refroidissement par convection et évaporation. • Recommandations : Hiver : < 0,15 m/s (éviter les courants d'air froid) Été : jusqu'à 0,3 m/s (sensation de fraîcheur)
5.Habillement (isolation thermique) L'habillement influence la capacité du corps à conserver sa chaleur. Il est mesuré en "clo". Vêtements légers d'été : 0,3 à 0,5 clo Tenue complète d'hiver : 0,9 à 1,2 clo	6.Métabolisme C'est la chaleur produite par le corps humain selon le niveau d'activité. Elle est exprimée en "met" (1 met $\approx$ 58 W/m²). Assis au repos : 1,0 met Marche légère : 1,5 à 2,0 met

Tableau 2 : Paramètres du confort hygrothermique, Source : (ASHRAE Handbook, 2017 ; ISO 7730, 2005 ; Fanger, 1970).

2.4. L'architecture biophilique

2.4.1. Définition de la biophilie :

Le terme "biophilie" vient du grec ancien "bios" (qui signifie "vie") et "philia" (qui signifie "amour" ou "affection"). Il a été popularisé par le biologiste et psychologue E.O. Wilson dans les années 1980. Dans son ouvrage *"Biophilia"* (1984), Wilson définit la biophilie comme une "prédisposition innée de l'être humain à rechercher des connexions avec d'autres formes de vie". Selon lui, les humains ont un besoin biologique et psychologique de se connecter à la nature et aux autres formes de vie, une tendance qui pourrait avoir des racines évolutives.

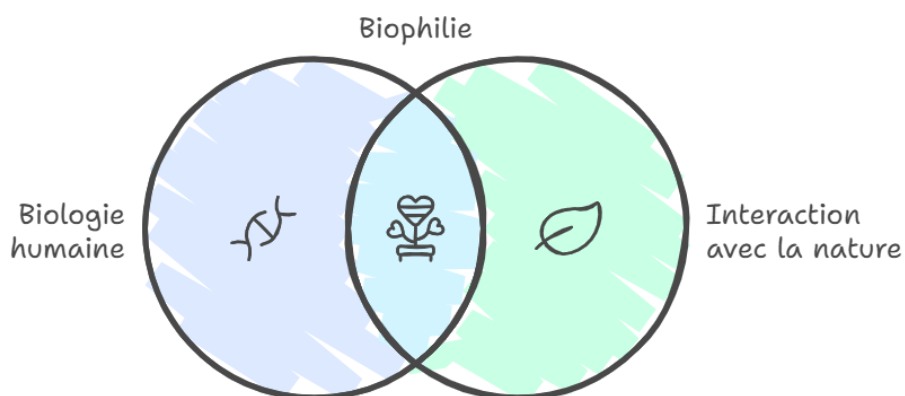


Figure 29 : Définition de la biophilie, Source : auteurs

« Vivre la biophilie, c'est aimer une diversité qui, aussi illimitée que fragile, nous hante et nous remplit d'espoir. » (Adam Leith Gollner, 2008, *The Fruit Hunters: A Story of Nature, Adventure, Commerce and Obsession*, page 43).

2.4.2. Définition de l'architecture biophilique :

Dans le contexte de l'architecture, la biophilie désigne l'intégration d'éléments naturels dans les espaces bâtis pour favoriser le bien-être des individus, en réponse à ce besoin inné de connexion avec la nature.

"Le design biophilique est une approche de l'architecture qui cherche à connecter les

individus avec l'environnement naturel en incorporant des éléments naturels dans l'environnement bâti."

(Stephen R. Kellert, *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*) https://biophilicdesign.umn.edu/sites/biophilic-net-positive.umn.edu/files/2021-09/2015_Kellert%20The_Practice_of_Biophilic_Design.pdf

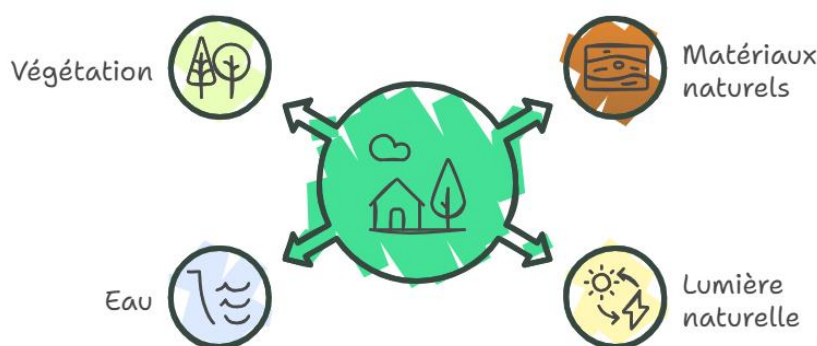


Figure 30 : Définition de l'architecture biophilique selon Ji Hyun Lee, Source : auteurs

2.4.3. Principes de conception biophilique :

Parmi les principes de l'architecture biophilique mentionnés par Stephen R. Kellert et Elizabeth F. Calabrese dans *The practice of biophilic design* :

THE PRACTICE OF BIOPHILIC DESIGN Stephen R. Kellert, Elizabeth F. Calabrese

https://biophilicdesign.umn.edu/sites/biophilic-net-positive.umn.edu/files/2021-09/2015_Kellert%20The_Practice_of_Biophilic_Design.pdf

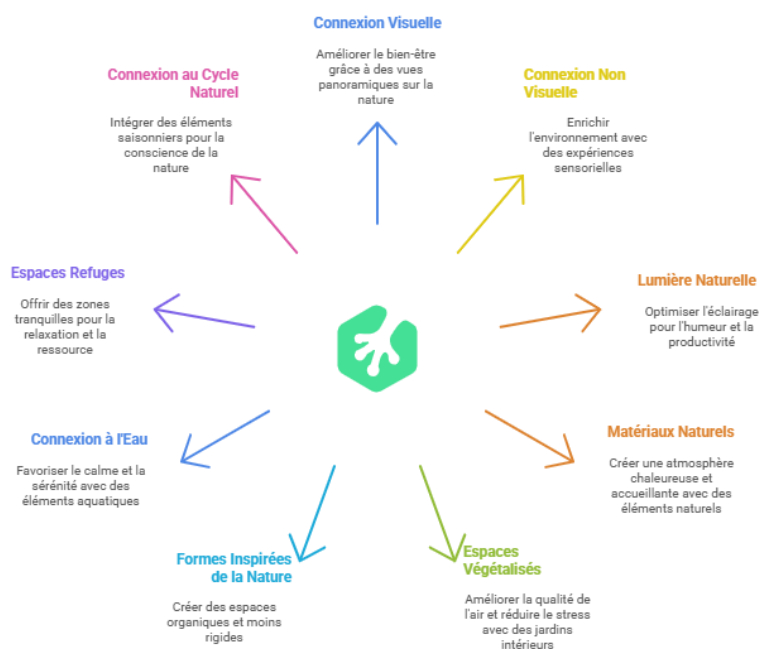


Figure 31 : Principes fondamentaux de l'architecture biophilique. Source : auteurs

a) Connexion visuelle avec la nature

Offrir des vues directes sur des éléments naturels, tels que des arbres, des rivières, des jardins ou des montagnes, afin d'améliorer le confort, de réduire le stress et stimuler le bien-être mental. Cette connexion visuelle peut être intégrée grâce à de grandes fenêtres, des baies vitrées ou des espaces ouverts donnant sur des paysages naturels.

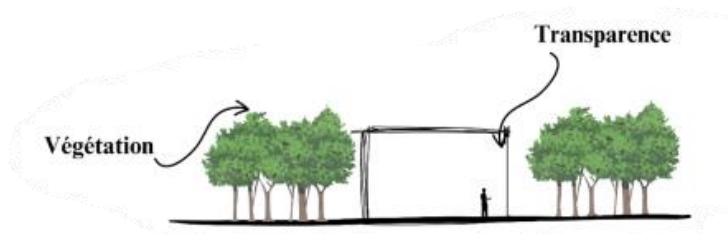


Figure 32 : Coupe montrant le lien visuel avec la nature, Source :
L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal,
 Fergani .R, Alikacem

b) Connexion non visuelle avec la nature

Même en l'absence de vue directe, il est possible de se connecter à la nature via d'autres sens, comme l'ouïe (bruissement des feuilles, écoulement de l'eau), l'odorat (plantes aromatiques, bois) ou le toucher (textures naturelles). Ces stimuli favorisent une immersion naturelle dans l'espace.

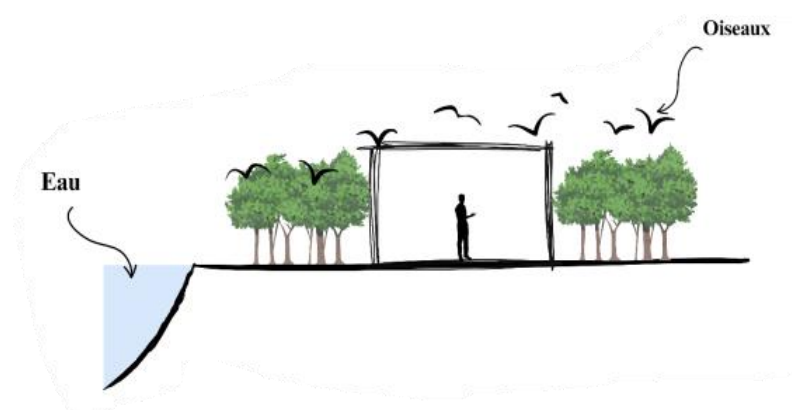


Figure 33 : Coupe montrant le lien non visuel avec la nature, Source :
L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal,
 Fergani. R, Alikacem

c) Incorporation de la lumière naturelle

La lumière naturelle est essentielle au bien-être. Elle régule les rythmes circadiens, améliore l'humeur et réduit la fatigue visuelle. Concevoir des espaces avec des fenêtres orientées vers le sud, des puits de lumière ou des systèmes réfléchissants pour maximiser l'entrée de la lumière naturelle.

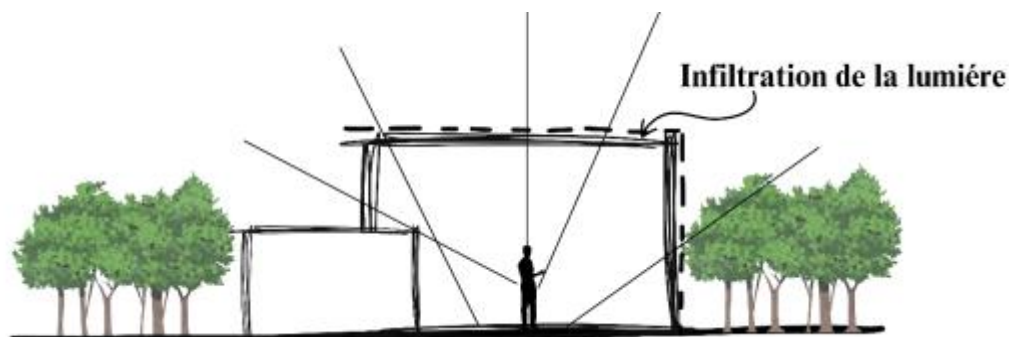


Figure 34 : Coupe montrant la lumière dynamique et diffuse, Source : *L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal*, Fergani. R, Alikacem

d) Utilisation de matériaux naturels

L'emploi de matériaux comme le bois, la pierre, l'argile, ou le bambou évoque la nature et réduit l'impact environnemental. Ces matériaux, en plus d'être esthétiques, favorisent la santé en limitant les émissions de composés organiques volatils (COV).

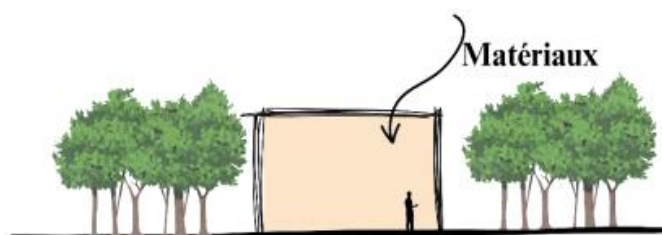


Figure 35 : Lien matériel avec la nature, Source : *L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal*, Fergani. R, Alikacem

e) Espaces végétalisés

Les plantes, qu'elles soient en intérieur ou en extérieur, améliorent la qualité de l'air, réduisent les niveaux de stress et augmentent le bien-être général. Les murs végétaux, les toitures végétalisées et les jardins intérieurs permettent d'intégrer la verdure dans des environnements urbains souvent denses.



Figure 36 : Rôle des grands arbres dans l'ombrage et le confort des espaces publics, Source : *L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal*, Fergani. R, Alikacem

f) Plans et formes inspirés de la nature

Les formes organiques, les motifs fractals et les textures naturelles sont intuitivement apaisants pour les humains. Ces éléments peuvent être intégrés dans les meubles, les revêtements muraux ou les structures architecturales pour rappeler les schémas observés dans la nature.



Figure 37 : Modèles et formes biomorphiques, Source : *L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal*, Fergani. R, Alikacem

g) Connexion à l'eau

L'eau est un élément naturel apaisant qui attire instinctivement l'attention humaine. Les fontaines, les bassins ou les cascades, même à petite échelle, peuvent être intégrés pour créer une ambiance apaisante et améliorer la qualité acoustique d'un espace.

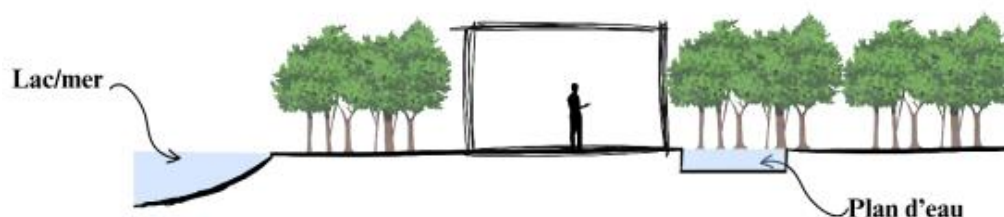


Figure 38 : La présence de l'eau à l'intérieur et l'extérieur de l'espace, Source : *L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal*, Fergani. R, Alikacem

h) Espaces refuges et perspectives

Les espaces refuges procurent un sentiment de sécurité, tandis que les perspectives offrent des vues dégagées sur les alentours, créant un équilibre entre intimité et connexion à l'environnement. Ce principe répond à un besoin humain fondamental de se sentir à la fois protégé et capable d'observer son environnement.

i) Connexion avec le cycle naturel

Le principe de la variabilité thermique et de la circulation de l'air vise à reproduire les conditions naturelles à travers de légers changements de température, d'humidité et de flux d'air. Ces variations favorisent le confort, la concentration et le bien-être. Contrairement aux environnements constants qui peuvent provoquer de l'ennui, les ambiances dynamiques sont préférées. L'objectif est de permettre aux usagers de ressentir ces changements et d'ajuster leur environnement selon leurs besoins, grâce à des dispositifs de contrôle ou à un accès à des zones à ambiance variable.

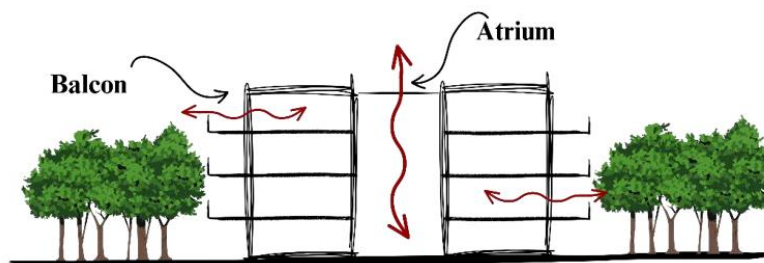


Figure 39 : Coupe montrant les variabilités thermiques et le renouvellement d'air, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem.

j) Connexion avec le cycle naturel

Intégrer les cycles naturels, comme la lumière du jour, les variations climatiques ou les saisons, aide les occupants à rester connectés aux rythmes biologiques de la nature. Cela peut être réalisé en adaptant les bâtiments à ces cycles à travers des éléments mobiles (stores, pergolas) ou des espaces ouverts.



Figure 40 : Lien avec les systèmes naturels, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem

2.4.4. La relation de la conception biophilique et le confort :

La conception biophilique, en intégrant des éléments naturels dans les espaces bâtis, établit une relation profonde avec le confort des occupants. Inspirée par le besoin humain inné de se connecter à la nature, elle vise à créer des environnements qui améliorent le bien-être global. En offrant des solutions pour optimiser le confort thermique, visuel, acoustique et sensoriel, cette approche architecturale transcende la simple fonctionnalité pour répondre aux besoins physiques, psychologiques et émotionnels des utilisateurs. Ainsi, la conception biophilique contribue à façonner des espaces harmonieux, apaisants et propices à une qualité de vie supérieure.

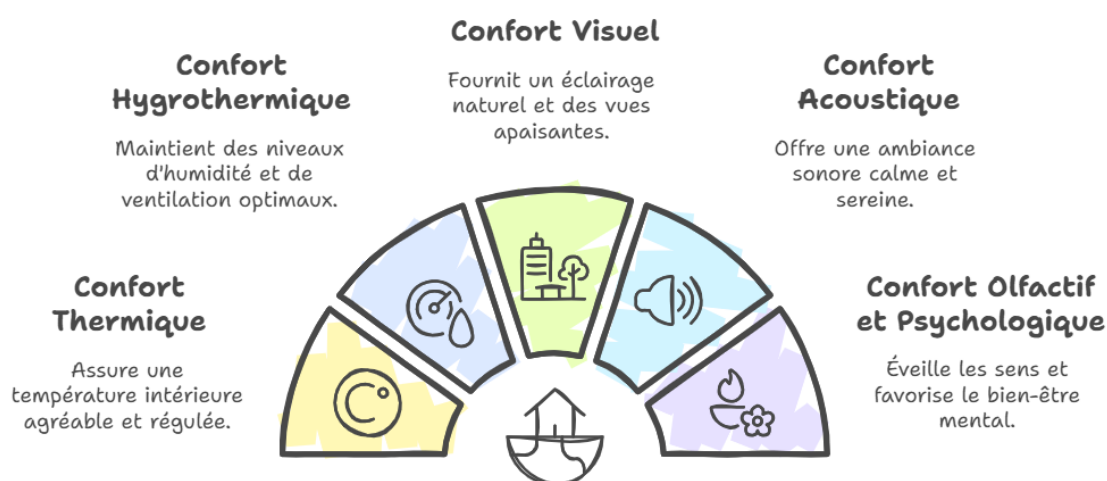


Figure 41 : L'influence de la conception biophilique sur le confort, Source : auteurs

3. Concepts liés au projet

3.1. Le commerce :

Selon le dictionnaire LAROUSSE, le mot commerce est défini comme une « Activité consistant dans l'achat, la vente, l'échange de marchandises, de denrées, de valeurs, dans la vente de services. »

Il aussi englobe divers types de structures, allant des petits commerces de proximité, aux grandes surfaces, en passant par les marchés traditionnels et les centres commerciaux modernes. Le commerce, en tant qu'activité économique, est fondamental pour la vie sociale, économique et culturelle d'une communauté. Son rôle dépasse la simple transaction marchande en structurant les interactions sociales et en contribuant à l'identité des territoires.

3.1.1. Caractéristiques du Commerce :

Le commerce peut être classé en plusieurs catégories, notamment le commerce de détail, le commerce de gros, et le commerce électronique. En tant que pilier fondamental de l'économie mondiale, le commerce influence à la fois les marchés locaux et internationaux. De plus, il joue un rôle essentiel dans la création d'emplois et dans l'accès à des biens essentiels pour la population, ayant ainsi un impact social significatif.

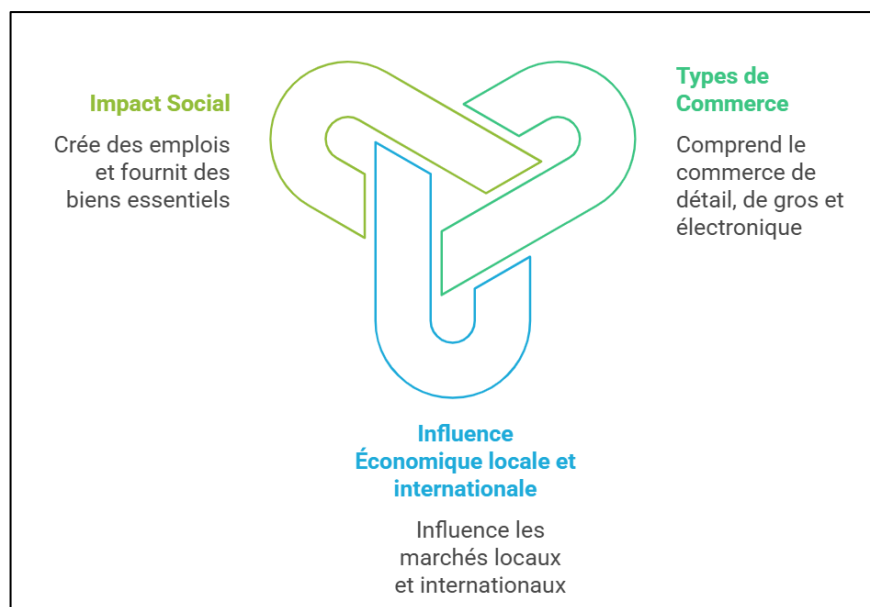


Figure 42 : Caractéristiques du Commerce, source : OMC (2023), OCDE (2022), INSEE (2024).

3.1.2. Rôle du commerce dans le développement urbain

Le commerce joue un rôle important dans la structuration de l'espace urbain en créant des centres commerciaux et des zones d'activité qui attirent à la fois les habitants et les visiteurs. Les activités commerciales génèrent de nombreux emplois, ce qui contribue à la réduction du chômage et à l'amélioration du niveau de vie des citoyens. De plus, le commerce stimule l'économie locale en attirant les investissements et en augmentant les recettes fiscales des municipalités. Enfin, les infrastructures commerciales, telles que les parcs de stationnement et les espaces verts, améliorent significativement la qualité de vie des habitants.

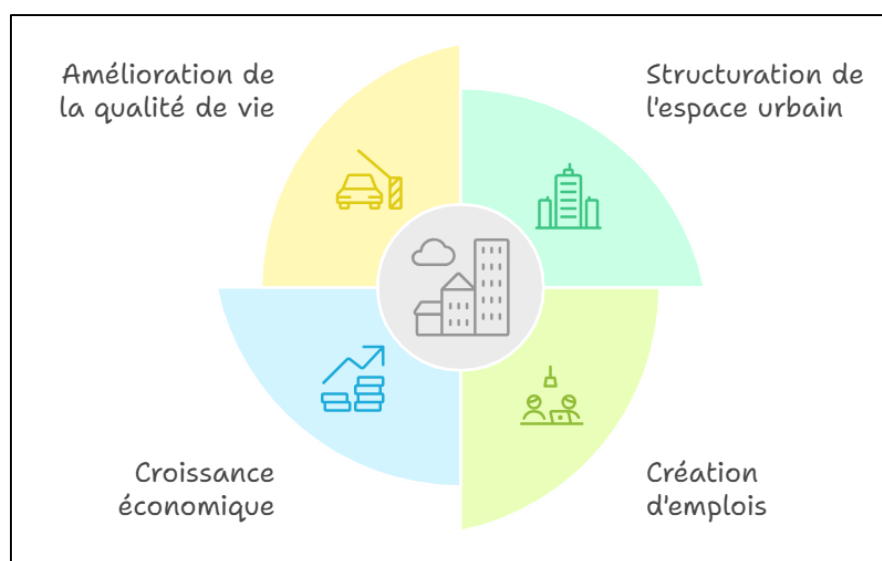


Figure 43 : Rôle du commerce dans le développement urbain, source : OMC (2023), OCDE (2022) , INSEE (2024).

3.1.3. Évolution de commerce

L'évolution des espaces commerciaux est un processus complexe qui s'étend sur plusieurs siècles, influencé par des facteurs économiques, sociaux et technologiques. Cette histoire peut être divisée en plusieurs phases clés.

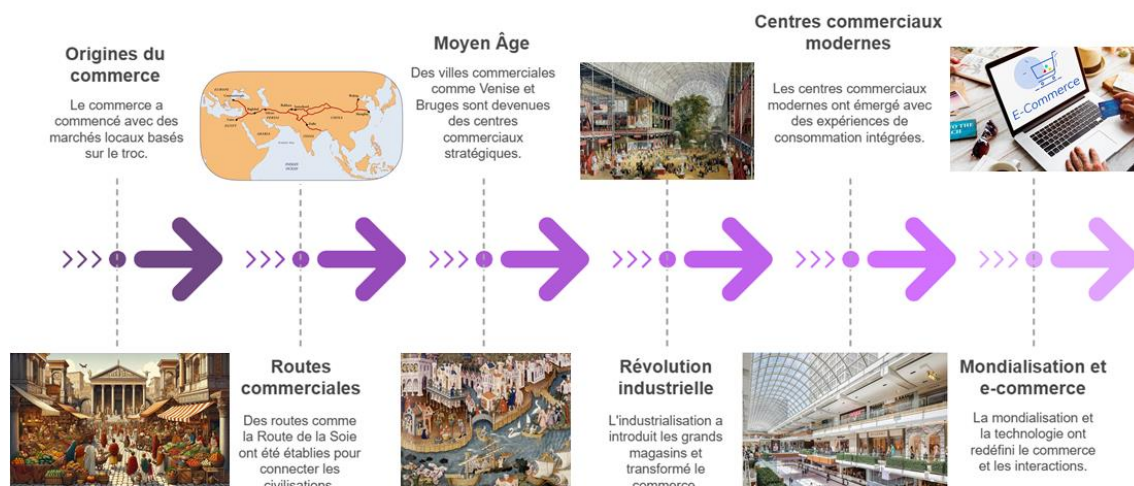


Figure 44 : Évolution de commerce (par l'auteur)

3.2. Le centre commercial

La notion même de Centre commercial ne fait pas l'objet de définition de source légale ou réglementaire ; selon la définition qu'en donne le CNCC, le Centre commercial est « un ensemble d'au moins 20 magasins et services totalisant une surface commerciale utile (dite surface GLA) minimale de 5 000 m², conçu, réalisé et géré comme une entité ».

3.2.1. Types des centres commerciaux

Les centres commerciaux se déclinent en plusieurs catégories, principalement définies par leur surface commerciale utile (GLA, pour Gross Leasable Area) et le nombre de magasins qu'ils abritent. Voici les principales typologies :

Type	Description	illustration
Centres commerciaux super régionaux	Ces centres disposent d'une GLA supérieure à 80 000 m ² et/ou regroupent au moins 150 magasins et services.	 Figure 45 : centre commercial super régional
Centres commerciaux régionaux	Leur GLA dépasse 40 000 m ² et ils comptent au minimum 80 magasins et services.	 Figure 46 : centre commercial régional
Grands centres commerciaux	Ils possèdent une GLA supérieure à 20 000 m ² et/ou abritent au moins 40 magasins et services.	 Figure 47 : grand centre commercial
Petits centres commerciaux	Centres commerciaux dont la surface GLA est supérieure à 5 000 m ² et/ou totalisant au moins 20 magasins et services.	 Figure 48 : petit centre commercial

Tableau 3 : les types des centres commerciaux, source : CNCC.

3.2.2. Défis des bâtiments commerciaux

Les bâtiments commerciaux sont soumis à divers défis et contraintes en fonction de leur emplacement et de leur environnement spécifique. Voici quelques-uns des principaux défis et contraintes

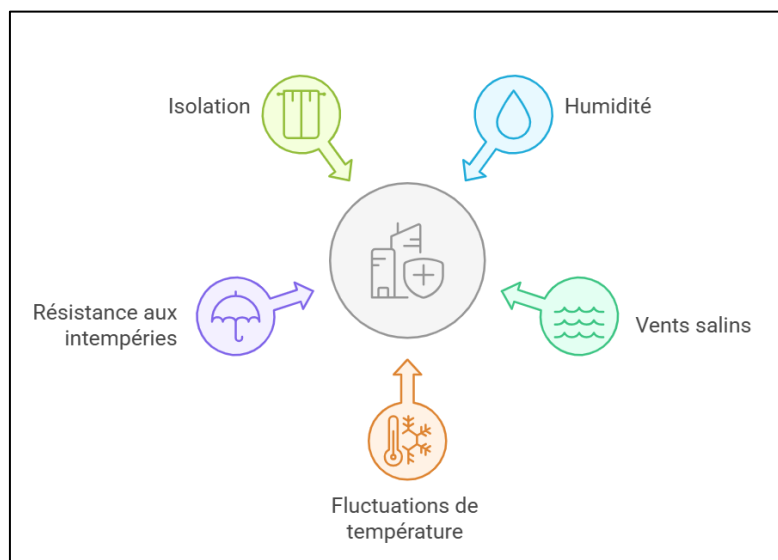


Figure 49 : Défis des bâtiments commerciaux (auteurs)

1. **Humidité**: L'humidité excessive peut entraîner des problèmes comme la moisissure, la détérioration des matériaux de construction, et des problèmes de santé pour les occupants.
2. **Vents salins**: Les bâtiments situés près des côtes doivent faire face à la corrosion due aux vents salins, ce qui peut affaiblir les structures métalliques et endommager les finitions extérieures.
3. **Fluctuations de température**: Les variations extrêmes de température peuvent provoquer la dilatation et la contraction des matériaux de construction, entraînant des fissures et des déformations.
4. **Résistance aux intempéries**: Les bâtiments doivent être conçus pour résister aux tempêtes, aux inondations et aux autres conditions météorologiques extrêmes.
5. **Isolation thermique et acoustique** : Assurer une bonne isolation est crucial pour le confort des occupants et pour réduire les coûts énergétiques.

Ces contraintes nécessitent une conception et des matériaux adaptés pour garantir la durabilité et la sécurité des bâtiments commerciaux.

3.3. Confort hygrothermique dans les espaces commerciaux

Le confort hygrothermique est un facteur déterminant pour le bien-être des usagers dans les espaces bâtis, en particulier dans les environnements commerciaux tels que les centres

commerciaux. Il influence directement la perception des lieux, le comportement des clients, ainsi que la performance économique des commerces.

A- Confort hygrothermique et expérience des usagers

Le confort hygrothermique, défini par une combinaison optimale de température, d'humidité relative et de ventilation, joue un rôle crucial dans l'expérience des usagers. Selon Fanger (1970) dans *Thermal Comfort*, les conditions thermiques inadaptées provoquent une gêne physique, altérant l'humeur et le comportement. Pour les centres commerciaux :

- Une température inconfortable peut réduire le temps passé par les clients, affectant directement leurs habitudes de consommation (Heerwagen, 1990).
- Une mauvaise qualité de l'air ou une humidité excessive peut entraîner des perceptions négatives, détériorant la réputation du lieu.

1) Impact sur le temps de fréquentation

Un environnement confortable incite les clients à prolonger leur visite, augmentant ainsi les opportunités d'achat :

- Une étude de la *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* souligne que les usagers sont plus enclins à fréquenter les espaces thermiquement bien régulés.
- Goss (1993) note dans *The Socialization of Consumption* que des facteurs comme le confort thermique augmentent l'attractivité des espaces commerciaux.

2) Rentabilité des commerces

Le confort hygrothermique est aussi étroitement lié à la performance économique des commerces :

- Dans *Environmental Design: An Introduction for Architects and Engineers* (Hawkes, 2008), il est démontré que des conditions optimales peuvent augmenter les ventes de 20 à 30 % dans certains secteurs de détail.
- Une étude réalisée par le *Center for the Built Environment* de l'Université de Californie montre que des conditions inconfortables peuvent entraîner une baisse de la productivité des employés et de la satisfaction des clients.

B- Paramètres influençant le confort hygrothermique dans les grandes surfaces

Dans les grandes surfaces comme les centres commerciaux, plusieurs paramètres influencent directement le confort hygrothermique des usagers. Ces paramètres incluent la qualité de l'air, la régulation thermique, la gestion de l'humidité et l'apport de lumière naturelle.

1) Qualité de l'air

La qualité de l'air intérieur (IAQ - Indoor Air Quality) est essentielle pour garantir le confort et la santé des usagers.

- **Polluants intérieurs** : Les composés organiques volatils (COV), les particules en suspension et le dioxyde de carbone (CO₂) sont des facteurs nuisibles. Une ventilation inadéquate peut entraîner une accumulation de ces polluants, réduisant ainsi le confort et la fréquentation.
- **Ventilation** : Selon ASHRAE Standard 62.1 (2019), une bonne ventilation doit maintenir un renouvellement constant de l'air, minimisant les polluants et assurant un flux d'air frais.

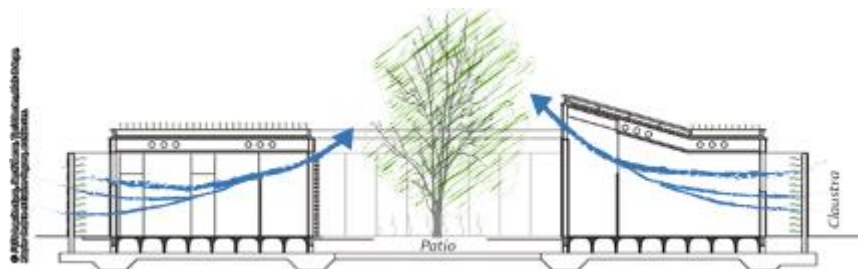


Figure 50 : schéma de ventilation traversante, source : https://www.caue11.fr/VCC/VCC/04_Ete_ventiler.html

1) Régulation thermique

La température intérieure joue un rôle clé dans le ressenti des usagers et leur confort thermique.

- **Température optimale** : D'après Fanger (1970) dans *Thermal Comfort*, une température intérieure entre 20 °C et 24 °C est idéale pour la plupart des activités en intérieur.

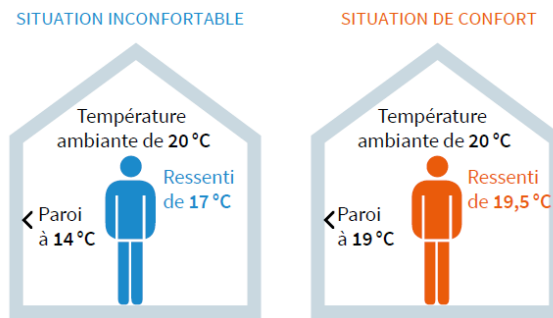


Figure 51 : Schéma de température intérieure idéale pour un bâtiment.
Source : <https://www.choisir.com/energie/articles/116963/quelle-temperature-ideale-a-la-maisonc>

- **Équipements de chauffage et climatisation (CVC) :** Les systèmes modernes utilisent des technologies comme la gestion automatique des zones thermiques pour répondre aux besoins spécifiques de différentes zones du bâtiment.

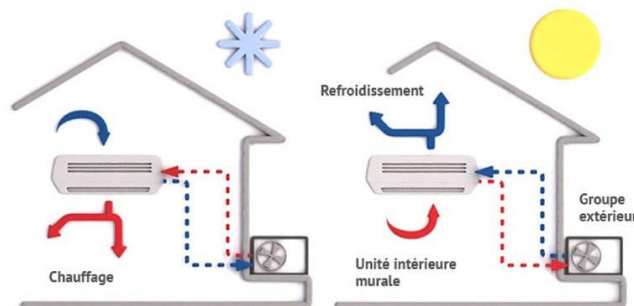


Figure 52 : Schéma de Pompe à chaleur ou clim réversible Source : <https://www.cedeo.fr/quelle-difference-entre-la-pompe-a-chaleur-et-la-climatisation-reversible>

- **Effet thermique des matériaux :** Les matériaux à forte inertie thermique, comme le béton ou la brique, contribuent à stabiliser les variations de température, réduisant ainsi la consommation énergétique.

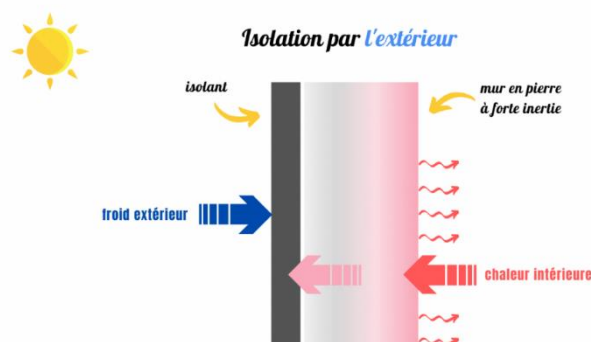


Figure 53 : Schéma d'inertie thermique et isolation des murs Source : <https://www.choisir.com/energie/articles/136587/bien-comprendre-le-phenomene-de-linertie-thermique>

1) Gestion de l'humidité

L'humidité relative influence à la fois le confort perçu et la qualité de l'air intérieur.

- **Taux d'humidité** : Une humidité relative entre 30 % et 60 % est recommandée par l'ASHRAE pour maintenir un environnement confortable.
- **Problèmes liés à l'humidité** : Une humidité excessive peut entraîner la formation de moisissures et une sensation de lourdeur de l'air, tandis qu'une humidité trop basse peut causer une sécheresse de l'air et de l'inconfort.



Figure 54 : Schéma d'Infiltration d'humidité et apparition de moisissures sur les parois
Source : <https://www.istockphoto.com/fr/vectoriel/maisons-avec-de-la-moisissure-se-d%C3%A9veloppant-%C3%A0-l'int%C3%A9rieur-en-raison-de-gm1390593727-447500734>

1) Apport de lumière naturelle

L'utilisation de la lumière naturelle impacte positivement le confort thermique et visuel tout en réduisant les besoins énergétiques.

- **Effets psychologiques et physiologiques** : La lumière naturelle améliore le bien-être des usagers et influence positivement leur perception de l'espace (Veitch et al., 2008).
- **Impact thermique** : Bien que bénéfique, la lumière naturelle peut aussi entraîner une surchauffe si elle n'est pas correctement contrôlée. L'utilisation de vitrages performants, comme les vitrages à faible émissivité, aide à réduire cet effet.

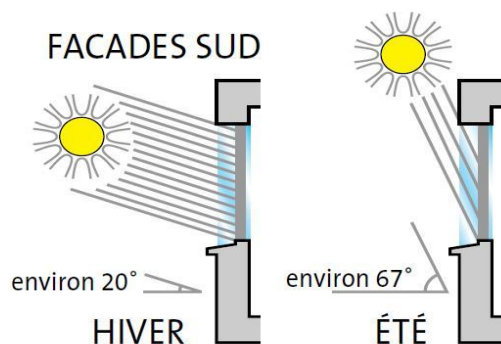
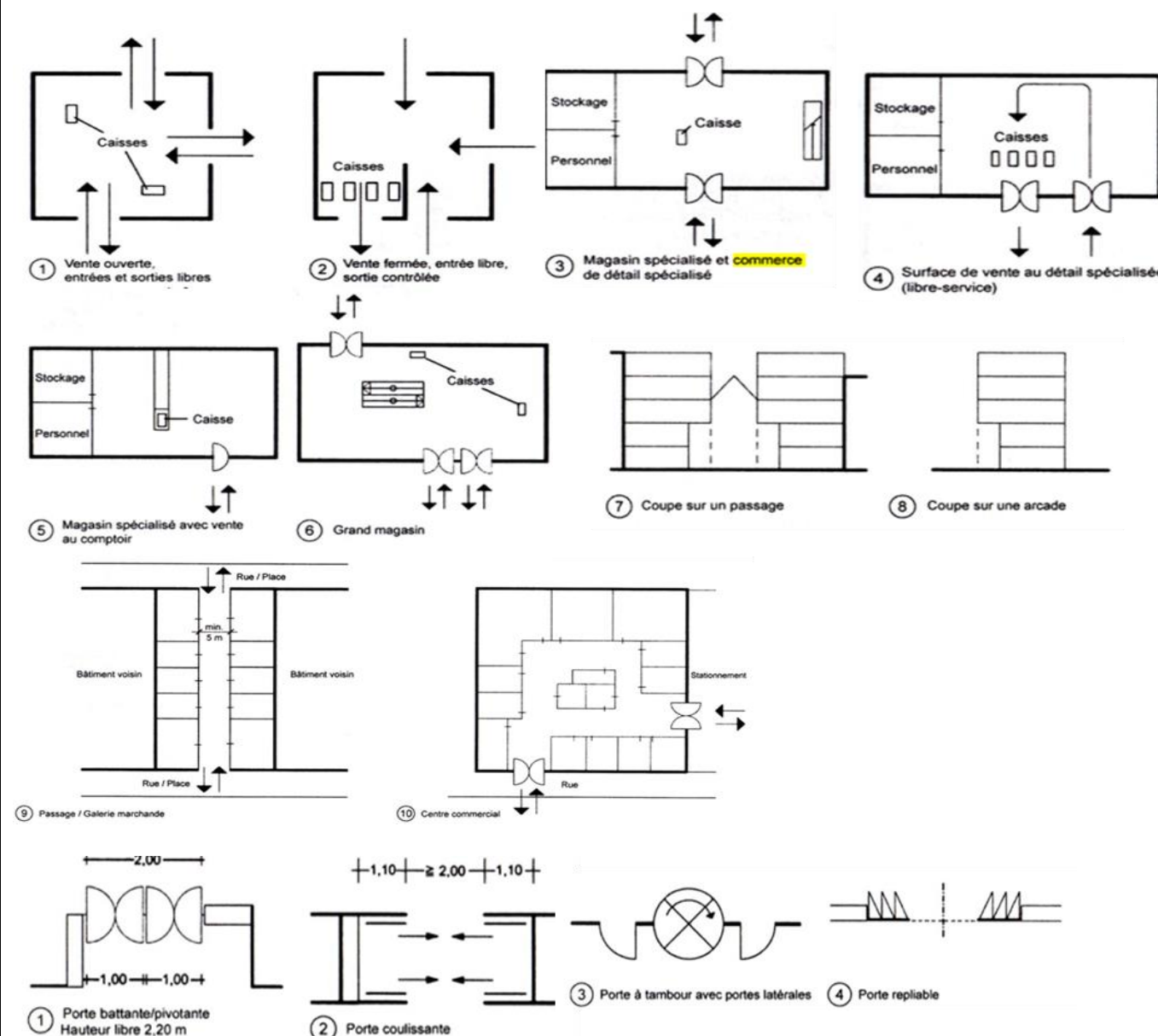
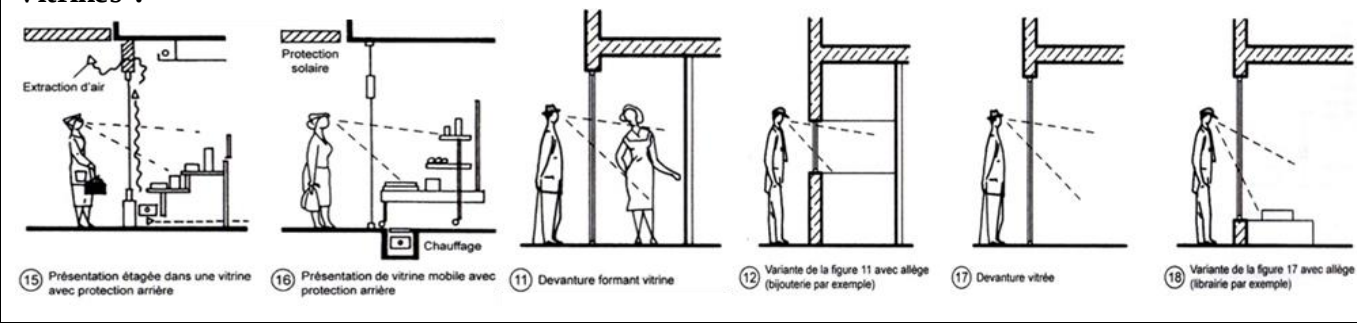
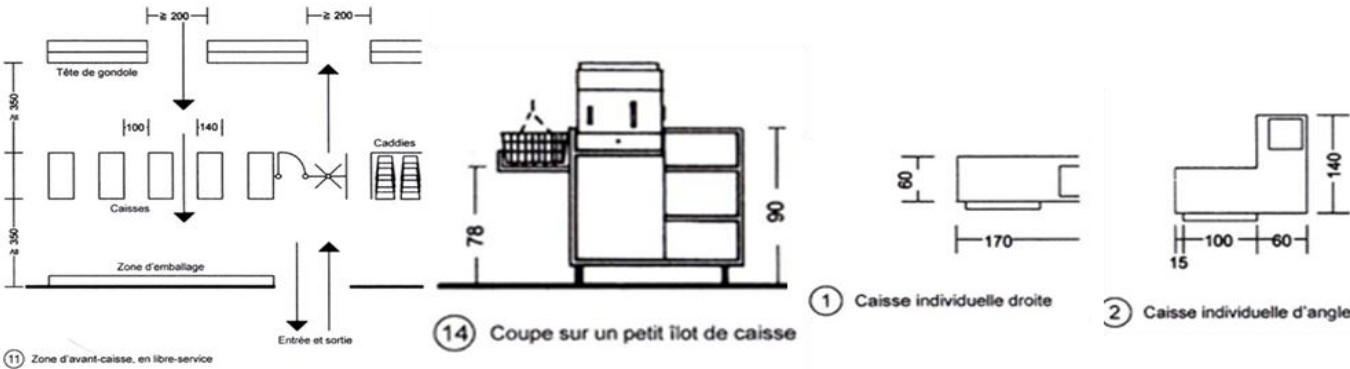


Figure 55 : Schéma d'éclairage naturelle, Source : <https://www.hqe.guidenr.fr/cible-2-hqe/verre-lumiere.php>

4. L'étude ergonométique :

Elément	Normes
Magasins : 	Types des magasins : Vente ouverte (Fig. 1) : Entrée et sortie libres. Magasins spécialisés, commerces de détail spécialisés, grands magasins. Vente fermée (Fig. 2) : Entrée libre, sortie uniquement par des zones de contrôle aux caisses. Surfaces de vente spécialisées. Magasins spécialisés (Fig. 3) : 50-500 m², une seule famille de produits (pharmacie, chaussures, fleurs). Vente ouverte, service et conseil, vente au comptoir. Surfaces de vente spécialisées (Fig. 4) : Chaînes de magasins, petites à très grandes surfaces, une ou plusieurs familles de produits. Vente fermée. Grands magasins (Fig. 6) : Chaînes de magasins, grandes surfaces, plusieurs niveaux, diverses familles de produits. Possibilité de location d'espaces (shop-in-shop). Vente ouverte. Centre commercial, galerie marchande (Fig. 9 & 10) : Regroupement de commerces spécialisés, commerces de détail et grands magasins. Comprend aussi café, bars et restaurants. Entrée magasin ($< 2000 \text{ m}^2$) $\geq 1,00 \text{ m}$ Entrée magasin ($> 2000 \text{ m}^2$) $\geq 2,00 \text{ m}$ (portes automatiques recommandées) Hauteur libre minimale des ouvertures $\geq 2,20 \text{ m}$ Seuil PMR $\leq 2 \text{ cm}$ (rampe $\leq 5 \%$ si néc) Largeur allée principale $\geq 1,80 \text{ m}$ Largeur allée secondaire $\geq 1,20 \text{ m}$ Largeur allée PMR $\geq 1,40 \text{ m}$
Vitrines : 	Types des vitrines : Traditionnelle, vitrée ouverte, interactive Hauteur minimale des vitrines 2,20 m

Caisses :



Types des caisses :

Traditionnelles, automatiques, de rayon

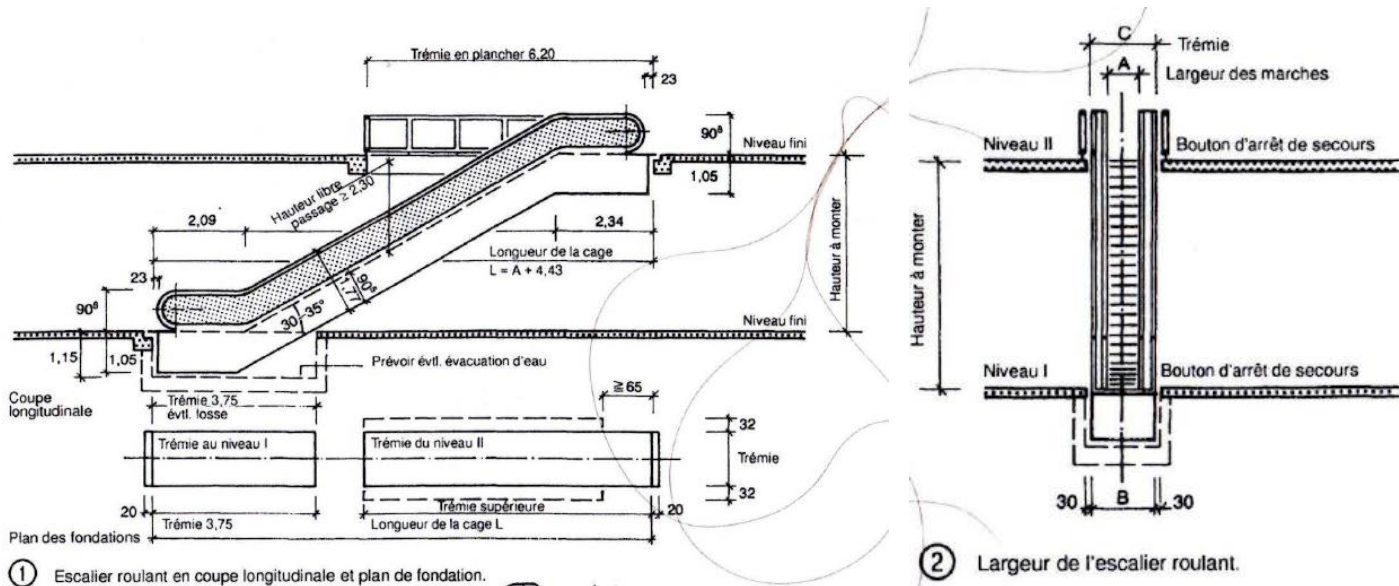
Espacement entre caisses $\geq 1,00$ m (1,50 m recommandé)

Hauteur des caisses 80 cm à 90 cm

Espace avant la caisse $\geq 1,50$ m

Présentoirs à achats impulsifs Hauteur $\leq 1,50$ m

Escalier roulant :



Largeur escalier roulant entre 0,60m et 1,00 m

Vitesse escalier roulant 0,50 m/s

Capacité escalier roulant 1 escalier/1 000 m²

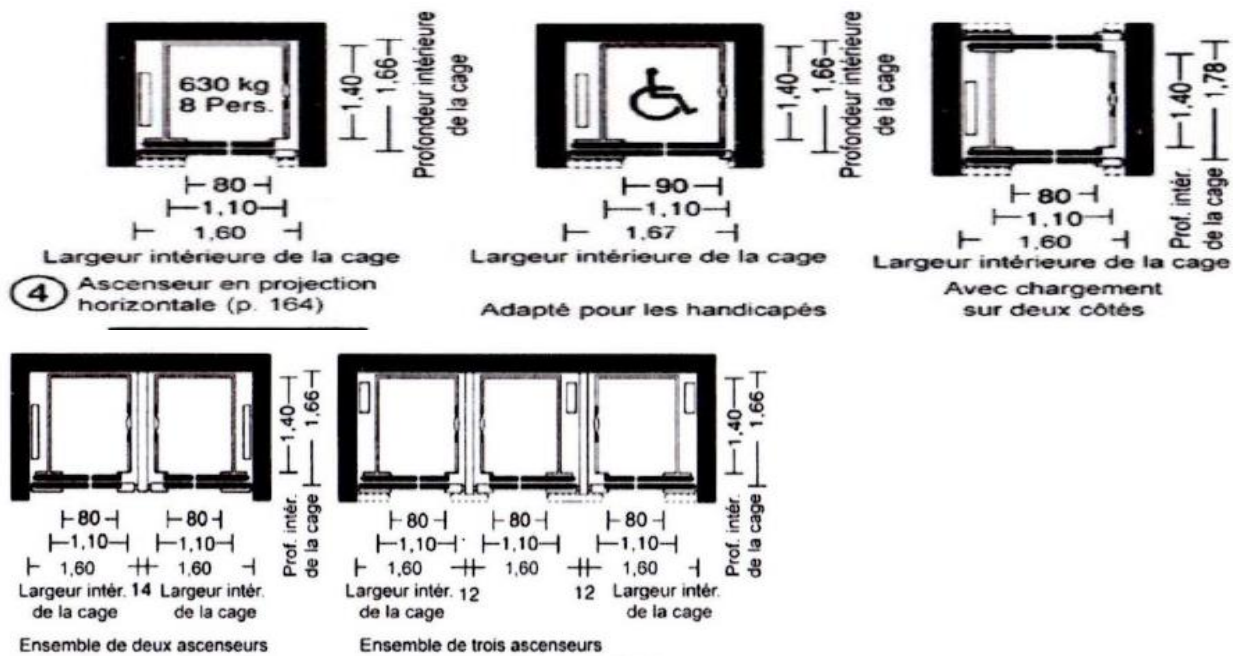
Inclinaison : Entre 30° et 35°.

Norme ascenseur : Cabine min. 1,40 m × 1,40 m pour PMR

Larg. marches	600	800	1000
A	605–620	805–820	1005–1020
B	1170–1220	1320–1420	1570–1620
C	1280	1480	1680
Débit / h	5000–6000 Pers.	7000–8000 Pers.	8000–10000 Pers.

③ Dimensions et capacité d'escaliers roulants avec pente de 30° ou de 35° (27°18').

Ascenseur :



Dimensions minimales des cabines :

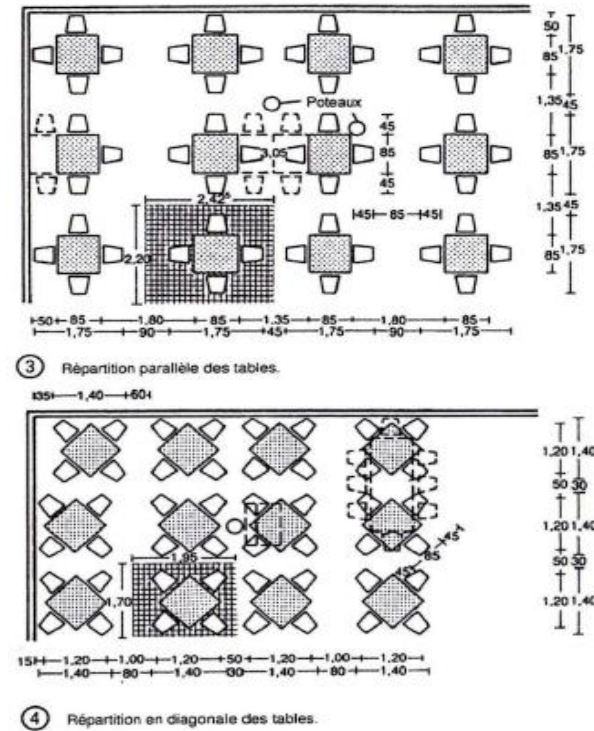
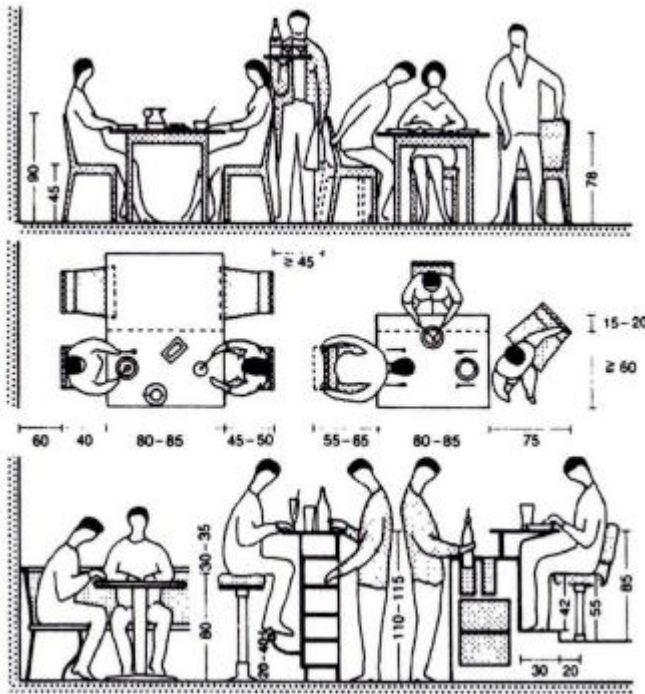
- 1 personne : 1,00 x 1,30 m
- 2 personnes : 1,10 x 1,40 m
- 3 personnes : 1,10 x 2,10 m
- 4 personnes : 1,60 x 1,40 m
- 5 personnes : 2,00 x 1,40 m

Largeur minimale des portes :

- 800 mm pour les cabines de type 1
- 900 mm pour les cabines de types 2, 3 et 4
- 1 100 mm pour les cabines de type 5

Accessibilité PMR : une largeur de 1,10m et une hauteur maximale de 1,10 m, des signaux sonores et visuels, et des miroirs pour faciliter les manœuvres en fauteuil roulant.

Restaurants & Caf  terias :



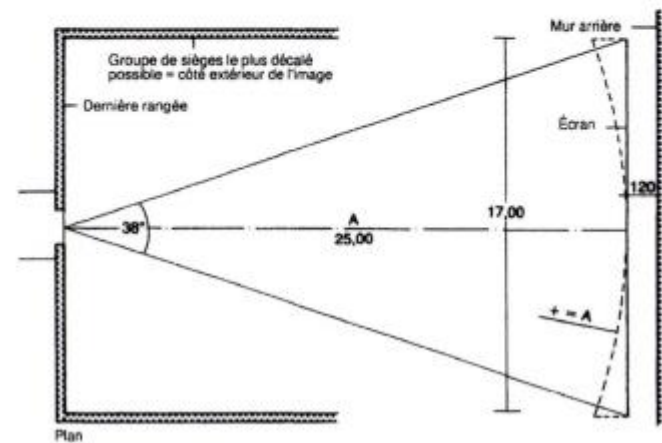
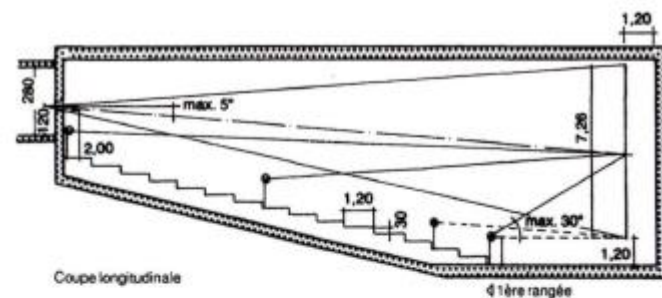
Espacement entre les tables : minimum 0,60 m pour permettre la circulation.

Surface par convive : environ 1,50 m² pour un confort optimal.

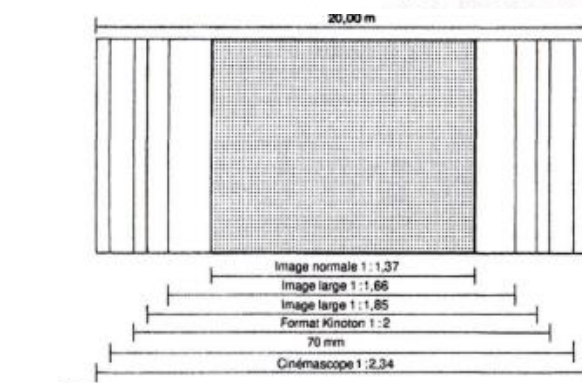
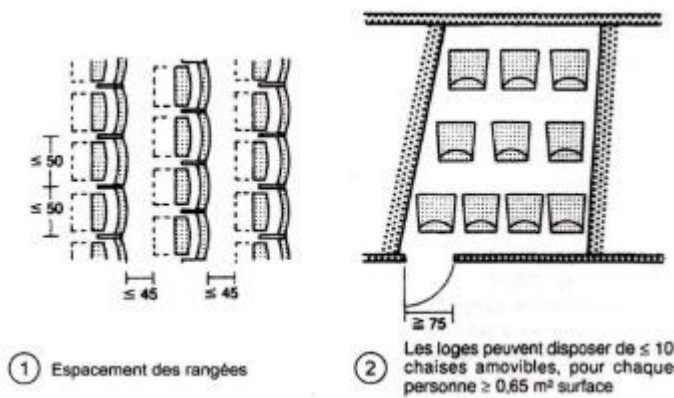
Hauteur des tables : environ 0,75 m.

Accessibilité PMR : chemins de circulation d'au moins 0,90 m de largeur, avec des tables accessibles en fauteuil roulant.

Salle de cinéma :



① Salle de cinéma optimale.



② Formats d'image pour la même hauteur d'image.

Pente des gradins : maximum 35° pour assurer une bonne visibilité.

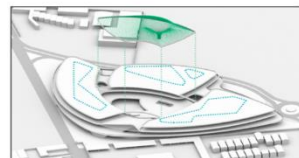
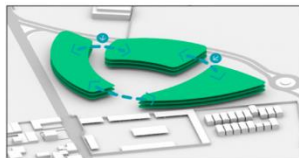
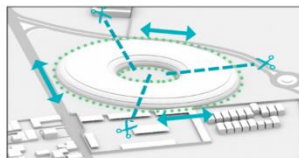
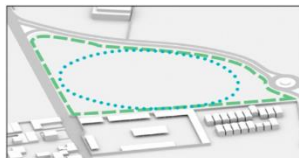
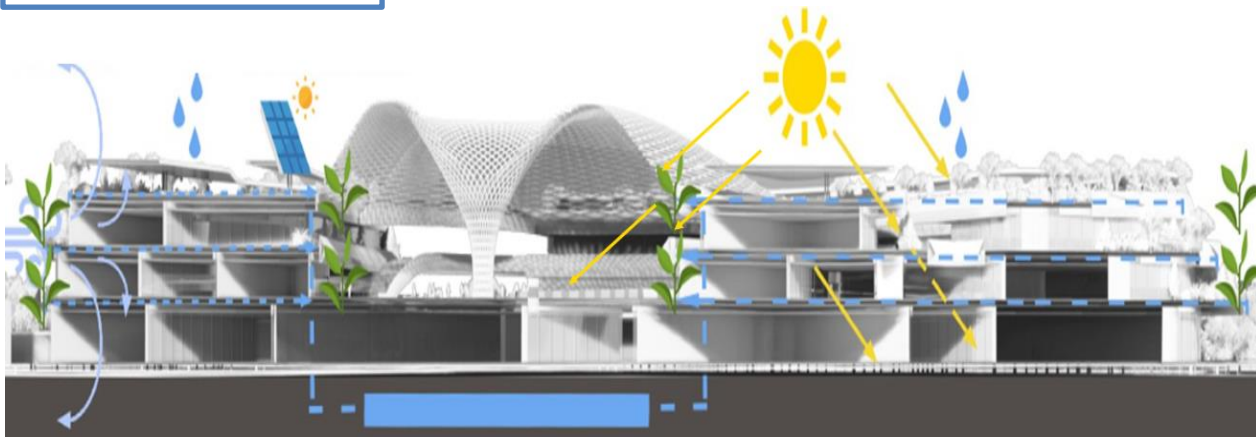
Distance entre les rangées : 0,45 m pour le confort des spectateurs.

Largeur des sièges : environ 0,50 m par personne.

Accessibilité PMR : espaces réservés pour fauteuils roulants, avec accès sans obstacle depuis l'entrée.

5. Analyse des exemples :

Nous allons dans cette partie présenter une analyse des exemples de projets de centre commerciaux qui peuvent enrichir notre conception de projet.

Centre commerciale OASIS 365 		Le projet s'intègre harmonieusement à son contexte urbain via : 1. Une structure concentrique avec un noyau central animé, servant de place publique et favorisant les interactions sociales. 2. Une morphologie adaptable qui épouse les contraintes du site (relief, voies existantes) et intègre des espaces verts pour une transition douce avec l'environnement. 3. Des accès hiérarchisés et une connectivité verticale (escaliers, passerelles) reliant le bâtiment aux transports et axes piétons, optimisant les flux. 4. Une toiture distinctive (forme organique) agissant comme un repère visuel. 	Ventilation naturelle : Plus de la toiture ouverte et les ouvertures et les cheminées d'air, les formes courbées améliorent également les flux d'air et la circulation naturelle à l'intérieur du bâtiment. L'intégration de la végétation : C'est l'élément clé du projet, la création des espaces verts dans la plaza central crée un microclimat qui atténue les températures élevées de Guayaquil, améliore la qualité de l'air et diminue le bruit sonore. Eclairage naturelle : la Plaza centrale et la toiture en verre maximisent l'entrée de lumière naturelle , ainsi que les puits de lumière  Récupération des eaux pluviales : L'intégration de systèmes de collecte d'eau de pluie pour améliorer la durabilité du projet en utilisant une ressource naturelle pour l'irrigation des espaces verts.							
<table><tr><td>Localisation</td><td>Guayaquil, Écuador</td></tr><tr><td>Architecte</td><td>DNA architects</td></tr><tr><td>Année de conception</td><td>2020</td></tr><tr><td>Superficie</td><td>30,000 m²</td></tr></table>	Localisation	Guayaquil, Écuador	Architecte	DNA architects	Année de conception	2020	Superficie	30,000 m²	Ambiance intérieure • Ambiance lumineuse et aérée, inondée de lumière naturelle. • Design contemporain et épuré avec verre, acier et pierres naturelles. • Palette de couleurs douces et intégration d'espaces verts pour une touche chaleureuse. • Circulation fluide favorisant les interactions et la détente. • Harmonie entre modernité et nature, créant un sentiment de bien-être. 	
Localisation	Guayaquil, Écuador									
Architecte	DNA architects									
Année de conception	2020									
Superficie	30,000 m²									

Présentation du projet

Centre commerciale Green Pea

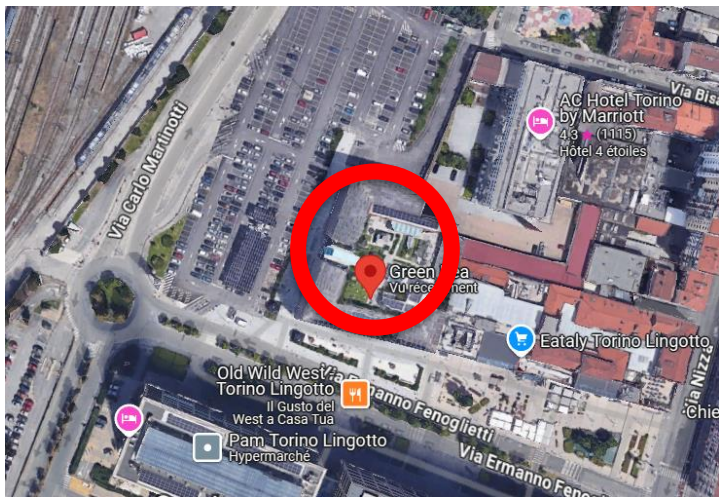


Localisation	Turin, Italie
Architecte	ACC Naturale Architettura et Negozio Blu Architetti
Année de conception	2020
Superficie	10 500m²

Intégration urbaine

Le projet s'intègre harmonieusement à son contexte urbain via :

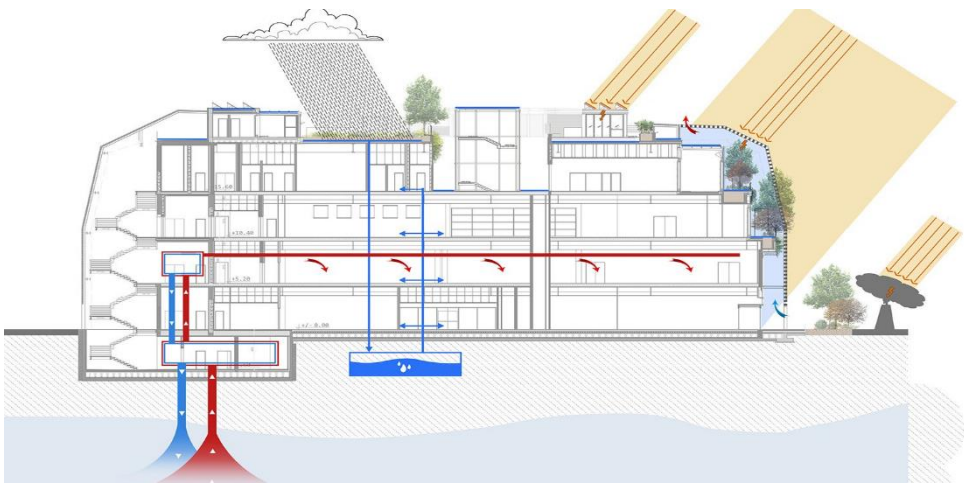
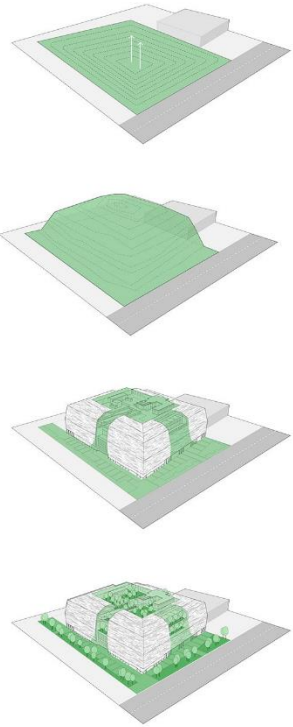
1. Transformation de l'ancienne zone du Carpano Lingotto en un pôle urbain dynamique.
2. Intégration harmonieuse dans le tissu existant grâce à la continuité de la ligne architecturale, notamment en lien avec le complexe Eataly voisin.
3. Conception orientée pour optimiser l'ensoleillement et la ventilation naturelle, adaptée au climat de Turin.
4. Aménagement d'espaces interactifs et conviviaux favorisant le lien social et la revitalisation du quartier.



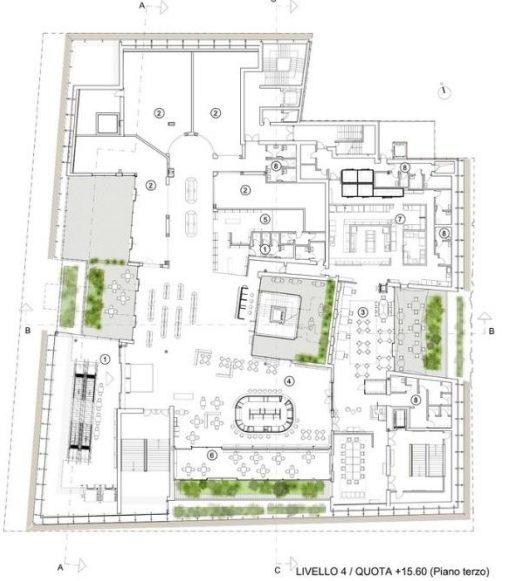
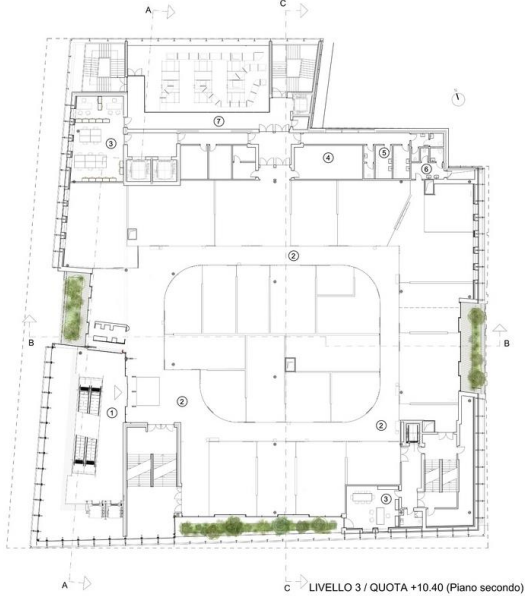
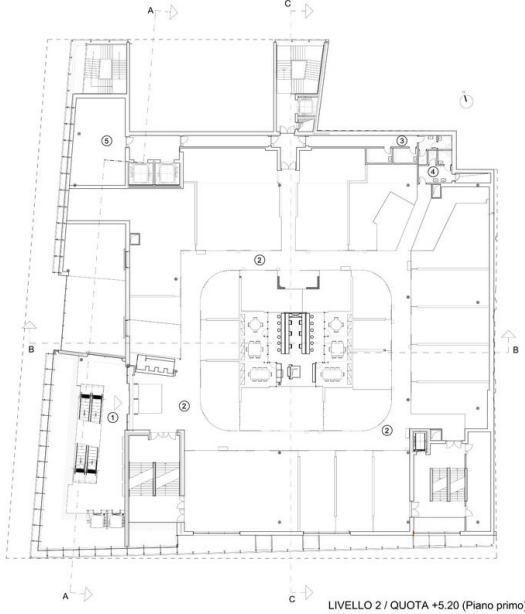
Principes de conception

Application des principes de l'architecture biophilique suivants :

1. **Connexion visuelle avec la nature** : Vues panoramiques sur les Alpes via baies vitrées et serre bioclimatique.
2. **Connexion non visuelle avec la nature** : Sons apaisants (vent dans le brise-soleil, eau de la piscine) et odeurs de plantes aromatiques et textures naturelles (bois, pierre).
3. **Lumière naturelle** : Orientation Nord-Sud et lanternaux pour maximiser l'éclairage naturel. Éclairage LED ajusté aux rythmes circadiens.
4. **Matériaux naturels** : L'utilisation du bois et la pierre évoquant les collines alpines.
5. **Formes inspirées de la nature** : Architecture courbe évoquant les collines alpines.
6. **Connexion à l'eau** : Piscine panoramique recyclée et fontaines sur les terrasses et la collecte des eaux pluviales pour l'irrigation.



Présentation des plans



Rez-de-chaussée

Fonctionnalités principales :

Zones techniques et commerciales :

Hairer : Espaces dédiés à des services ou à des installations techniques (salons, ateliers).

Color Plot : Zones de conception ou de présentation visuelle (design, affichage de couleurs).

Windowed : Espaces vitrés pour maximiser la lumière naturelle.

AIR underwater : des installations liées à la durabilité (système de purification d'air, végétation intégrée).

R+1

Le 1^{er} étage est organisé autour d'un Hall central, facilitant la circulation et l'accueil.

Fonctionnalités principales :

Commerce durable :

Magasins de meubles éco-responsables.

Services annexes :

Vestiaires, sanitaires, locaux techniques.

R+2

Fonctionnalités principales :

Commerce durable :

Magasins de vêtements éthiques.

Espaces de travail et logistique :

Bureaux, entrepôt.

Terrasse technique :

Espace multifonctionnel pour installations techniques ou stockage temporaire.

Vestiaires, sanitaires, locaux techniques.

R+3

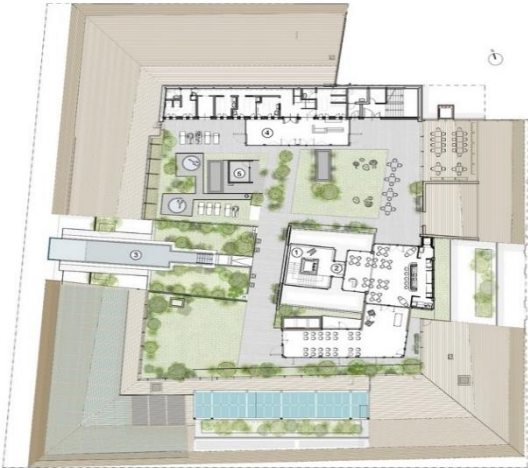
Fonctionnalités principales :

Commerce durable :

Magasins de meubles éco-responsables.

Services annexes :

Vestiaires, sanitaires, locaux techniques.



Plan de terrasse

Fonctionnalités principales :

• Fonctionnalités principales :

Loisirs et bien-être :

- Bar, piscine, spa, Sauna.

Accès :

- Escalier dédié pour relier le toit aux étages inférieurs.

Design :

- Espace conçu pour offrir une vue panoramique et une expérience relaxante, aligné avec la philosophie biophilique.

Ambiance intérieure

- Ambiance moderne et lumineuse grâce à de grandes ouvertures et une lumière naturelle abondante.
- Espaces intérieurs spacieux et modulables favorisant une circulation fluide.
- Association de matériaux naturels et traditionnels avec des touches luxueuses.
- Intégration harmonieuse de la nature via des terrasses végétalisées et des zones de détente.
- Conception axée sur la durabilité et le respect de l'environnement, créant une expérience de consommation responsable.

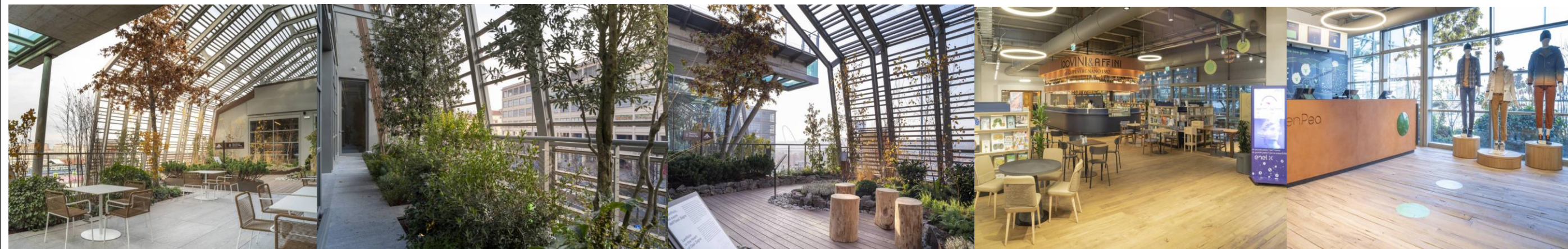


Tableau 5 : Analyse des exemples, source : Auteurs.

Synthèse :

Nous avons présenté dans ce chapitre un état de l’art sur les principaux concepts relatifs à notre thématique. Nous retenons que La conception du centre commercial repose sur :

- Création d’un espace ouvert, lumineux et modulable favorisant une circulation fluide et l'interaction sociale.
- Intégration harmonieuse dans le tissu urbain existant, assurant une continuité visuelle et fonctionnelle avec le quartier et valorisant le patrimoine local.
- Utilisation de matériaux durables, naturels et recyclables, combinant technologies modernes et savoir-faire traditionnel pour une performance énergétique optimale.
- Réintroduction de la nature à travers l’aménagement de jardins intérieurs, toits-jardins et espaces verts, créant un microclimat agréable et un lien fort avec l’environnement.
- Aménagement d’espaces polyvalents et conviviaux, transformant le centre en un lieu de vie, de détente et d’animation urbaine.

Chapitre 03

Cas d'étude

1. Introduction

Ce chapitre se focalise sur Cherchell, ville côtière à l'ouest d'Alger riche d'un passé historique et culturel, dans le but d'illustrer l'apport du design biophilique dans l'optimisation du confort hygrothermique des espaces côtiers. Son climat humide et sa position stratégique au bord de la Méditerranée en font un terrain d'étude pertinent pour notre thématique, d'autant plus que sa croissance urbaine actuelle souligne la nécessité d'une conception architecturale durable. L'objectif principal de ce chapitre est donc d'analyser ce cas concret, en combinant une approche approfondie et une conceptualisation aux échelles urbaine et architecturale, à travers un projet de centre commercial, afin d'assurer une intégration harmonieuse avec l'environnement spécifique de Cherchell et de répondre à la problématique de recherche.

1.1.Présentation de la ville :

1.1.1. Situation géographique

Cherchell se situe dans la région Nord Centre de l'Algérie à 100Km environ à l'Ouest d'Alger sur le littoral entre Tipaza et Tenes, elle est limitée :

Au Nord : la mer méditerranée

Au Sud : wilaya de Ain ElDefla (commune de Menaceur)

A l'Ouest : wilaya de Chelef (commune de Sidi Ghiles)

A l'Est : wilaya d'Alger (commune de Tipaza)

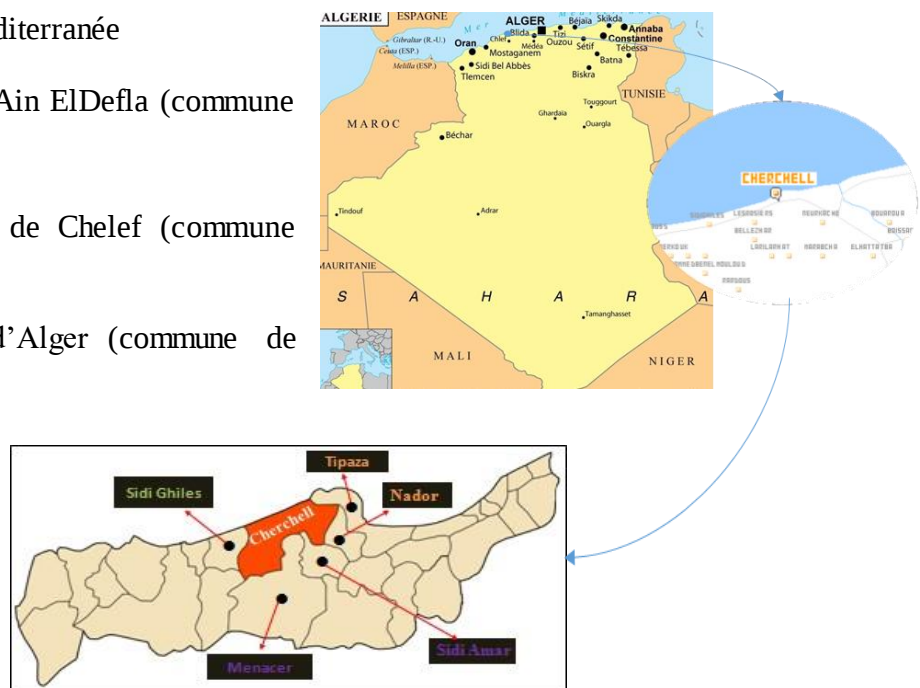


Figure 56 : Situation graphique de la ville de Cherchell, Source : (HADJI, 2014)

1.1.2. Relief

Cherchell est située sur un terrain très accidenté, avec la mer au nord et un massif montagneux au sud. Les montagnes couvrent la majeure partie de sa superficie, avec 85 % du terrain ayant des pentes supérieures à 20 %.

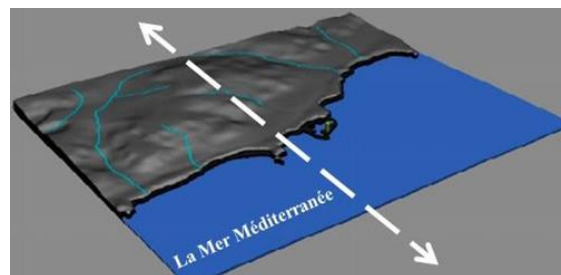


Figure 57 : Relief de la ville de Cherchell.

1.1.3. Accessibilité

Cherchell est traversée d'est en ouest par la route nationale 11, un axe routier régional majeur qui relie toute la côte de la wilaya. La voie express entre Cherchell et Alger commencera au Cap Rouge. D'autres routes, comme le CW 109, relient la ville à la région de Chenoua à l'est.



Figure 58 : Carte de l'accessibilité de la ville de Cherchell.

1.1.4. Vocation de la ville

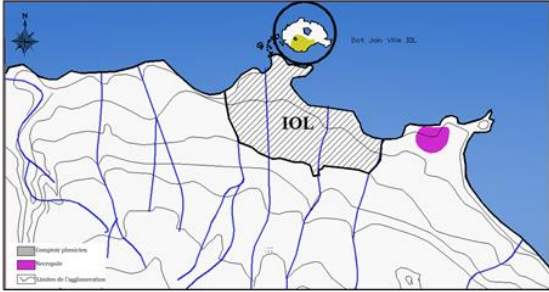
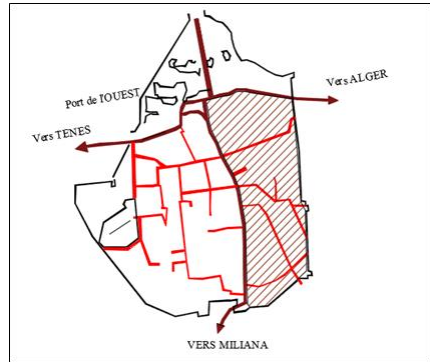
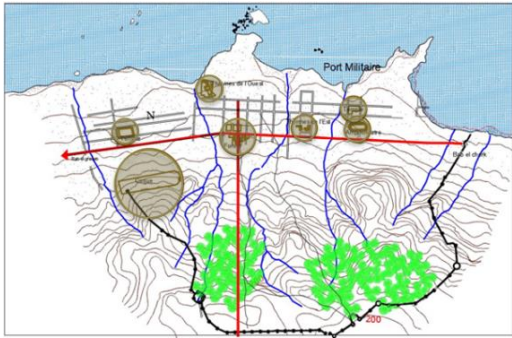
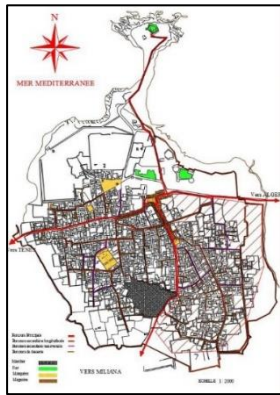
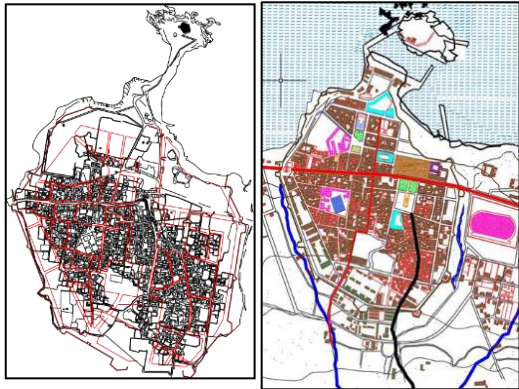
Cherchell a une vocation multiple, mêlant histoire, culture et économie. Ancienne capitale romaine, elle valorise un riche patrimoine archéologique et architectural, avec des vestiges antiques majeurs. Parallèlement, elle se développe comme un pôle économique et portuaire important, notamment grâce à son port commercial en expansion, qui vise à dynamiser le commerce maritime et régional. Cette double vocation patrimoniale et économique fait de Cherchell une ville stratégique sur la côte algérienne.

2. Analyse urbaine de la ville : Processus de formation et de transformation de Cherchell

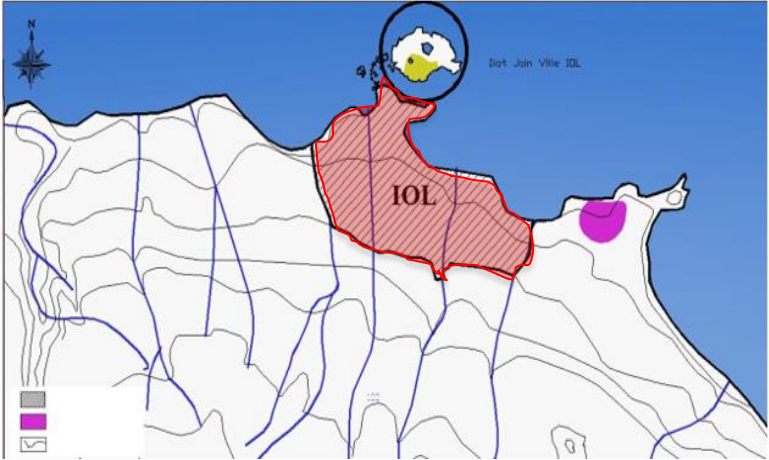
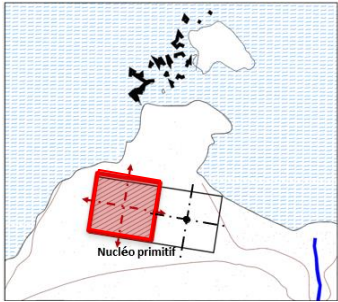
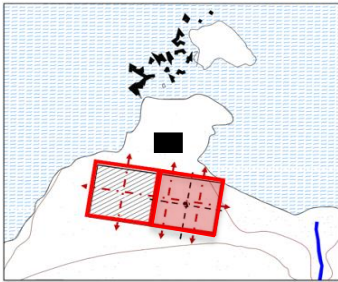
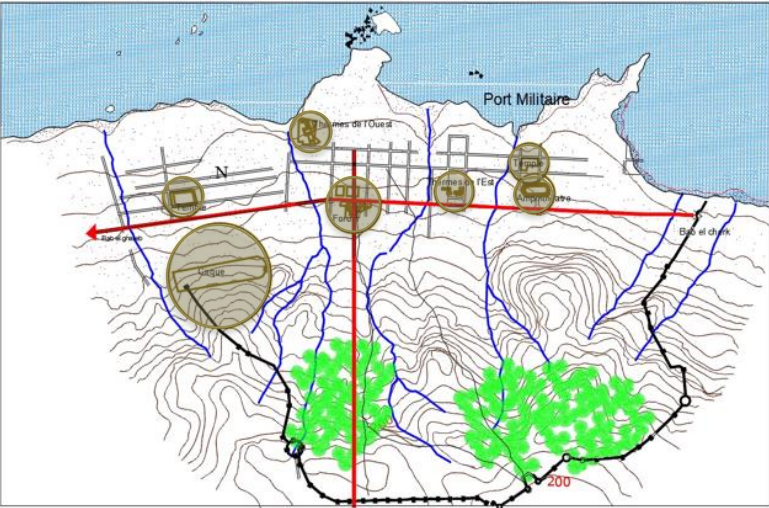
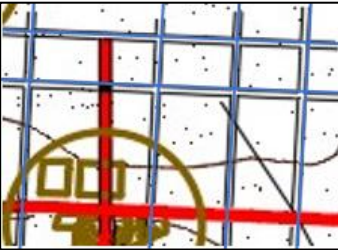
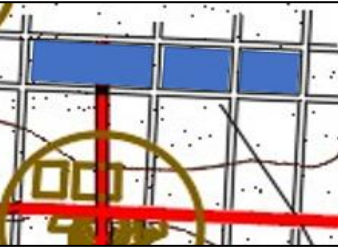
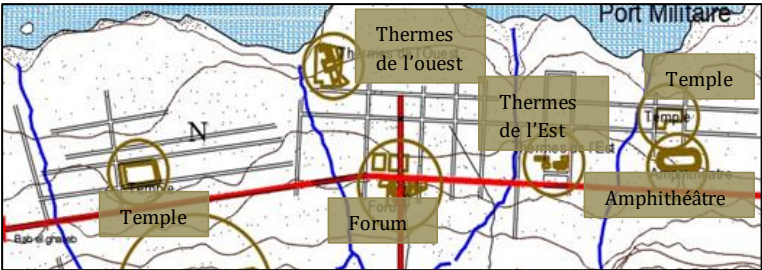
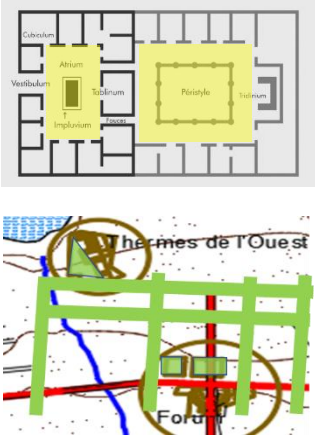
2.1. Analyse diachronique :

Cherchell est une ville qui a traversé de nombreuses périodes historiques :

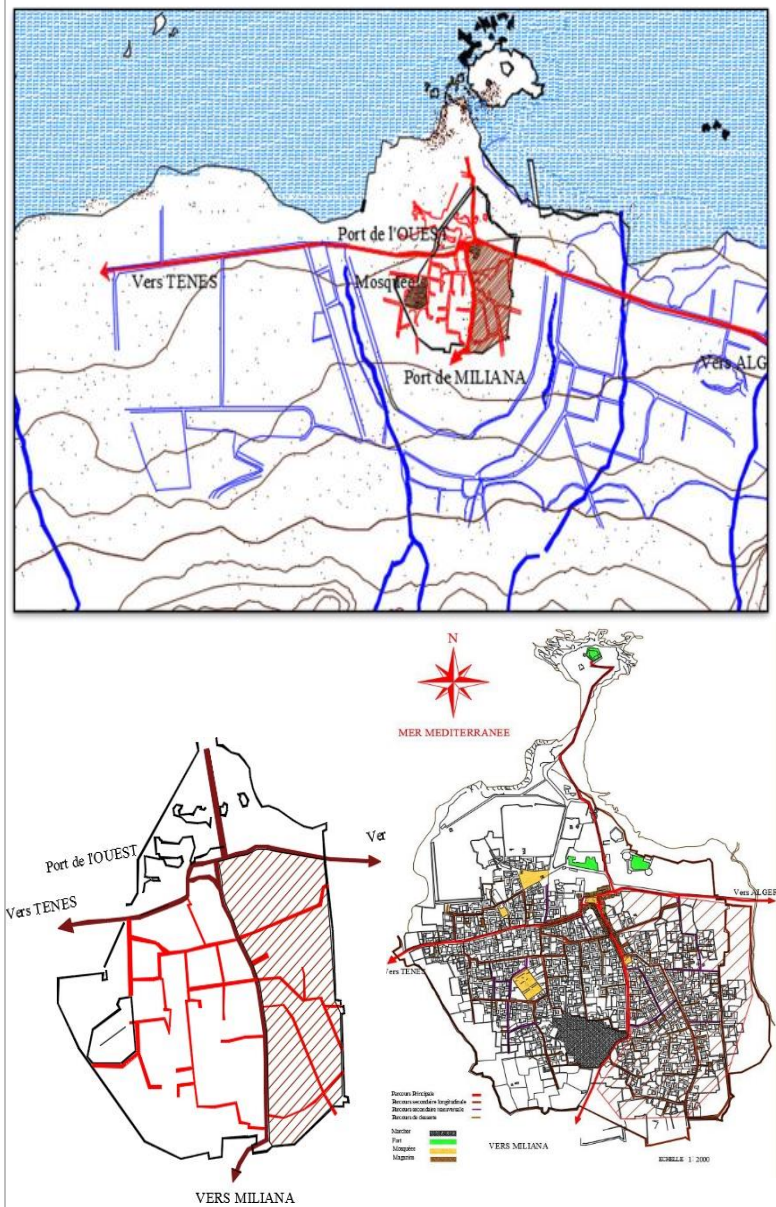
Tableau 6 : Analyse diachronique de Cherchell, source : Auteurs.

La période	La carte	Les caractéristiques	La période	La carte	Les caractéristiques
1/Phénicienne : (860 siècles – 4ème siècle) av J.C		- Cherchell a été fondée au IV^e siècle av. J.-C. par des Phéniciens comme comptoir commercial sur un site stratégique. -Le site offrait eau douce, ressources naturelles et un port abrité. -Iol était un simple comptoir portuaire, sans urbanisme complexe, facilitant les échanges avec les populations locales.	4/Andalou-musulmane (13 ^{ème} -15 ^{ème} siècle)		Après une longue période d'abandon, Cherchell est reconstruite entre le XIII ^e et le XV ^e siècle par les Andalous. Rebaptisée ainsi, la ville adopte un modèle urbain andalou centré sur la mosquée, avec un tissu rectiligne et hiérarchisé. Un axe commercial structurant distingue les voies publiques et privées, favorisant cohésion sociale et fonctionnalité. Certaines structures romaines sont intégrées ou restaurées durant cette période.
2/Romaine « CAESAREA » (du 1 ^{er} siècle au 5 ^{ème} siècle av J.C)		-Période la plus prospère de Cherchell avec rénovation urbaine et renforcement des liens ville/port. -Fondée en 25 av. J.-C. par Juba II selon un plan romain type « CAESAREA » avec enceinte, portes urbaines, axes principaux (Cardo et Decumanus) et tracé en damier. -La ville comprenait des monuments majeurs : théâtre, cirque, amphithéâtre, thermes, grand aqueduc, et un réseau de voirie organisé.	5/Andalou-Ottomane du 15^{ème} siècle au 19^{ème} siècle		À partir de 1516, les Ottomans étendent Cherchell en intégrant des influences arabo-andalouses et ottomanes. Ils construisent des habitations verticales et édifient deux forteresses en 1518 pour renforcer la défense. Le port devient un moteur du développement sous leur contrôle. L'urbanisme s'adapte à leurs traditions, en réutilisant les infrastructures romaines existantes.
3/Vandale-Byzantine du 6^{ème} au 13^{ème} Siècle	/	Entre le VI ^e et le Xe siècle, Cherchell connaît une période de déclin marquée par les invasions vandales, la reprise partielle par les Byzantins, et un puissant séisme au Xe siècle. Malgré la réutilisation de structures romaines, la ville ne retrouve ni sa prospérité ni son dynamisme, ce qui vaut à cette phase le nom de « période oubliée » selon certains historiens.	6/La colonisation française de 1840 à 1962		La ville médiévale est restructurée sous la colonisation selon des principes de régularité, d'hygiène et de défense, avec élargissement des rues, nouvelles voies et équipements publics. Organisée comme une ville-caserne, la ville coloniale s'étend d'abord à l'intérieur des remparts, puis au-delà. Cette période voit une cohabitation parfois tendue entre populations locales et colons européens.
7/Période actuelle de 1962 à nos jours		Après l'indépendance, la ville a connu un développement très rapide donnant naissance à un urbanisme nouveau comme résultat des politiques d'urgences.			

2.2. Analyse morphologique de la ville selon les 4 systèmes (Danieul et Borie) : à présenter dans l'analyse diachnoique

Période	SYSTÈME VIAIRE et SYSTÈME PARCELLAIRE	SYSTÈME BATI et SYSTÈME DES ESPACES LIBRES	Constructions
Période phénicienne 	Le deuxième âge : Pendant le 2eme âge le comptoir Phénicien se transforme en module « Nucléo primitif » .  Le troisième âge : En 3eme âge la ville a dû évoluer en reprenant comme module les dimensions du noyau primitif, au-delà du Faubourg. Elle été nommé IOL. 	/	/
La période romaine 	Système viaire en Grille : Le système viaire était ordonné et orthogonal suivant les deux axes Documanus et Cardo.  Système parcellaire : Parcelles principalement rectangulaires, régi par module de base de 35m à 52m suivant le plan en grille de la ville. Parcelles résidentielles : 70 m de côté, incluant plusieurs habitations et cours intérieures. Parcelles publiques : Plus grandes 	Système bâti : Principalement Bâti Ponctuel, Les grandes structures étaient dispersées et servaient de repères dans le tissu urbain.  Système des espaces libres : Des espaces libres Public tel que le forum et les jardins des équipements, et d'autres privés tel que les cours et les jardins intérieurs des maisons. 	Matériaux de construction et gabarits : Pierre et Brique,mortier, bois ,tuiles en terre cuite ,plâtre. Les gabarits : Domus (Maison Individuelle): 5 à 12 m Insulae (Immeubles Collectifs): 15 à 20m Thermes et Amphithéâtres : 10 à 25 m 

La période Andalous-Turque



Système viaire :

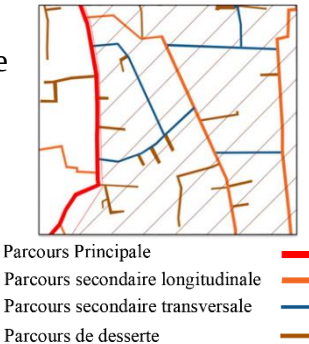
Plan en réseau irrégulier : Le réseau viaire était généralement irrégulier, influencé par le relief.

Voies hiérarchisées : Les rues étaient hiérarchisées en fonction de leur usage :

Rues principales (souks) : Ces rues plus larges traversaient les quartiers commerciaux et permettaient les activités marchandes

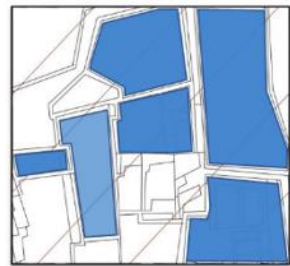
Rues secondaires : Elles reliaient les principales zones d'habitation et les lieux d'intérêt, comme les mosquées et les marchés.

Ruelles résidentielles (derb) : Étroites et sinueuses, elles menaient aux habitations et protégeaient les espaces privés de la circulation.



Système parcellaire : système parcellaire irrégulier et s'adaptait aux contraintes topographiques ainsi qu'aux besoins des habitants.

Les parcelles étaient souvent petites longues et étroites , permettant de maximiser l'utilisation de l'espace urbain.

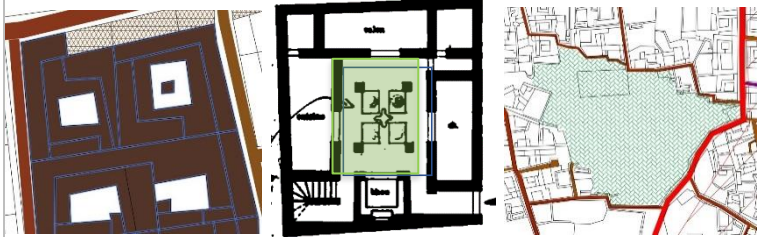


La Système des espaces libres :

Cours intérieures : Les maisons traditionnelles possédaient une cour intérieure.

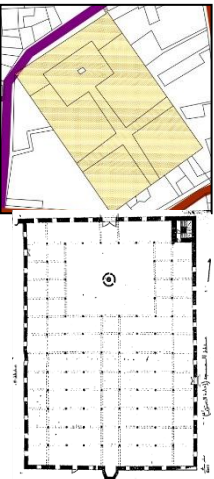
Placettes et petites places (rahba) : Se trouvaient au croisement de rues importantes ou dans les souks. Utilisés pour les marchés, les rassemblements publics, et les événements communautaires.

Jardins publics et privés : riad d'espaces de détente, principalement dans les zones résidentielles et les cours de maisons riches.



Système bâti :

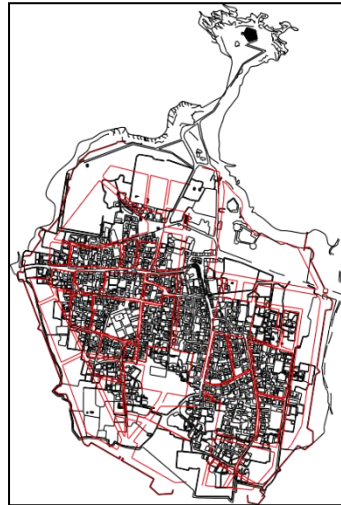
- Maisons à cour centrale : maison organisée autour d'une cour intérieure, qui servait de puits de lumière et de ventilation naturelle, améliorant le confort thermique et assurant une certaine intimité.
- Dans les quartiers marchands, le rez-de-chaussée servait souvent d'espace commercial (souks, ateliers), tandis que les étages supérieurs étaient réservés à l'habitation.



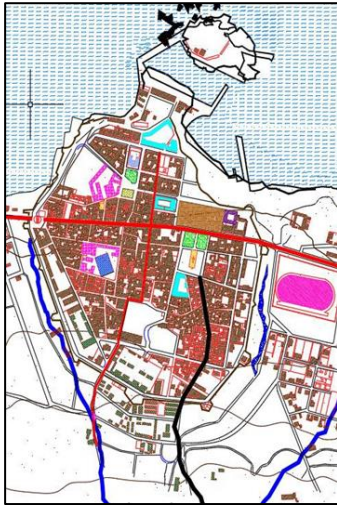
Utilisation du style musulman
La réinterprétation des matériaux de construction romaine.
La réutilisation des systèmes et des structures hydrauliques romaines dans les maisons andalou-ottomanes et certains équipements publics.
Matériaux de construction : Murs épais, Briques en terre crue et pierre



Période coloniale



Le 1^{er} plan de la restructuration de la ville



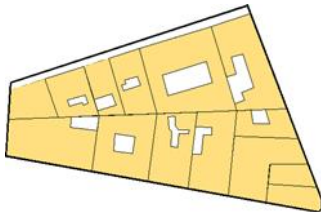
Plan de Cherchell dans la période

Système viaire mixte :
Combinaison de système **en grille** et le système **linéaire** pour s'adapter aux contraintes géographiques et aux besoins urbains.

Système viaire **en grille**
Système viaire **linéaire**



Système parcellaire :
Variété : Formes et tailles des parcelles variées, résultat de l'évolution historique.
Régularité : Parcelles principalement rectangulaires, suivant le plan en grille
Dans le centre-ville et des parcelles **linéaires** en périphérie.



Système bâti :
Bâti planaire au centre-ville, et linéaire en périphérie.



Bâti en périphérie



Bâti au centre-ville

Maisons en Bande :
Disposition : Alignées le long des rues principales.
Caractéristiques : Façades uniformes avec grandes ouvertures et balcons. Cours intérieures pour ventilation et lumière.
Usage : Résidentiel, parfois avec des boutiques au rez-de-chaussée



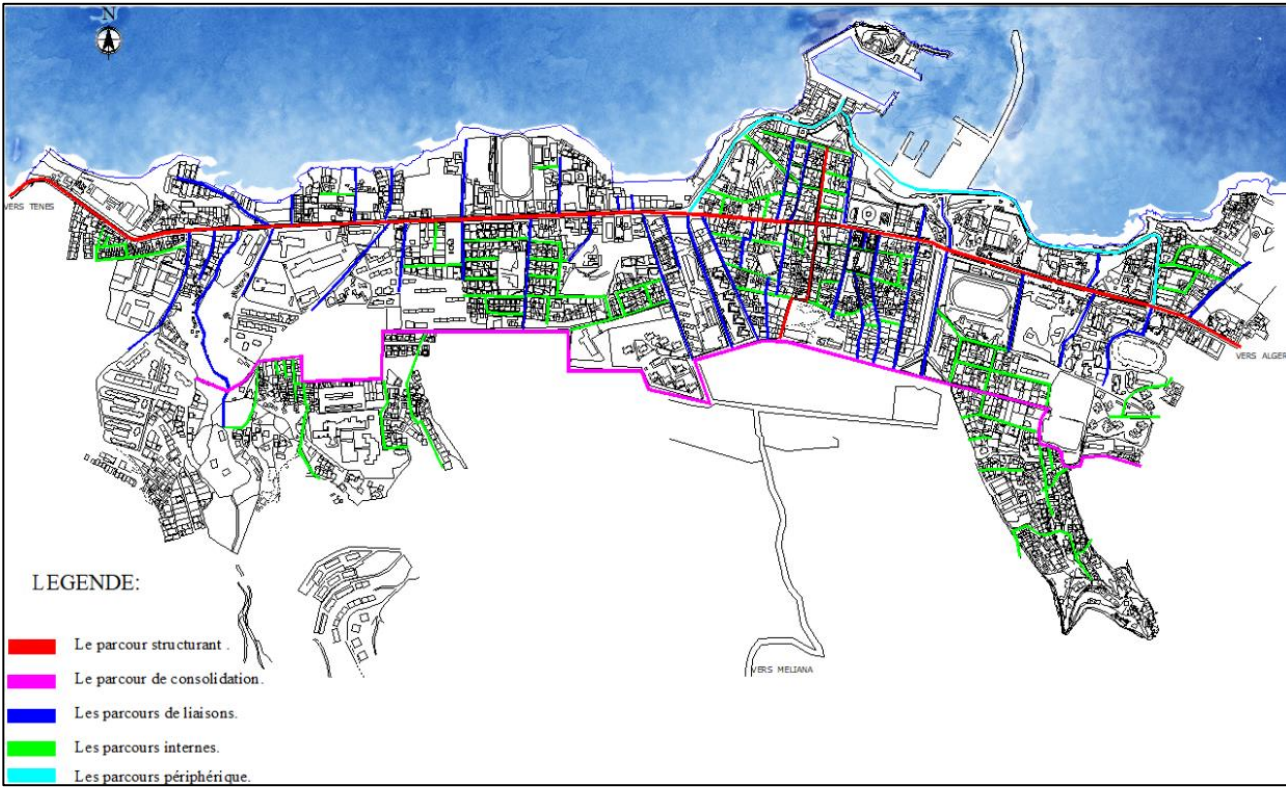
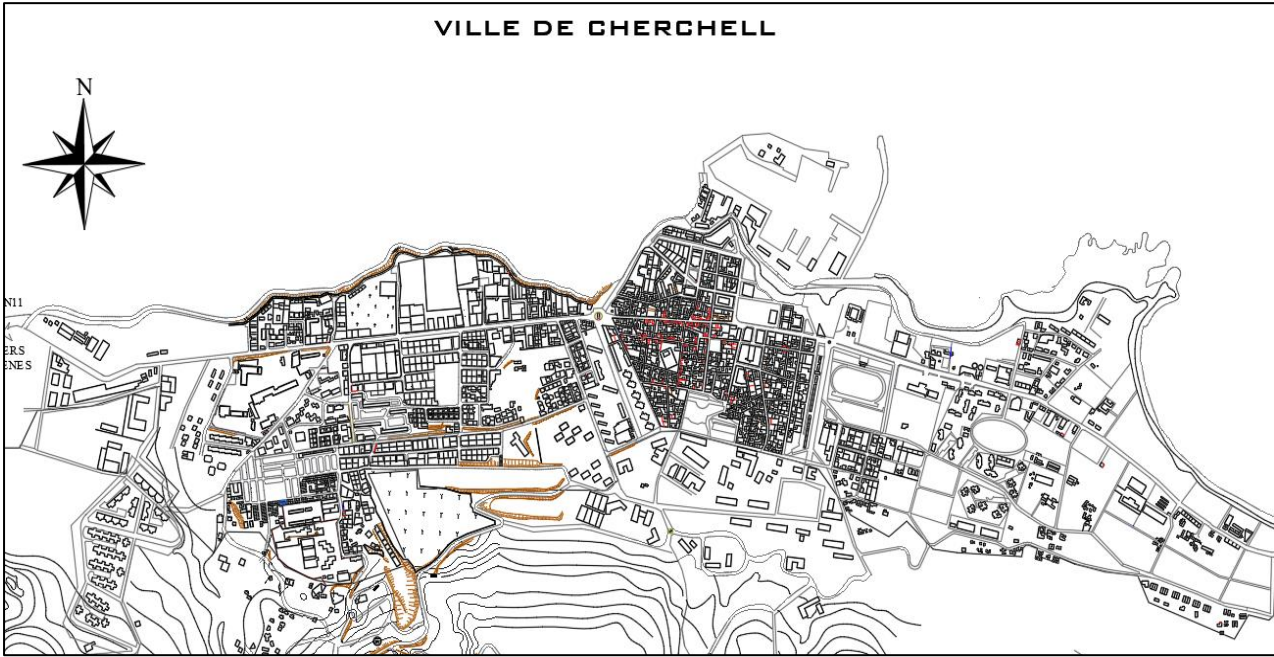
Maisons en ligne :
Disposition : Rangées parallèles avec espaces réguliers entre chaque maison.



Caractéristiques : Balcons et grandes fenêtres donnant sur la rue. Utilisation fréquente de balcons et vérandas.
Les matériaux de construction : la pierre, la brique, le bois pour les menuiseries et le marbre plus le plâtre et le vitrage.

Période contemporaine 	système viaire mixte : combinaison des systèmes suivants : Système en grille : au centre historique. Système linéaire dans les avenues et boulevards rectilignes relient les différentes parties de la ville. Système en Boucle : dans les zones résidentielles. Système parcellaire : Centre ville : blocs réguliers et parcelle rectangulaires adaptées à une planification en grille. Quartiers périphériques : parcelles linéaires alignées le long de route principale. Zone historique : parcelles de forme irrégulières reflètent l'évolution organique et les contraintes topographiques  Systeme en boucle  Systeme en grille  Systeme viaire linéaire  Parcelles irregulieres  Parcelles regulieres  Parcelles linéaires	Aucune typologie suivie. Parcellaire irrégulier, donc des formes de bâti irrégulières.	Système bâti : Développement de logements sociaux : Pour répondre à la forte demande en logement, de nombreux ensembles d'habitations à loyer modéré (HLM) ont été construits. Matériaux : béton. Ornements extérieurs varient. Les habitations autoconstruites: habitations sont construites par les propriétaires eux-mêmes, souvent de manière progressive et sans plan formel, ce qui peut donner lieu à des constructions hétérogènes.  LOTISSEMENT MHAMED RUIZ 
---	--	---	---

Tableau 7 : Analyse synchronique de cherchell, Source : Auteurs.

Carte	Analyse
	Type de système viaire : Le système viaire de Cherchell est mixte, combinant : • Centre-ville : trame structurée en résille (damier), hiérarchisée. • Périphérie et centre historique : Système organique et en boucle. Voies sinueuses, non orthogonales superposé sur les tracés de la période Andalous Turque, adaptées au relief. Croissance : continue vers le littoral, discontinue vers l'intérieur. Hiérarchie : hiérarchisation classique ; présence de grands axes (littoral, pénétrantes), rues secondaires et ruelles ; Voies primaires, secondaires, tertiaires Éléments régulateurs : lignes naturelles (côte), pôles historiques, barrières topographiques.
	Système parcellaire : Parcellaire hétérogène. Aspect topologique : un tissu urbain stratifié varié, résultat d'une superposition des époques : -Centre historique : parcelles irrégulières (héritage arabo-andalou) -Zone d'extensions récentes : parcelles plus régularisées (coloniales et extensions récentes). Structure hiérarchique : Parcelles centrales de petite taille, souvent à usage mixte (habitat + commerce). En périphérie, les parcelles sont plus grandes, mono-fonctionnelles (principalement résidentielles). Présence de grandes parcelles publiques/institutionnelles héritées de l'époque coloniale (casernes, écoles, placette centrale etc.). Taille des parcelles : Très variables : -Centre historique : petites (souvent < 100 m²), denses. -Zones modernes : 150–300 m² pour les parcelles résidentielles. -Zones périphériques agricoles ou semi-rurales : > 500 m².

	Système bâti : Densité élevée au centre, formes compactes, tissu urbain dispersé en périphérie ; bâti continu dans le centre et bâti ponctuel en périphérie. Implantation : Implantation alignée dans les zones récentes ; implantation en retrait ou en mitoyenneté dans les quartiers anciens. Typologies dominantes : Coexistence de constructions traditionnelles, coloniales et contemporaines (bâtiments allant du R+1 au R+4). Style architecturale : Mélange de styles ; traditionnel, colonial, et moderne sans véritable cohérence architecturale.
	Système des espaces libres : Espaces Libres concentrés dans les zones d’extension (sud-est et sud-ouest) avec une qualité variable , certains espaces bien entretenus, d’autres sous-utilisés ou dégradés. -Typologie des espaces libres selon le cadre bâti : -Espaces planaires : Les places publiques, telles que la place centrale près du port, offrent des espaces ouverts favorisant les rassemblements et les activités communautaires. -Espaces ponctuels : Les petits jardins et les placettes disséminés dans la ville servent de points de repos et de verdure, bien que leur nombre soit limité. Positionnement entre l’espace libre public et privé : Isolement : Certains espaces verts en périphérie de la ville sont isolés du tissu urbain principal. Accolement : Les espaces libres dans le centre historique sont souvent accolés aux bâtiments, créant des cours intérieures et des ruelles étroites caractéristiques de l’urbanisme traditionnel.

Tableau 8 : Analyse morphologique de la ville actuelle selon les 4 systèmes (Danieul et Borie), Source : Auteurs.

Synthèse :

L'évolution urbaine de Cherchell a suivi une dynamique influencée par ses périodes historiques. Initialement, la ville s'est développée autour du port, axe central de son activité économique, avant de s'étendre progressivement vers l'intérieur, guidée par les nécessités militaires, commerciales et résidentielles. Les transformations du tissu urbain reflètent les influences successives : les rues régulières et orthogonales de la période romaine ont laissé place à un réseau organique et sinueux sous l'influence islamique, suivi par une adaptation rectiligne introduite durant la période coloniale. La typologie des habitations témoigne également de cette diversité : maisons à patio, structures denses islamiques, et villas coloniales coexistent, bien que l'après-indépendance ait vu une dilution progressive des styles architecturaux distinctifs. Concernant les équipements, deux grandes catégories se distinguent : ceux d'influence andalouse-ottomane, marqués par l'utilisation de l'arc chercherlois et un style traditionnel, et les infrastructures coloniales, reflétant une esthétique classique et fonctionnelle. Ces transformations illustrent l'interaction continue entre le patrimoine, la géographie locale et les besoins évolutifs de la ville.

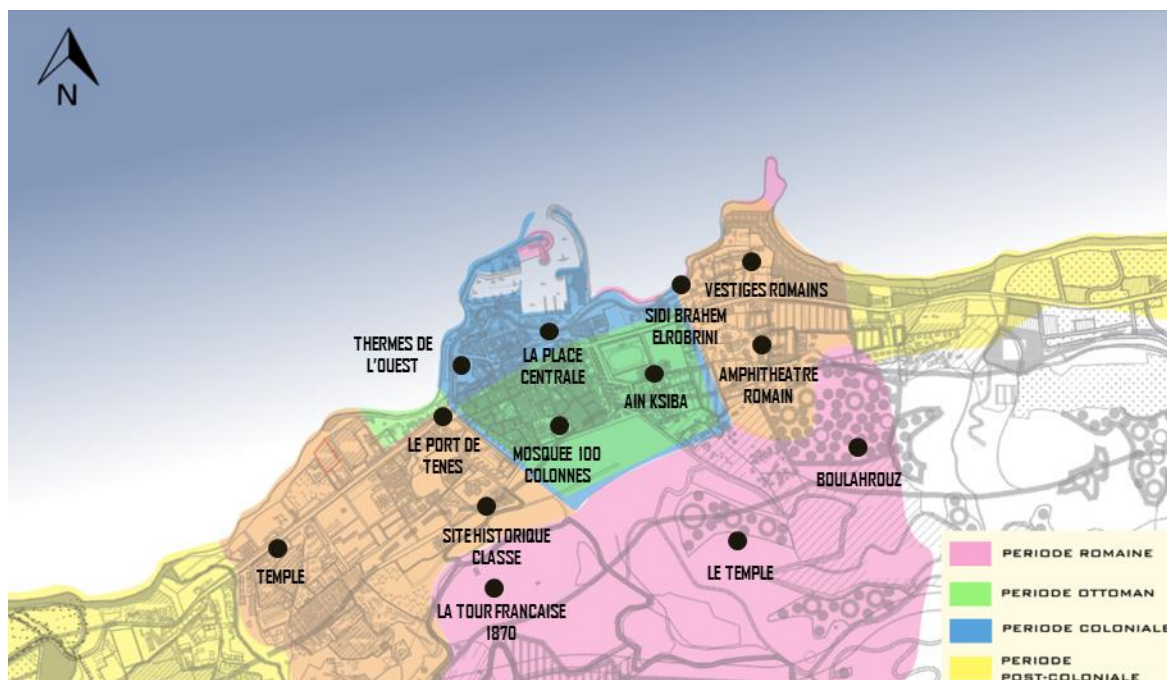


Figure 59 : Carte des éléments permanents Cherchell. Source : Auteurs

2.3. Analyse morphologique de la zone d'étude :

Carte	Analyse selon Panerai
	Système viaire L'accessibilité du site, situé à proximité d'un axe structurant N11 (en rouge), ainsi que de plusieurs rues secondaires. Cette position stratégique facilite l'intégration du projet dans son environnement.
	Système bâti Le tissu bâti autour de la parcelle d'étude présente une organisation mixte, combinant des structures linéaires et des formes ponctuelles dispersées. Cette combinaison reflète une croissance urbaine progressive, entre trame ordonnée et extensions spontanées.
	Espaces libres L'analyse des espaces libres révèle un manque criant d'espaces ouverts dans l'environnement immédiat de la parcelle.
	Système parcellaire L'analyse du système parcellaire autour du site montre une trame morcelée et relativement régulière. Les parcelles sont généralement de petite taille et de forme rectangulaire allongée.

Tableau 9 : Analyse morphologique de la zone d'étude, Source : Auteurs.

2.4. Analyse SWOT :

forces	Faiblesses
• Vue vers la mer au nord et vers les montagnes au sud . • Desservi par RN11. • Accessibilité maritime . • Absence des contraintes naturelles et artificielles . • Un découpage parcellaire claire . • Juxtaposé d'un point de repaire important (stade). • Terrain bien ensoleillé . Pente négligeable facilitant la construction	• Rupture entre la ville et la mer . • Isolé du centre historique . • Manque des espaces publics et des espaces verts . • Exposition directe au vents maritimes . • Présence d'une source de bruit (le stade). • Étroites accès urbain .
opportunités	Menaces
• Développement du tourisme et de l'artisanat local. • Création des espaces attractifs en bord de mer. • Valorisation écologique (énergies renouvelables, espaces verts). • Dynamisation économique et culturelle.	• Érosion côtière, tempêtes, contraintes réglementaires. • Forte dépendance aux flux touristiques.

Tableau 10 : Analyse SWOT, Source : Auteurs.

2.5. Critiques du POS :

Le POS de Cherchell présente une planification rigide et dépassée. Il coupe la ville de son littoral, ignore le potentiel touristique, néglige les espaces publics et verts, et n'anticipe pas les besoins en stationnement. Ces lacunes compromettent la qualité de vie urbaine et freinent le développement durable de la ville.

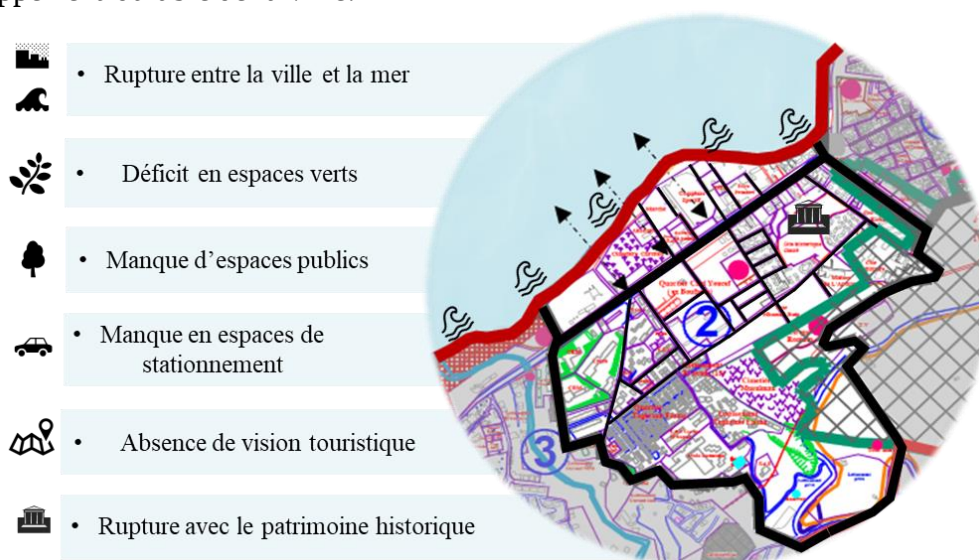


Figure 60 : Carte de POS U2, Source : pos cherchell.

- **Réglementation Urbanistique – POS U2-**

- **POS : U2**

- **CES (Coefficient d'Emprise au Sol) :**

La densité des constructions à implanter devra être telle qu'elle laisse au sol suffisamment d'espace libre pour aménager des espaces plantés. Elle sera de :

Pour les équipements

- L'emprise au sol ne doit pas dépasser **50%** de la surface totale.

Le CES maximum fixé par le POS 2 (U2) est de = 0.6

Source : Règlement d'urbanisme PDAU Cherchell (Article 9)

- **COS (Coefficient d'Occupation des Sols) :**

Le coefficient d'occupation du sol COS est fixé par le plan d'occupation des sols approuvé (POS U2). Le maximum autorisé est de **1.7**

Source : Règlement d'urbanisme PDAU Cherchell (Article 14)

- **Hauteurs des constructions :**

Pour l'habitat ainsi que pour les équipements, la hauteur maximale autorisée est de R+4.

Toutes les constructions doivent être construites en conformité avec les règles parasismiques.

Source : Règlement d'urbanisme PDAU Cherchell (Article 10)

Synthèse : recommandations et principes urbains d'aménagement

La conception de l'aménagement urbain du projet repose sur des principes urbains visant une intégration harmonieuse dans le site, en valorisant ses atouts naturels, en facilitant les connexions avec le tissu urbain et en assurant une répartition fonctionnelle des espaces et des flux.

1. Espace vert : Aménagement d'un espace paysager en hauteur pour profiter de la vue sur la mer et créer un lien avec la nature.

2. Relation ville-mer : Intégration d'escaliers vers la plage et d'activités liées à la mer pour renforcer la connexion entre le projet et le littoral.

3. Stationnements : Séparation des parkings selon les fonctions (centre commercial, plage, espace vert) afin de répartir efficacement les flux.

4. Implantation du bâti : Positionnement des constructions au sud pour préserver les vues vers la mer et profiter du paysage montagneux au sud.

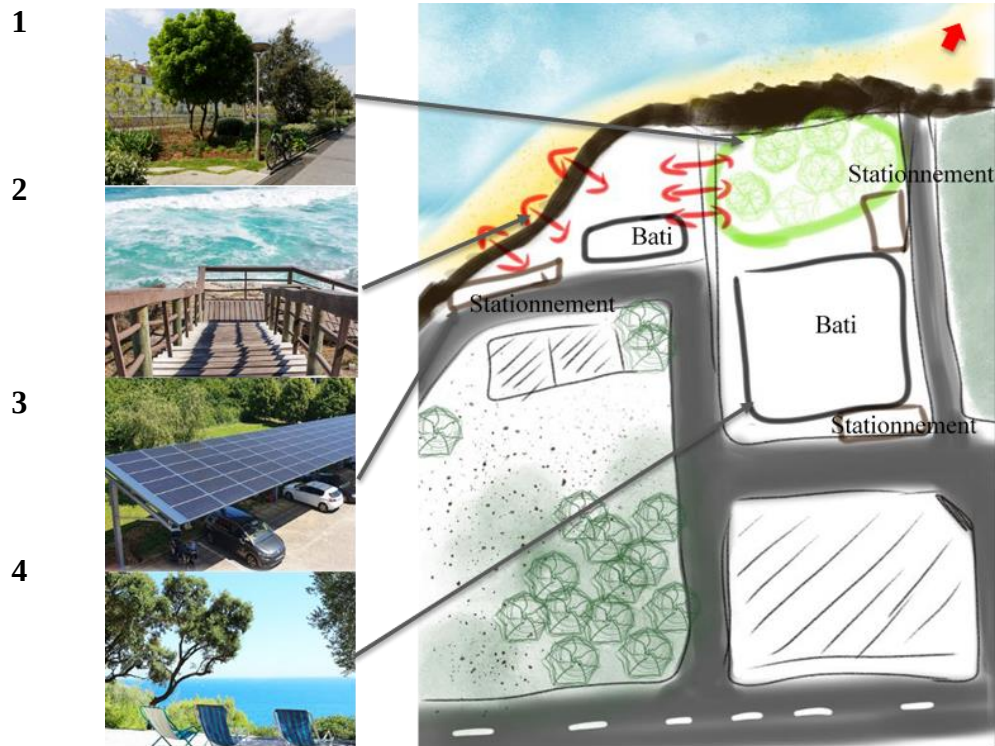


Figure 61 : Schéma d'affectation et d'occupation du site. Source: Auteurs

3. Analyse environnementale

3.1. Présentation du terrain :

3.1.1. Choix du site :

Notre projet s'implante dans la ville côtière de Cherchell, sur un site stratégique situé entre le centre historique, le littoral et les extensions urbaines contemporaines. Le site représente une occasion unique de reconnecter les fragments urbains, tout en répondant aux enjeux historiques et climatiques du territoire.



Figure 62 : Carte de localisation de site , Source: printmaps.

3.1.2. Localisation et contexte :

le terrain est situé en bord de mer à Cherchell, à proximité d'un complexe sportif, d'un abattoir et d'un cimetière chrétien. Il bénéficie d'une vue dégagée sur la mer.

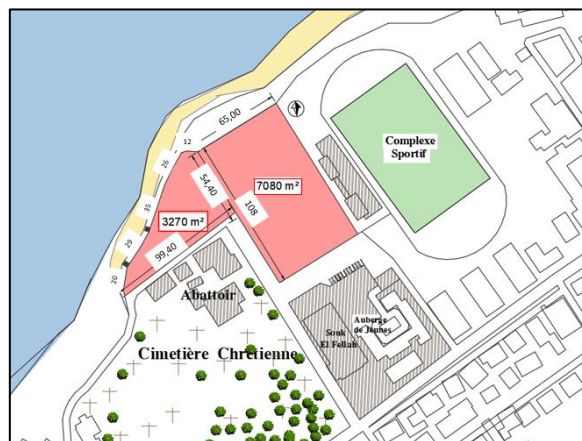


Figure 63 : Localisation de site, Source : pdau Cherchell et traité par l'auteur.

3.1.3 Dimensions et organisation spatiale :

Notre terrain a une forme irrégulière, avec une partie large et rectangulaire (zone 1) et une partie plus étroite vers l'ouest (zone 2).

- **Zone 1** : Superficie de 7080 m²
- **Zone 2** : Superficie de 3270 m²
- **Superficie totale** : 10 350 m²



Figure 64 : Dimensions de site, Source : pdeau cherchell et traité par l'auteur.

- Il existe une différence de niveau

de 4 mètres entre les deux zones, ce qui peut influencer l'aménagement et la circulation entre les espaces.

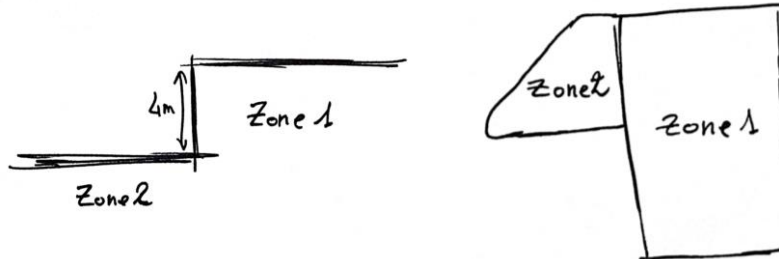


Figure 65 : Morphologie de site, Source : Auteurs

3.1.4 Environnement immédiat :

Le site se situe dans un environnement urbain riche et contrasté, marqué par la proximité de la mer, d'équipements éducatifs et sportifs, de zones résidentielles variées, ainsi que d'un cimetière et d'une auberge de jeunes. Sa position stratégique, renforcée par l'accessibilité via la RN11, en fait un lieu à fort potentiel, nécessitant une approche architecturale sensible et adaptée à la diversité des usages environnants.



Figure 66 : Carte de l'environnement immédiat du site. Source : Auteurs.

3.2. Analyse climatique :

3.2.1. Analyse climatique à l'échelle de la ville :

Température mensuelle

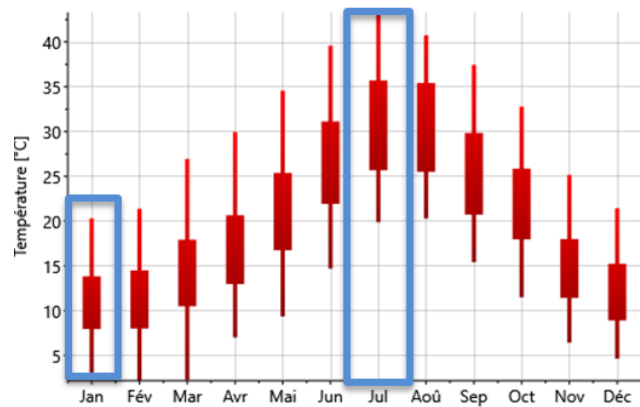


Figure 67 : diagramme durée d'insolation à Cherchell, Source : Meteonorm8.

-La température varie entre un maximum de 36°C au mois de juillet, et un minimum de 8°C au mois de janvier.

Vents

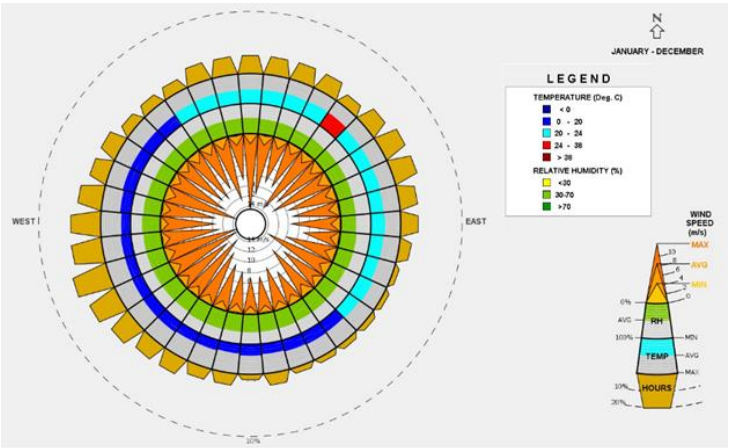


Figure 70 : Rose des vents de la ville de Cherchell ,Source : climate consultant6.0

-Les vents dominants soufflent en direction de l'Ouest et Nord-Est, avec une vitesse maximale de 8m/s, et une vitesse minimale de 4m/s. La région se caractérise par une humidité relative qui varie entre 30% et 70%.

Durée d'insolation

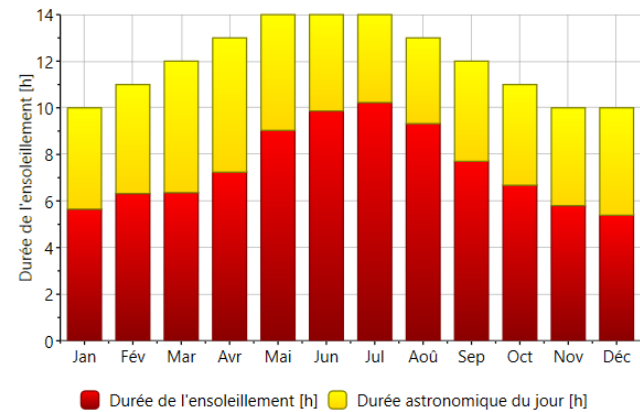


Figure 68 : diagramme durée d'insolation à Cherchell, Source : Meteonorm8

-La ville de Cherchell bénéficie d'un bon ensoleillement. En été, la durée d'insolation atteint son maximum, s'élevant jusqu'à 10 heures par jour, tandis qu'en hiver, elle ne dépasse pas les 6 heures.

Humidité

L'humidite est variée entre 60% et 90 % au mois d'hiver, et entre 40 % et 80 % au mois d'ete .

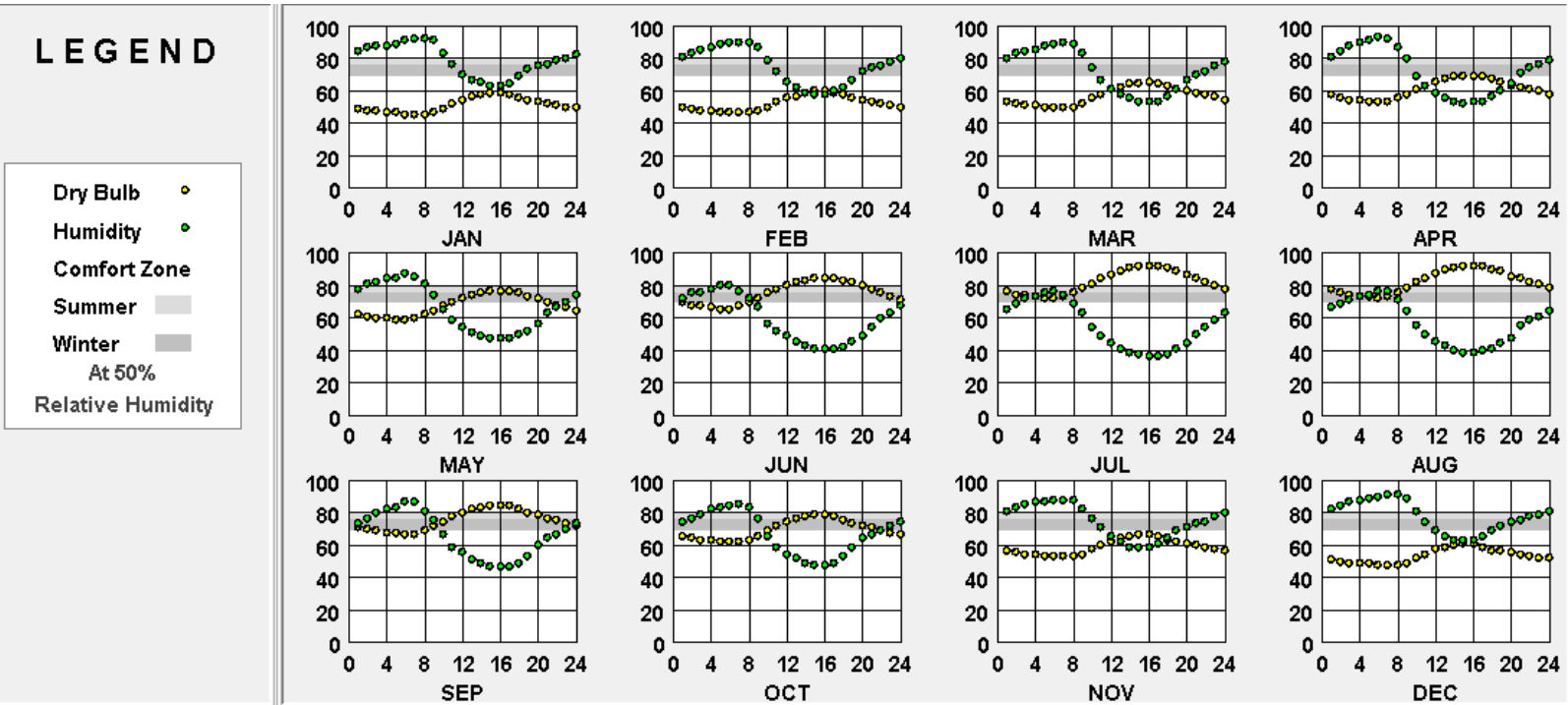


Figure 71 : L'humidité de la ville de Cherchell , Source : méteonorm8 .

Précipitations

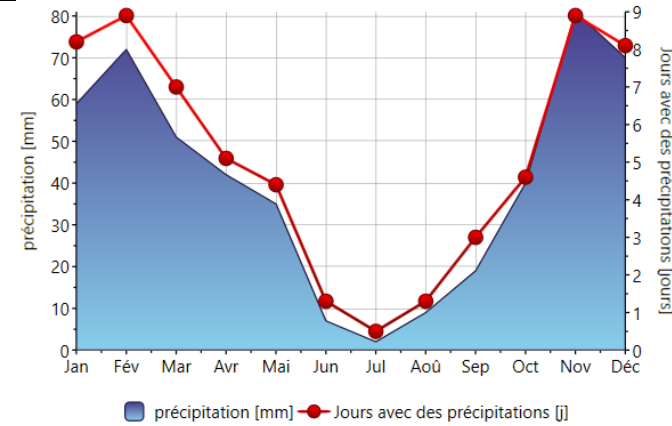


Figure 69 : diagramme de la précipitation à Cherchell, Source : Meteonorm 8.

-La pluviométrie est d'environ neuf mois par an. La quantité de précipitations atteint son maximum au mois de février avec 73mm (9 jours), tandis que le minimum est enregistré au mois de juillet avec 5mm seulement.

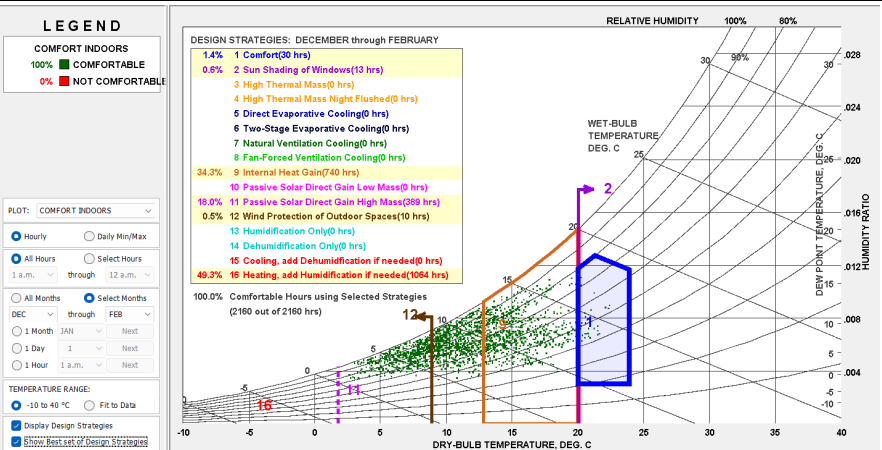
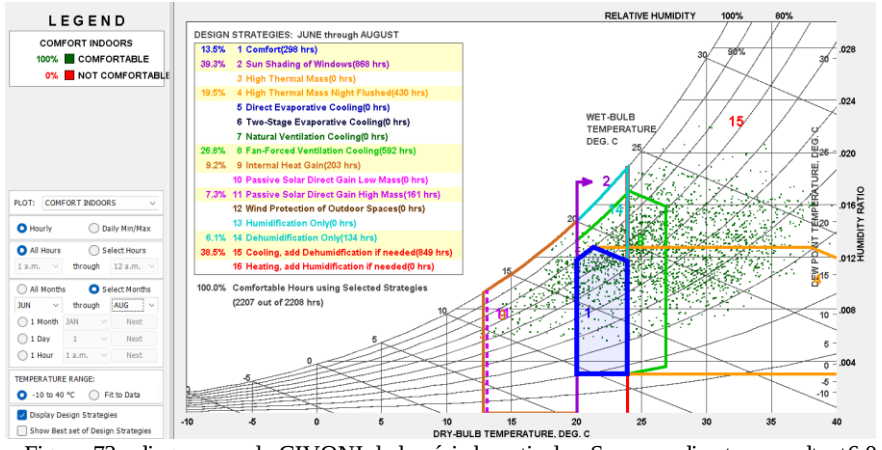
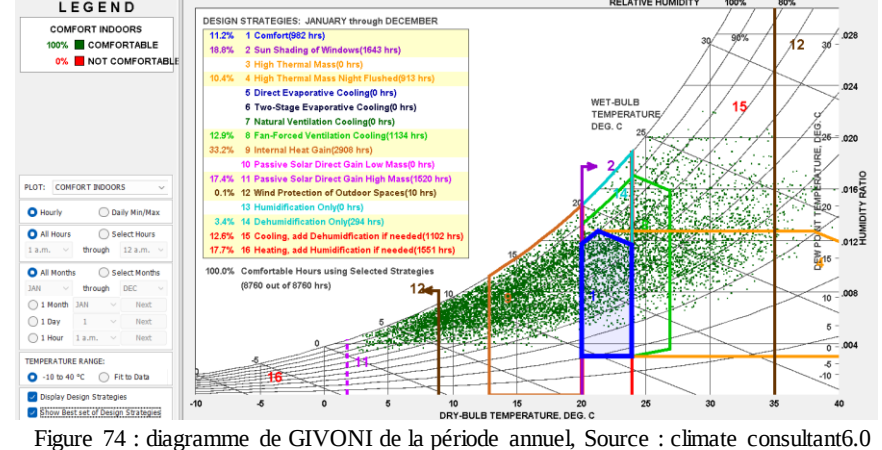
Analyse bioclimatique en utilisant le diagramme psychométrique (szokolay)		
Analyse énergétique par le diagramme de GIVONI de la période hivernale	Pendant les trois (3) mois d’hiver (Décembre, Janvier, Février), les techniques passives ne fournissent que 51% de confort. Pour atteindre un confort total de 100%, il est nécessaire d'utiliser 49% de solutions actives, en particulier un système de chauffage qui fournit 1064 heures de chauffage.	 Figure 72 : diagramme de GIVONI de la période hivernale, Source : climate consultant6.0
Analyse énergétique par le diagramme de GIVONI de la période estivale	Pendant les trois (3) mois d'été (Juin, Juillier, Aout), les techniques passives offres 61% de confort tandis que les techniques actives offrent 39% de confort grâce notamment à un système de climatisation qui fournit 849 heures	 Figure 73 : diagramme de GIVONI de la période estivale , Source : climate consultant6.0
Analyse énergétique par le diagramme de GIVONI de la période annuel	En considérant les besoins annuels en termes de pourcentage et heures de confort, on constate que les techniques passives ne fournissent que 70% de confort. Pour atteindre le confort optimal (100%), il est nécessaire de recourir à des techniques actives (30%). Le système de climatisation représente 12.6% et offre une durée de fonctionnement de 1102 heures. Le système de chauffage représente 17,7% et fonctionne pendant 1551 heures.	 Figure 74 : diagramme de GIVONI de la période annuel, Source : climate consultant6.0
Synthèse	En général, le confort thermique peut être assuré à hauteur de 70 % grâce à des techniques passives tout au long de l’année. Toutefois, ces dernières restent insuffisantes pendant les périodes climatiques extrêmes, en particulier en hiver, où le recours aux techniques actives devient indispensable. Strategies actives : - Chauffage (49% hiver) - Climatisation (39% été)	

Tableau 11 : Analyse climatique de la ville de Cherchell, Source : Auteurs.

3.2.2. Analyse climatique à l'échelle du site et de l'environnement immédiat :

A / Vents dominants :

- **Vents froids** : viennent du nord-ouest (mer) : typiques des vents marins humides et frais.
- **Vents frais** : du nord et nord-est : probablement les brises de mer ou vents de nuit qui peuvent rafraîchir les constructions.
- **Vents chauds** : du nord-est : vents continentaux (type sirocco), secs et chauds, surtout en été.

B / Ensoleillement :

- Le site bénéficie d'un bon ensoleillement tout au long de la journée, avec une exposition sud bien dégagée.



Figure 75 : carte de l'analyse climatique du site. Source : Auteurs.

Synthèse : Stratégies climatiques :

Stratégies climatiques	
A l'échelle urbaine Revêtements perméables Le diagramme illustre le processus d'infiltration de l'eau à travers un revêtement poreux vers le sol sous-jacent. La photo montre des pavés intercalaires végétalisés. Les revêtements de sol perméables sont constitués de matériaux formant une couche poreuse. Ils permettent l’infiltration des eaux pluviales vers le sol sous-jacent, ainsi que l’évapotranspiration et le ralentissement de l’eau de ruissellement excédentaire.	A l'échelle architectural Les toitures vertes Une toiture verte, ou toit végétalisé. Il améliore l'isolation thermique, gère les eaux pluviales, filtre l'air, augmente la biodiversité et prolonge la durée de vie du toit. Une toiture verte, ou toit végétalisé. Il améliore l'isolation thermique, gère les eaux pluviales, filtre l'air, augmente la biodiversité et prolonge la durée de vie du toit.
Le jardin de pluie Le schéma illustre le processus de collecte, de filtration et de stockage de l'eau dans un jardin de pluie. Les légendes indiquent : Gestion des eaux pluviales, Réduction des inondations, Apport de surface de verdure, surfaces imperméables, Collecteur, Zone de filtration, Stocker, Eau des égouts, Ruissellement, Evapotranspiration. Le jardin de pluie est une zone aménagée pour recueillir et filtrer naturellement les eaux pluviales. L'eau est dirigée vers le jardin, passe à travers des couches de sol, sable et gravier, et s'infiltre lentement. Cela réduit le ruissellement, élimine les polluants et recharge les nappes phréatiques.	Les atriums centraux Un atrium central moderne avec des escaliers et des plantes. Les atriums centraux permettent une ventilation naturelle en agissant comme des cheminées centrales. L'air chaud monte et s'échappe par le haut, attirant l'air frais par les ouvertures inférieures. Cela régule la température intérieure, améliore la qualité de l'air et apporte de la lumière naturelle, créant un environnement agréable et sain.
Zones d'ombre et espaces verts Un espace vert urbain avec des arbres et des bancs. Les espaces verts et zones d'ombrage améliorent le confort thermique, purifient l’air, réduisent le stress et renforcent l’attractivité du projet tout en favorisant la biodiversité et la durabilité.	Les coursives ventilées Une coursive ventilée avec une structure métallique et des panneaux transparents. Les coursives ventilées facilitent la circulation de l'air frais, améliorent la qualité de l'air et réduisent l'humidité. Elles maintiennent un confort thermique sans systèmes mécaniques, créant ainsi un environnement intérieur sain.
Barrières naturelles Deux photos montrant des haies et des arbres utilisés comme barrières naturelles. Utilise des arbres et des haies pour créer des barrières naturelles qui peuvent adoucir l’aire et réduire la vitesse du vent et protéger les zones sensibles	Les puits de lumière ventilés Un puits de lumière ventilé sur un toit plat. Les puits de lumière ventilés apportent de la lumière naturelle et une ventilation efficace en évacuant l'air chaud par le toit. Ils réduisent les besoins en éclairage artificiel et en climatisation, créant un environnement intérieur confortable et énergétiquement efficient.

Tableau 12 : les stratégies climatique, Source : Auteurs.

3.3. La mobilité douce :

- **Éloignement par rapport aux voies mécaniques** : Un recul est prévu à l'entrée principale pour éloigner les véhicules et instaurer une transition douce vers les espaces piétons.
- **Limitation de circulation mécanique** : La circulation mécanique est limitée à une voie d'accès unique située à l'est du site.
- Le parking est placé en limite de terrain, empêchant toute circulation motorisée à l'intérieur de la parcelle.
- Aucune voie mécanique ne traverse le site, garantissant la sécurité et la tranquillité des usagers.
- Un réseau de cheminements piétons est déployé dans l'ensemble du site, favorisant la marche et les déplacements écologiques doux.
- Les parcours sont pensés pour être accessibles, continus et agréables, intégrant du mobilier urbain, de l'ombre et du paysage.

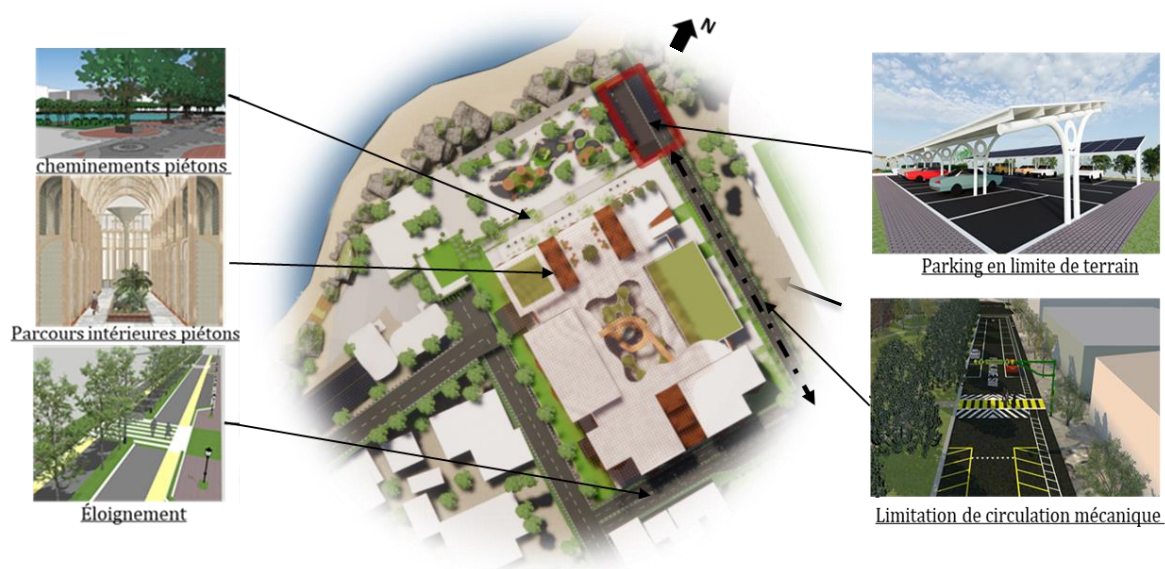


Figure 76 : Carte de la mobilité douce, Source : Auteurs .

3.4. La végétation :

Pour l'aménagement des espaces extérieurs nous avons choisie les arbres suivants :

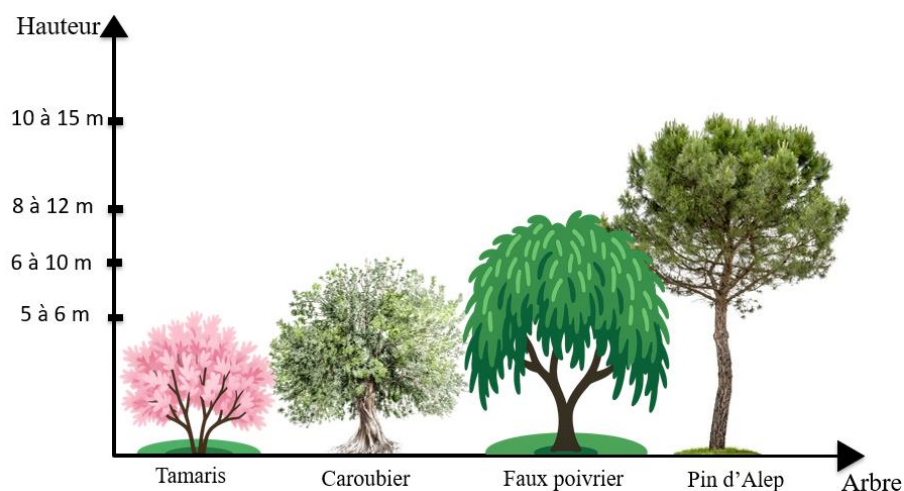


Figure 77 : Graphe des arbres utilisés, Source: Auteurs.

Arbre	Contre le vent	Ombrage	Qualité paysagère
Tamaris	Très efficace	Peu d'ombrage	Aspect vaporeux, floral
Ficus	Moyennement	Bon ombrage	Rustique, méditerranéen
Faux poivrier	Légère barrière	Très bon ombrage	Très décoratif
Pin d'Alep	Bonne protection	Ombrage modéré	Paysage forestier

Tableau 13 : Caractéristiques des arbres. Source : Auteurs

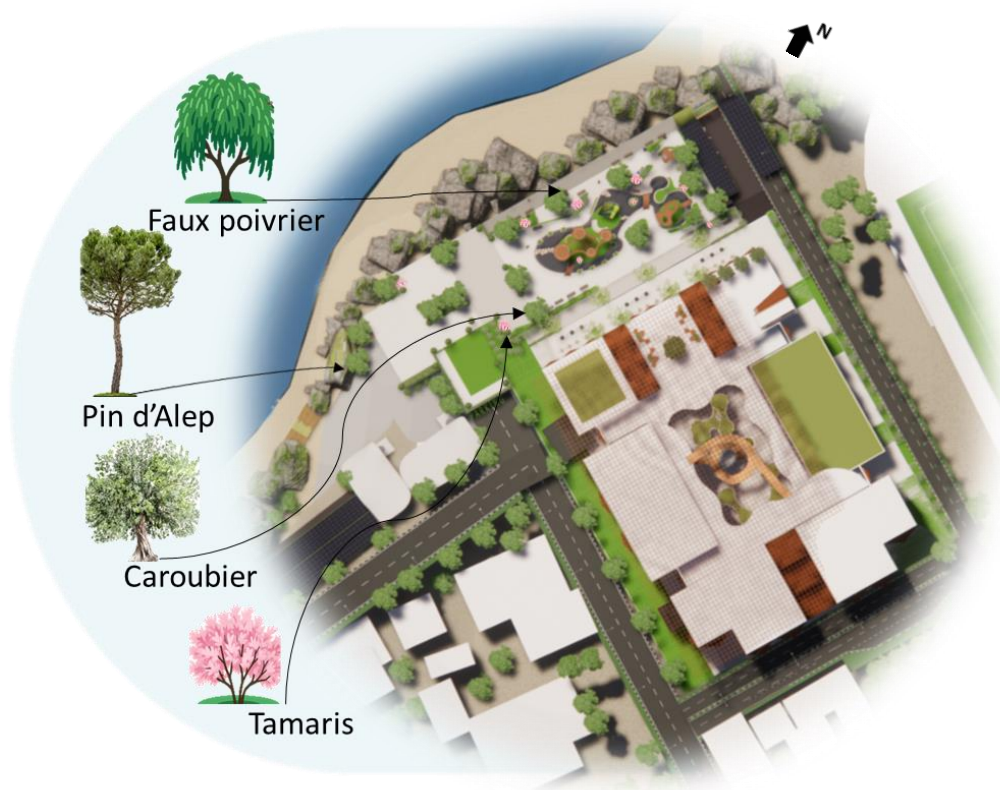


Figure 78 : Aménagement des espaces extérieurs, Source : Auteurs.

Plante	Hauteur	Caractéristiques
Lavande	0,3 – 0,7 m	Qualité paysagère, bordure, biodiversité
Asystasia gangetica	0,2 – 0,3m	Couverture du sol, qualité paysagère
Pâquerette	0,1 – 0,2	Couverture du sol, ornement floral
Iris	0,5 – 1 m	Qualité paysagère, fleur ornementale

Figure 14 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des arbres. Source : Auteurs.

3.5. Gestion des déchets :

La gestion des déchets dans le centre commercial repose sur un système de tri à la source, réparti stratégiquement entre l'atrium, les espaces de circulation, l'espace public extérieur et les zones de restauration.

Des poubelles de tri sélectif y sont installées pour encourager les usagers à séparer les déchets recyclables, organiques et non recyclables. Ces déchets sont ensuite acheminés vers une zone de collecte générale située en arrière-plan, facilitant le regroupement et le traitement. Un espace de compostage est intégré aux espaces verts pour valoriser les biodéchets issus des commerces de bouche, dans une logique de durabilité et d'économie circulaire. Ce dispositif vise à optimiser la logistique interne tout en sensibilisant le public à une gestion écologique des déchets.

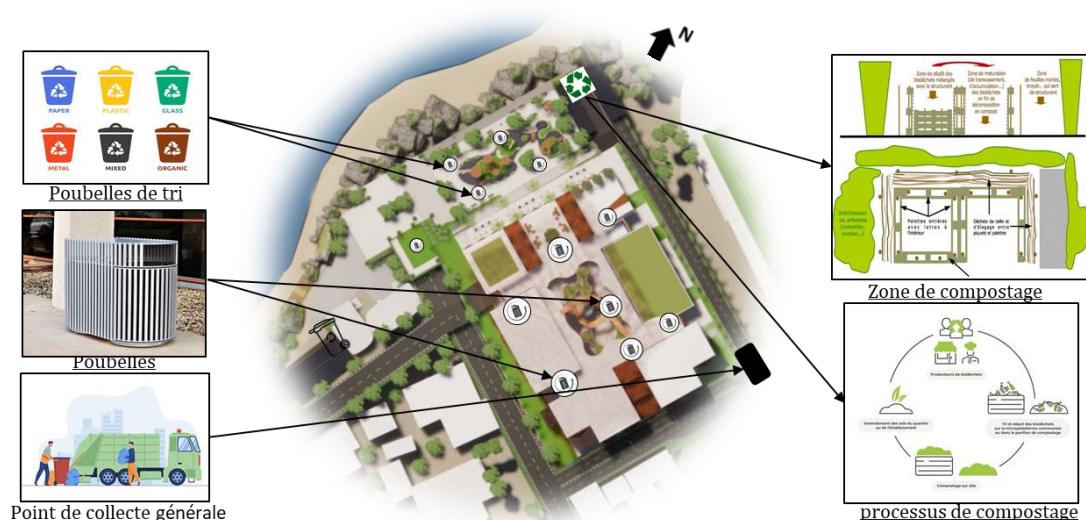


Figure 79 : Carte de gestion des déchets, Source : Auteurs.

3.6. Gestion des eaux pluviales :

À l'échelle urbaine :

L'utilisation des pavés alvéolés et le bassin de rétention :

Ce système gère les eaux pluviales en favorisant leur infiltration naturelle et leur stockage temporaire. Il associe des pavés alvéolés perméables à une sous-couche filtrante, complétés par un bassin végétalisé qui retient les excès d'eau et limite les risques d'inondation.

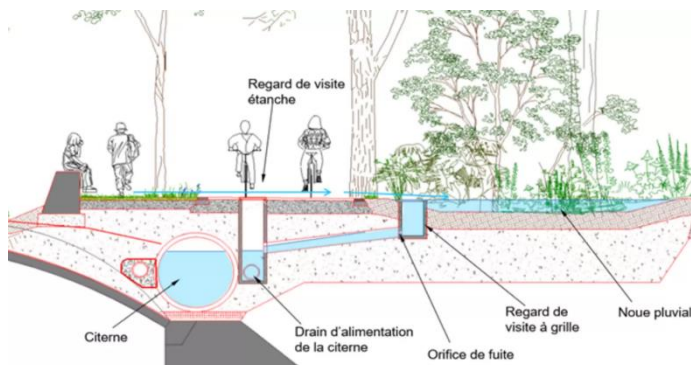


Figure 80 : Schéma explicatif du système de récupération des eaux pluviales par le bassin de rétention, Source : google image.

À l'échelle architecturale :

La toiture en forme d'entonnoir :

Un système de récupération des eaux pluviales grâce à la toiture en forme d'entonnoir qui canalise l'eau vers un système central de collecte. Celle-ci est ensuite stockée dans un réservoir souterrain et peut être utilisée pour des usages non potables comme l'arrosage, le nettoyage ou les sanitaires.

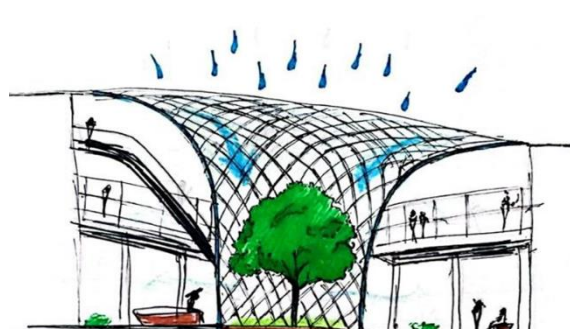


Figure 81 : Schéma montre le système de récupération des eaux pluviales par la toiture. Source : Auteurs.

Élément	Description	Matériaux / Détails
Toiture en entonnoir	Forme conique, concentrant l'eau vers un point central.	Bois traité.
Système de canalisation	Tuyauterie verticale avec pré filtrage.	PVC pression ou inox, filtre à panier/sédiment.
Réservoir souterrain	Stockage temporaire.	Cuve, béton préfabriqué ou fibre de verre
Système de pompage et distribution	Pour redistribution vers WC, arrosage, etc.	Pompe submersible automatique + électrovanne.
Affichage et contrôle	Capteur de niveau + tableau de contrôle.	Écran LED ou application mobile.

Tableau 15 : récapitulatif des éléments du système de récupération des eaux pluviales par la toiture. Source : Auteurs

Les toitures végétalisées :

Une toiture végétalisée est composée de plusieurs couches techniques superposées (végétation, substrat, drainage, étanchéité) qui permettent de gérer naturellement les eaux de pluie. Elle fonctionne selon quatre mécanismes principaux :

a) Absorption

La pluie tombe sur la surface végétalisée. Une partie de l'eau est absorbée par le substrat et utilisée par les plantes.

b) Rétention temporaire

Une autre partie est retenue temporairement dans les couches supérieures (végétation et substrat), ce qui permet de ralentir le ruissellement vers les réseaux pluviaux.

c) Évapotranspiration

Une partie de l'eau absorbée s'évapore naturellement par le substrat ou via la transpiration des plantes, réduisant ainsi la quantité d'eau évacuée.

d) Filtration & Écoulement contrôlé

L'excédent d'eau passe à travers une couche drainante et être filtré (polluants retenus) avant d'être redirigé lentement vers les canalisations.



Figure 82 : Couches d'une toiture végétalisée, Source : Dsdrenov.

3.7. Adaptation à la topographie :

Afin de s'adapter à la topographie du terrain, nous avons créé une plateforme intermédiaire permettant de relier la partie haute du terrain à la partie basse (dédié au parking), cette solution vise à exploiter la vue sur la mer tout en répondant aux besoins de projet.

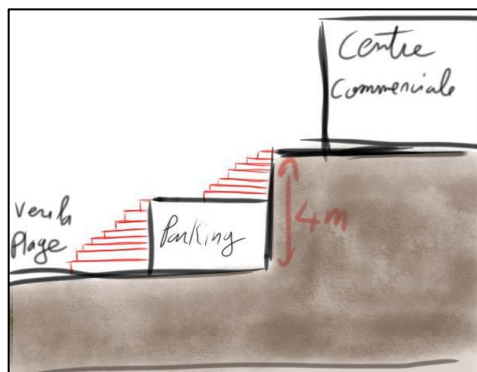


Figure 83 : Coupe explicatif de l'adaptation au terrain, Source : Auteurs.

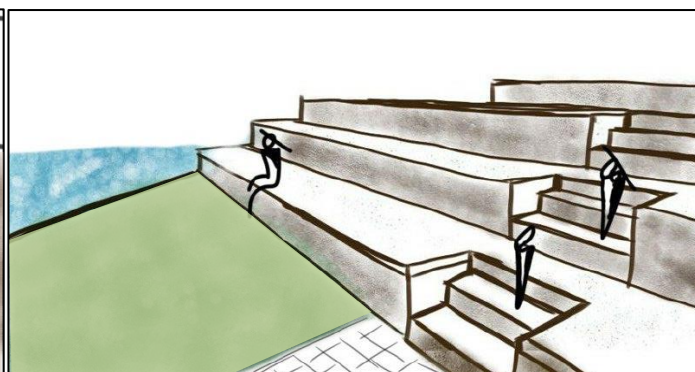


Figure 84 : Schéma des gradins de transition de la partie haute à la partie basse, Source : Auteurs.

4. Le projet architectural : Centre commercial

4.1. Logique fonctionnelle et concepts liés au programme :

4.1.1. Détermination des usagers :

Le centre commercial est conçu comme un espace dynamique et inclusif, destiné à répondre aux besoins d'une large diversité d'usagers. Il accueille à la fois les habitants locaux et les touristes et vacanciers attirés par la mer ou le patrimoine historique. Sa conception vise à offrir un lieu fonctionnel, convivial et accessible, favorisant les échanges sociaux et l'animation urbaine.

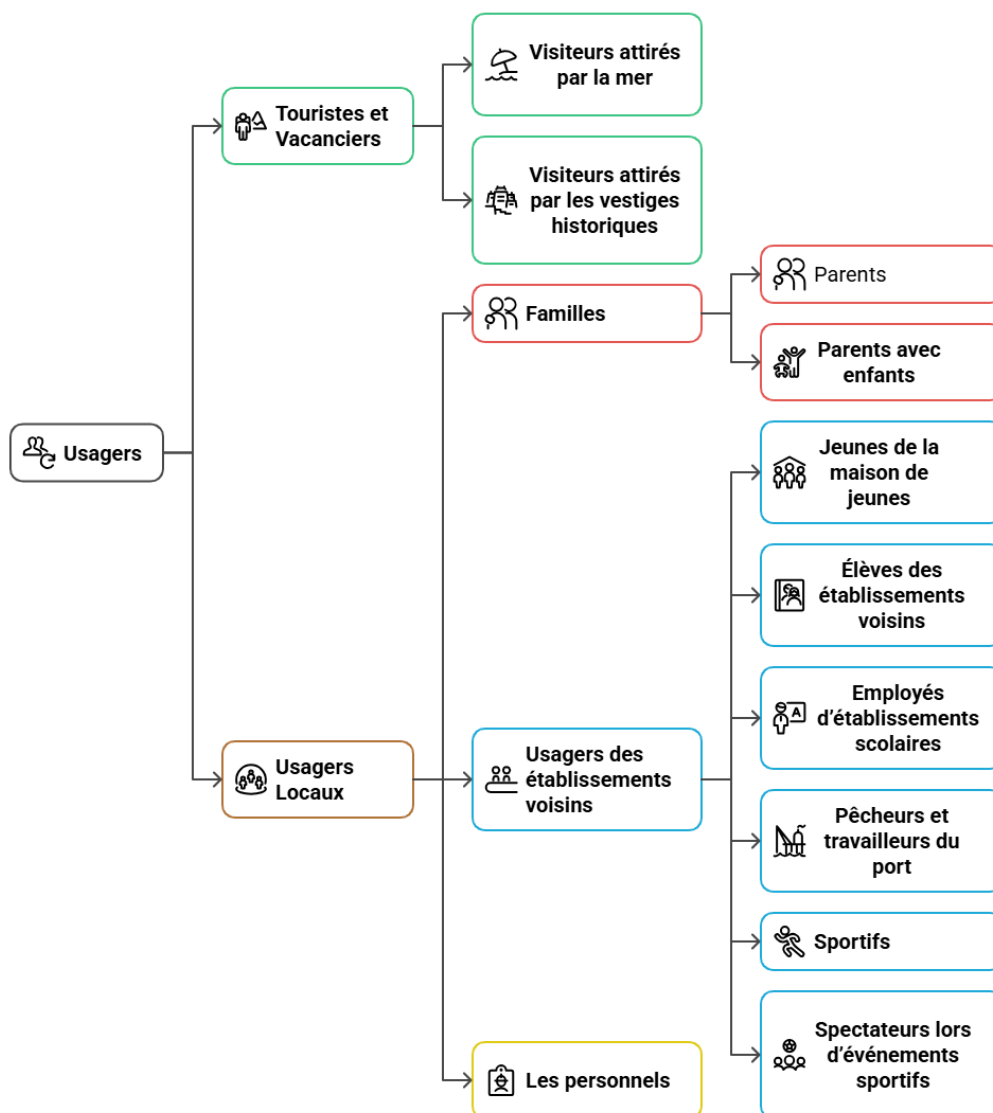


Figure 85 : Schéma des usagers du centre commerciale. Source : Auteurs.

4.1.2. Les besoins des usagers :

La conception d'un centre commercial doit répondre à quatre besoins essentiels : le commerce pour l'accès aux biens et services, la consommation via une offre variée de restauration, la détente à travers des espaces de repos agréables, et le loisir pour dynamiser et animer le lieu. Ensemble, ces fonctions assurent un espace attractif, fonctionnel et adapté à tous les usagers.

Les besoins

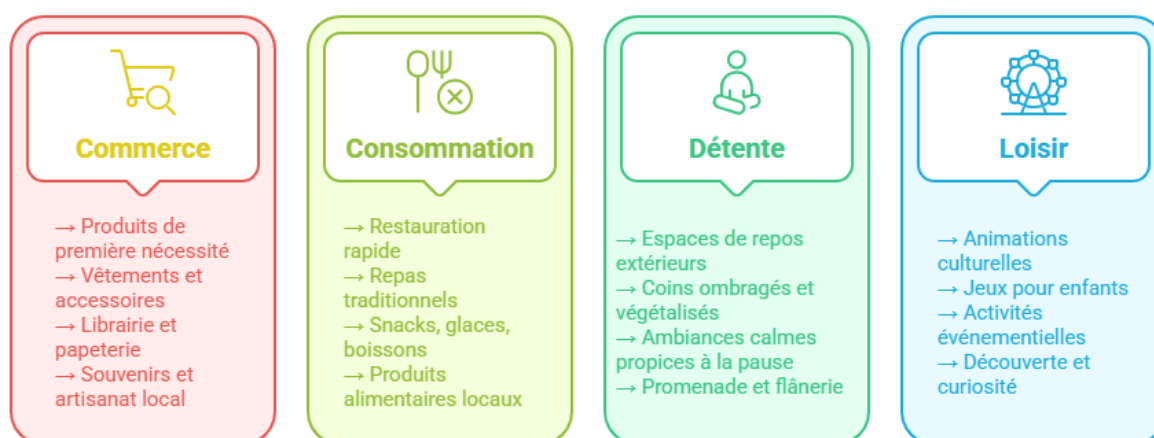


Figure 86 : Schéma des besoins des usagers, Source : Auteurs.

4.1.3. Les groupements fonctionnels :

Pour assurer le bon fonctionnement du centre commercial et répondre aux attentes des visiteurs, plusieurs fonctions principales ont été définies. Celles-ci se traduisent par des groupements d'espaces dédiés à des usages complémentaires : faire ses achats, se restaurer, se détendre ou se divertir. L'organisation autour des quatre grandes fonctions (Commerce, Consommation, Détente et Loisir) permet de structurer efficacement les activités du centre tout en garantissant une expérience fluide et agréable pour tous.

Fonctions mères	Groupements	Activités
Commerce	Produits de première nécessité	Acheter, s'approvisionner, satisfaire les besoins quotidiens
	Vêtements et accessoires	S'habiller, découvrir les tendances, se faire plaisir
	Librairie et papeterie	Lire, s'informer, s'équiper pour écrire ou dessiner
	Souvenirs et artisanat local	Découvrir la culture locale, offrir, collectionner
Consommation	Restauration rapide	Manger sur le pouce, se restaurer rapidement
	Repas traditionnels	Déguster, savourer, découvrir la gastronomie locale
	Snacks, glaces, boissons	Grignoter, se rafraîchir, faire une pause gourmande
	Produits alimentaires locaux	Acheter local, goûter, soutenir les producteurs
Détente	Espaces de repos extérieurs	Se reposer, contempler, se détendre
	Coincs ombragés et végétalisés	Respirer, se rafraîchir, se ressourcer
	Ambiances calmes propices à la pause	Lire, méditer, se retrouver
	Promenade et flânerie	Marcher, observer, se relaxer
Loisir	Animations culturelles	Se divertir, apprendre, s'émerveiller
	Jeux pour enfants	Jouer, interagir, développer la motricité
	Activités événementielles	Participer, célébrer, créer du lien social
	Découverte et curiosité	Explorer, s'informer, s'inspirer

Tableau 16 : Les fonctions mères, groupements et activités. Source : Auteurs

4.1.4. Organisation fonctionnelle:

Le projet s'organise autour de trois entités fonctionnelles complémentaires :

Entité commerciale : elle constitue un pôle économique essentiel du projet, accueillant diverses activités marchandes. Cette entité vise à animer le site, dynamiser les échanges et répondre aux besoins quotidiens des usagers à travers une offre commerciale variée.

Entité de loisir et détente : elle rassemble les espaces dédiés à la relaxation, aux activités récréatives et à la vie sociale. Ces espaces, pensés pour favoriser le bien-être et les interactions, incluent des zones de jeux, de repos ou de promenade.

Entité de formation : elle regroupe les espaces liés à l'apprentissage et à la transmission des savoirs, des ateliers éducatifs permettant aux usagers de se former dans un cadre adapté.

- Organigramme fonctionnel générale :

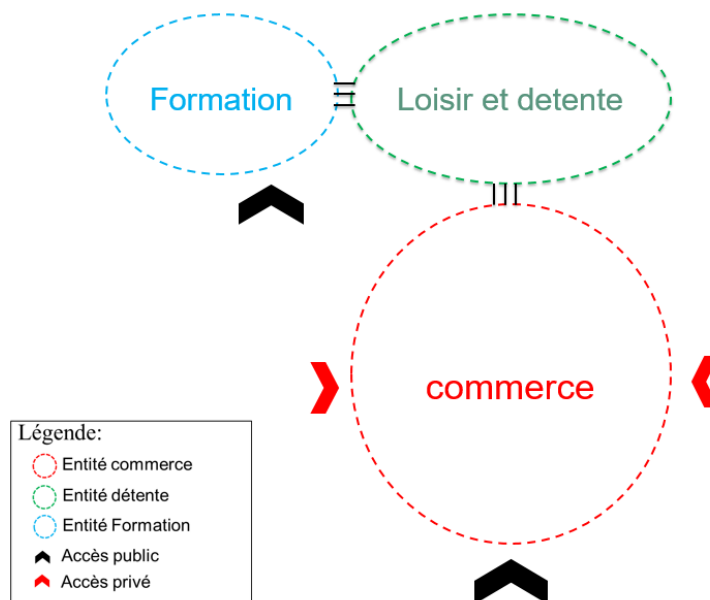


Figure 81 : organigramme fonctionnel générale, Source :Auteurs

- Organigrammes fonctionnel des niveaux :

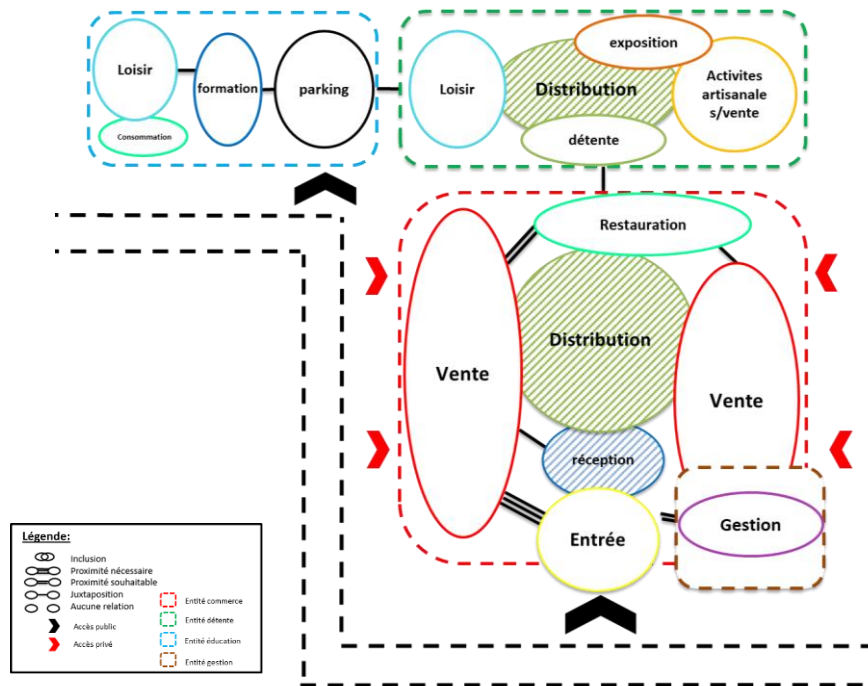


Figure 87 : organigramme fonctionnel RDC, Source : Auteurs.

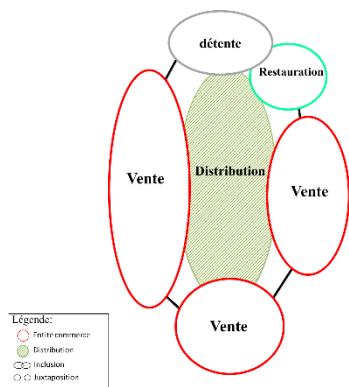


Figure 88: organigramme fonctionnel R+1, Source :Auteurs

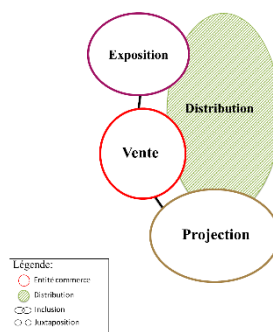


Figure 89 : organigramme fonctionnel R+2, Source :Auteurs

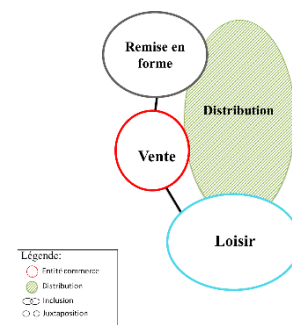


Figure 90 : organigramme fonctionnel R+3, Source :Auteurs

4.2. Organisation spatiale du projet :

L'organisation spatiale du centre commercial s'articule autour d'un atrium central, véritable cœur du projet, qui structure la circulation et favorise la lisibilité des espaces. Les boutiques et les magasins sont disposés en périphérie de cet atrium, répartis sur plusieurs niveaux, créant une dynamique fluide pour les usagers. Cette configuration permet non seulement une

orientation aisée et une visibilité directe des commerces, mais aussi une mise en valeur architecturale de l'espace intérieur grâce à des vues transversales et à un apport généreux de lumière naturelle. L'atrium fonctionne ainsi comme un espace fédérateur, stimulant la déambulation, la rencontre et l'attractivité commerciale.

- Organigrammes spatiales des niveaux :

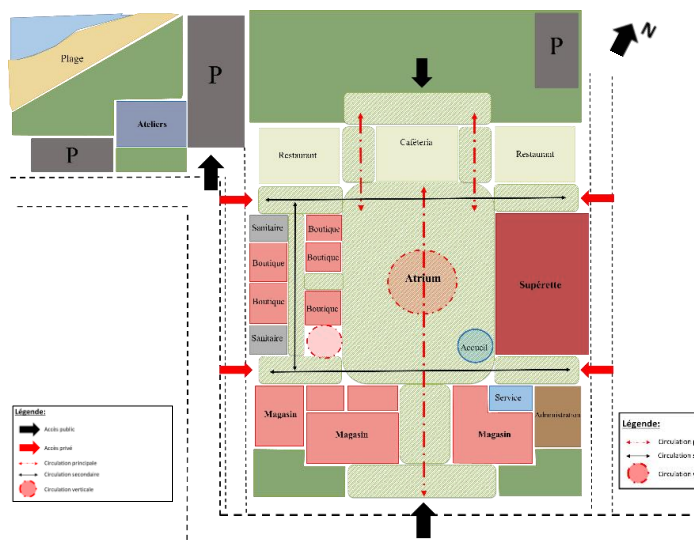


Figure 91 : organigramme spatiale RDC, Source : Auteurs.

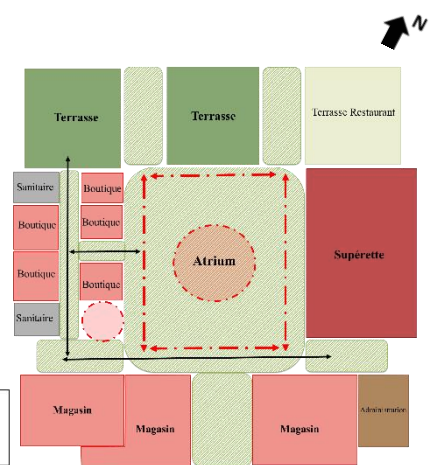


Figure 92 : organigramme spatiale R+1, Source : Auteurs.

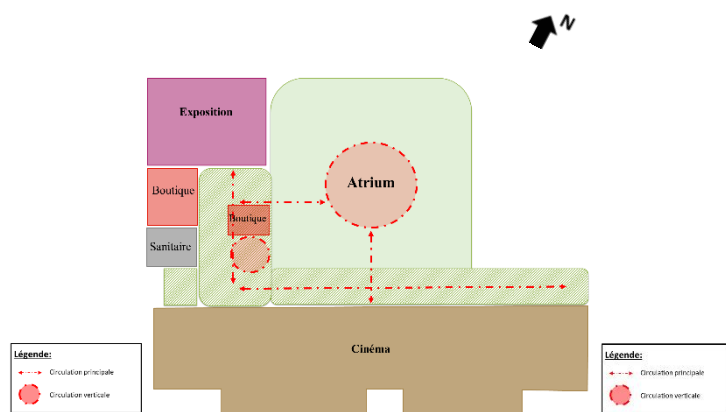


Figure 93 : organigramme spatiale R+2, Source : Auteurs.

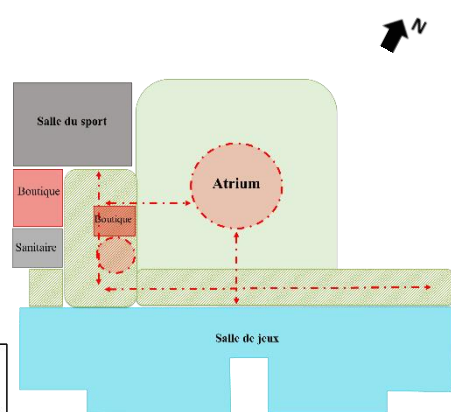


Figure 94 : organigramme spatiale R+3, Source : Auteurs.

- Circulation des espaces :

-La circulation du centre commercial s'organise autour d'un escalier central, situé au cœur de l'atrium, joue un rôle fonctionnel et structurant, en assurant la liaison entre les différents niveaux.

-Des halles de circulation rayonnent autour de cet escalier, facilitant l'accès aux différentes zones commerciales.

-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.

- Ce dispositif permet une visibilité optimale, une orientation intuitive et une bonne répartition des flux vers le centre du projet.

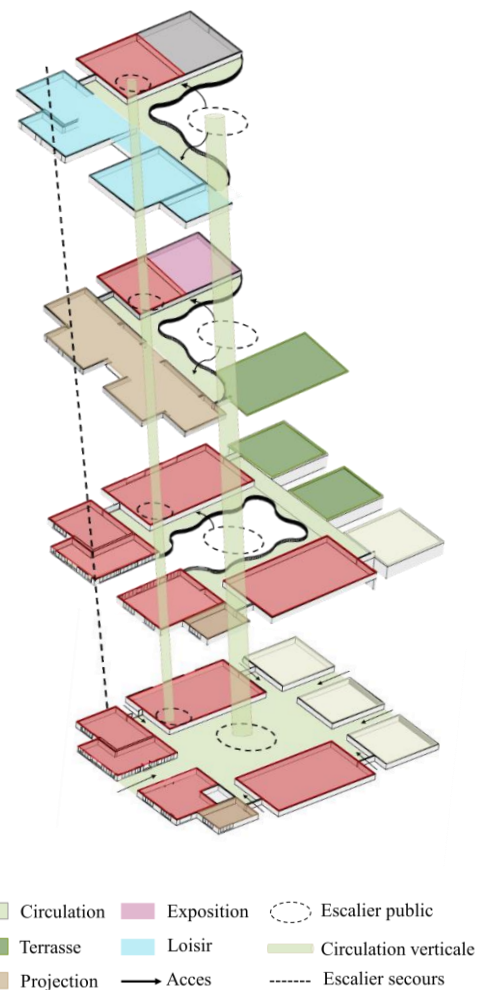


Figure 95 : Programme surfaciques, Source : auteur.

4.3. Concepts liés au site :

Le projet s'inspire de l'héritage antique de la ville de Cherchell, ancienne Césarée romaine. Et son position à côté de la mer.

Les forums romains :

En reprenant les principes d'organisation des **forums** romains, le projet s'articule autour d'une place centrale, élément structurant qui facilite circulation, la distribution des flux et la détente. Autour de cette place, les espaces commerciaux sont disposés de manière ordonnée, à l'image des **tabernae** alignées sous les portiques dans les forums antiques.

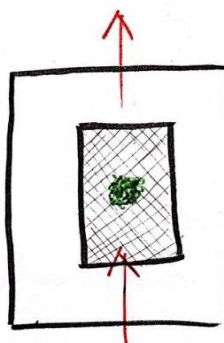


Figure 96 : esquisse qui représente l'idée la place centrale du projet, Source : Auteurs.



Figure 97 : Plan du forum romain. Source: <https://bdiidier.fr/traité> par les auteurs

La percée visuelle vers la mer :

Le volume du projet reprend le modèle des villas romaines en terrasses, implantées en bord de mer. Cette disposition permet de préserver des vues dégagées vers la mer depuis chaque niveau du bâtiment, créant ainsi une continuité visuelle forte avec le paysage marin.

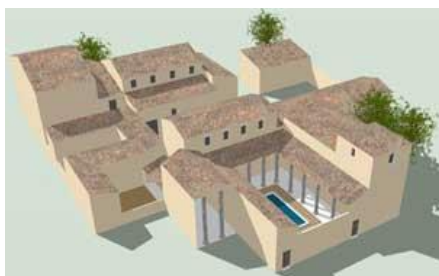


Figure 98 : vue en 3d de la villa romaine à côté de la mer, Source : Google image.

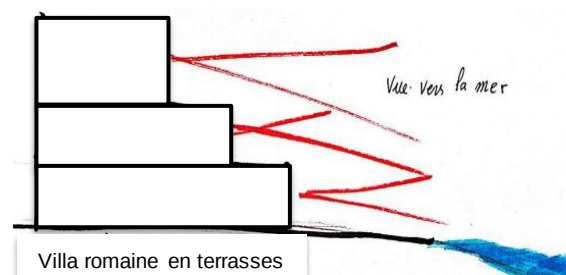


Figure 99 : Coupe mentant le principe des villas romaines. Source : Auteurs.

Le choix des accès et des espaces de stationnement :

L'accessibilité du site a été conçue en tenant compte de sa topographie, marquée par un dénivelé de 4 mètres. La partie haute est accessible par une voie en façade sud, menant directement à l'entrée du centre commercial, tandis que la partie basse est desservie par deux voies secondaires connectées à l'axe principal de la ville. Une voie mécanique a été ajoutée entre le centre commercial et le stade pour renforcer l'accessibilité.

Les zones de stationnement sont réparties stratégiquement en fonction des profils d'utilisateurs et de leurs destinations, dans le but de répartir les flux, d'optimiser les accès et de limiter les conflits entre piétons et véhicules.

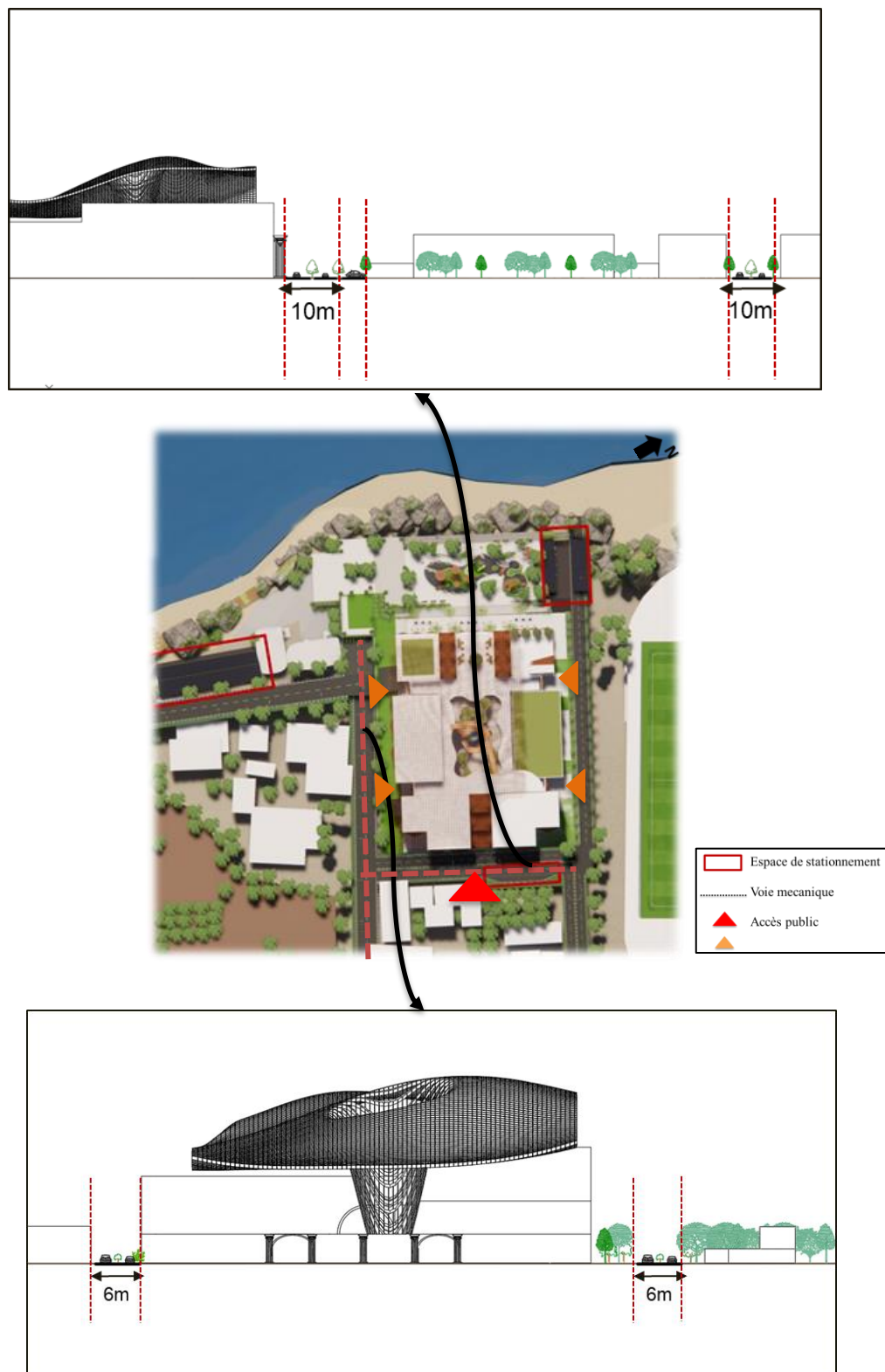


Figure 100 : Schéma qui montre l'accessibilité au site et les zones de stationnement. Source : Auteurs.

4.4. Concepts liés à des références architecturales :

a) Utilisation des précédents

plusieurs projets antérieurs expriment
L'intégration de la végétation à travers
un jardin atrium :

Cet espace végétalisé permet d'assurer
une connexion visuelle avec la nature,
l'éclairage naturel et la ventilation
naturelle.



Figure 101 : Atrium végétalisé. Source : Archdaily

<https://www.archdaily.com/985917/albert-einstein-in-education-and-research-center-safdie-architects>

b) Centre commerciale OASIS 365, DNA Architects

l'analogie par rapport à la nature :

Le projet s'inspire profondément des
formes naturelles, l'utilisation de formes
organiques, de motifs fluides et de
textures inspirées de la nature contribue
à créer un environnement sensoriel
riche, intuitivement apaisant pour les
humains.



Figure 102 : forme d'un arbre dans l'espace centrale du OASIS 365. Source : Archello

<https://archello.com/fr/project/oasis-365-ecuador>

4.5. Concepts liés à l'environnement physique :

4.5.1. Orientation du bâtiment

- Optimisation de la ventilation naturelle :

L'orientation nord-ouest permet de capter les vents frais et se protéger des vents chauds venant du nord est. Cette disposition favorise une ventilation naturelle efficace, réduisant ainsi le besoin en climatisation.

- *Valorisation de la vue et de l'environnement naturel :*

Le côté nord-ouest donne directement sur le littoral et les espaces verts aménagés. Cette orientation maximise la qualité des vues offertes aux usagers, favorisant une connexion visuelle et sensorielle avec l'environnement.

- *Lumière naturelle maîtrisée :*

Le nord-ouest offre un bon compromis entre ensoleillement et protection solaire. Contrairement au sud-est qui peut entraîner une surchauffe matinale, le nord-ouest permet de bénéficier de la lumière en fin de journée, période souvent plus utilisée dans les espaces de vie ou d'activités.

- *Intégration dans le site :*

L'orientation s'aligne avec l'implantation des voies d'accès et des aménagements paysagers, facilitant la circulation, l'accessibilité et l'intégration du bâti dans son contexte urbain et paysager.

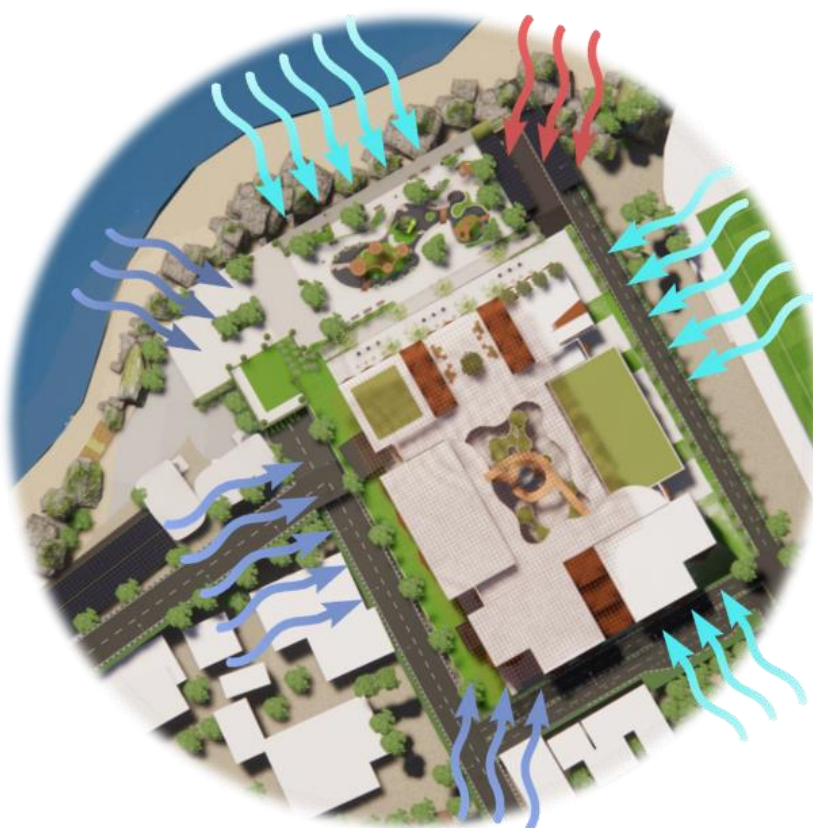


Figure 103 : L'orientation du bâtiment par rapport au vents dominants. Source : Auteurs.

4.5.2. Zonage thermique :

1. **Atrium central** : L'atrium agit comme un espace tampon thermique entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Il favorise la diffusion de la lumière naturelle et peut améliorer le confort thermique en régulant les échanges thermiques. En hiver, il peut capter et redistribuer la chaleur solaire, tandis qu'en été, une ventilation naturelle peut réduire la surchauffe.
2. **Couloirs** : Au nord, ces espaces moins exposés au soleil, peuvent servir de zones tampons froides.
3. **Boutiques** : au sud et à l'ouest, ces zones sont plus exposées au soleil, notamment l'après-midi pour l'ouest. Avec un contrôle solaire efficace (brise-soleil, vitrages performants) pour limiter les surchauffes estivales tout en profitant des apports solaires en hiver.
4. **Espace public au nord** : Comme les couloirs, cet espace est moins exposé au soleil direct, donc il peut bénéficier d'une isolation renforcée et d'une ventilation contrôlée pour maintenir un confort thermique stable sans surconsommation énergétique.

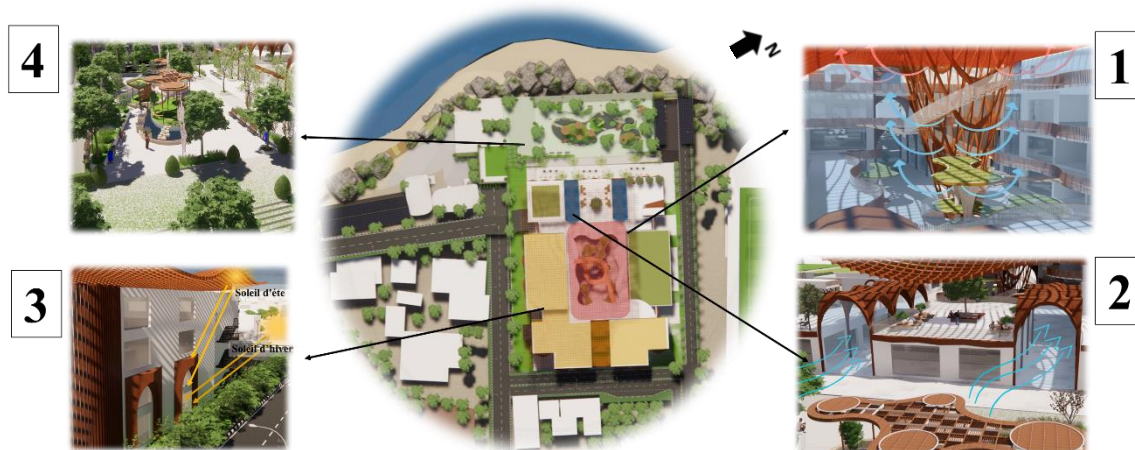


Figure 104 : Schéma de zonage thermique. Source : Auteurs.

4.5.3. Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle dans ce projet se fait grâce à l'atrium central qui joue le rôle de cheminée thermique. Ce fonctionnement repose sur le tirage thermique, où l'air frais entre par le bas du bâtiment, et se réchauffe en montant. L'air chaud s'échappe ensuite par le haut de l'atrium, grâce à la forme de la toiture en bois qui aide à créer un courant d'air vertical. Ce système permet de ventiler naturellement le bâtiment, en utilisant juste la différence de température et la forme architecturale.

Des ouvertures réglables en toiture peuvent s'ouvrir pour accélérer ou freiner l'extraction de l'air chaud.

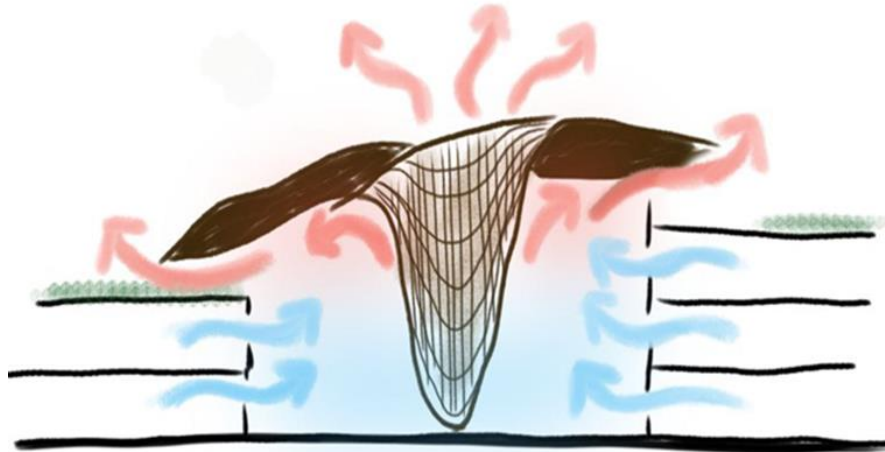


Figure 105 : Coupe schématique illustre le fonctionnement de la ventilation naturelle par l'atrium, Source : Auteurs

4.5.4. Éclairage naturel :

L'atrium agit comme un puits de lumière naturelle. Sa position centrale permet à la lumière du jour de pénétrer profondément dans le bâtiment, éclairant non seulement l'espace intérieur immédiat mais aussi les zones adjacentes grâce à la réflexion et à la diffusion de la lumière. Cela réduit significativement le besoin en éclairage artificiel durant la journée.

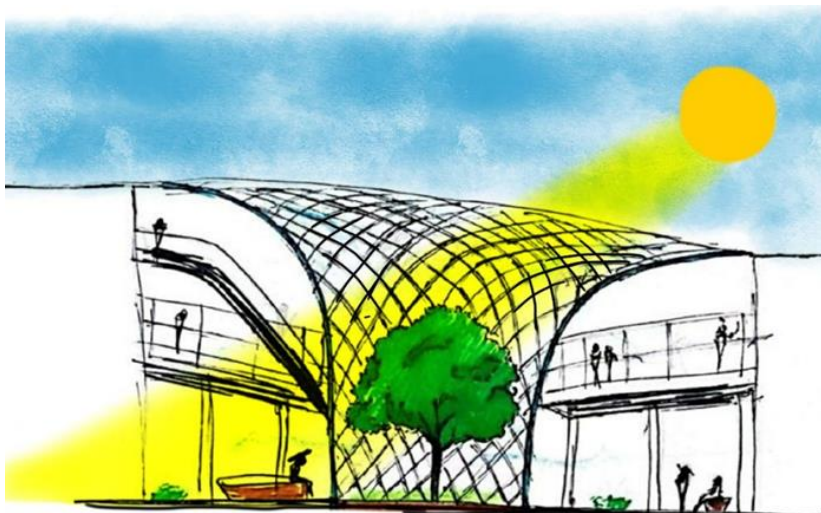


Figure 106 : Coupe schématique illustrant la pénétration du rayonnement solaire assurant l'éclairage naturel. Source : Auteurs.

4.5.5. Dispositifs d'ombrage :

Pour assurer l'ombrage, plusieurs dispositifs ont été intégrés : une toiture en bois lamellé-collé qui projette une ombre architecturale marquée, des panneaux verticaux en bois qui filtrent la lumière, ainsi que des brise-soleils positionnés stratégiquement afin de limiter les apports solaires directs tout en permettant une ventilation naturelle

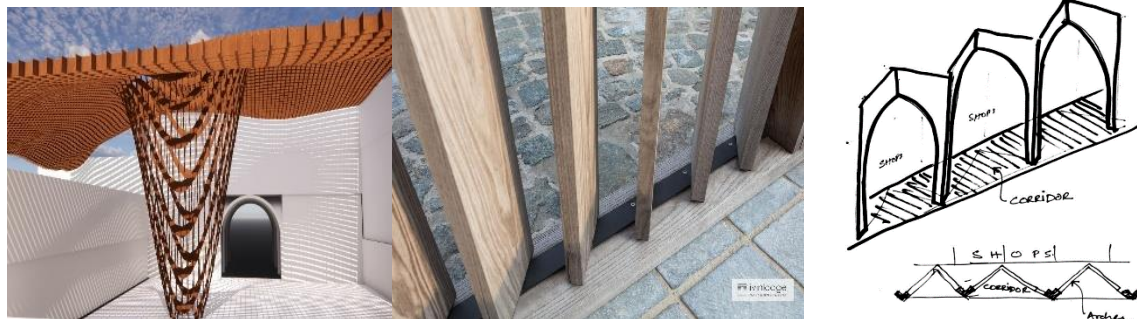


Figure 107 : Dispositifs d'ombrage, Source : Auteurs.

4.5.6. Matériaux écologique utilisés dans le projet :

Le projet intègre des matériaux écologiques soigneusement sélectionnés pour leur faible impact environnemental, leur disponibilité locale ou régionale, ainsi que leur performance thermique et structurelle. Ces matériaux contribuent à améliorer le confort des usagers tout en réduisant l'empreinte carbone du bâtiment.

Matériau écologique	Utilisation
Bois lamellé-collé	Structure (la toiture et les voutes)
Vitrage sélectif	Toiture
Béton recyclé	Dalles, fondations, voiles
Acier recyclé	Poteaux, poutres
Béton ciré écologique	Revêtement de sol (zones commerciales)
Linoléum naturel	Revêtement de sol (zones bureaux)
Aluminium recyclé	Fenêtres, portes, vitrages
Bois certifié FSC	Fenêtres, portes, vitrages

Tableau 17 : Les matériaux écologiques et leur utilisation dans le projet. Source : Auteurs

4.5.7. Intégration de la technologie des P.V :

Dans une démarche écoresponsable et innovante, On a intégré la technologie photovoltaïque à des emplacements stratégiques dans le projet :

Terrasse de parking :

Une centrale solaire a été employée sur la terrasse du parking construit, optimisant l'usage de cette surface horizontale pour maximiser la production d'énergie renouvelable.

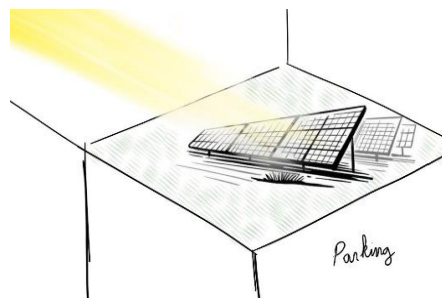


Figure 108 : Schéma d'utilisation de P.V. Source : Auteurs.

Espace de stationnement :

Des ombrières photovoltaïques ont été mises en place au-dessus des espaces de stationnement extérieurs, combinant protection des véhicules et génération d'électricité verte.

Cette double intégration renforce l'efficacité énergétique du site, réduit son empreinte carbone.



Figure 109 : photo des ombrières photovoltaïques, Source : Google image.

Dans la continuité de cette approche durable, l'éclairage public du centre commercial a été assuré par des lampadaires solaires autonomes. Alimentés par des panneaux photovoltaïques intégrés, ces équipements permettent un éclairage nocturne fiable sans recours au réseau électrique, réduisant ainsi la consommation énergétique tout en garantissant la sécurité des usagers.

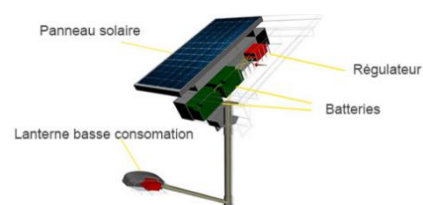


Figure 110 : Composants des lampadaires solaires, Source : Google image.

4.6. Genèse du projet :

Le projet naît de la volonté d'intégrer la nature au cœur de l'expérience commerciale à Cherchell, en s'appuyant sur :

Approche biophilique et climatique :

Le projet place la nature au cœur de la conception à travers un atrium végétalisé qui crée un microclimat naturel. Ce dispositif favorise la ventilation, l'éclairage naturel et le confort des usagers, tout en reconnectant l'homme au vivant.



Figure 112: outdoor atrium at Marina One, Singapore. Source: Life and arts

<https://www.ft.com/content/a7135c8a-1726-11e8-9c33-02f893d608c2>

Ancrage historique et réinterprétation du patrimoine :

L'atrium, entouré de boutiques, s'inspire de la place centrale du forum romain bordée de tabernae. Cette réinterprétation contemporaine valorise l'identité locale tout en s'inscrivant dans une démarche architecturale durable.

Croquis et esquisses :

Esquisse	Explication
----------	-------------

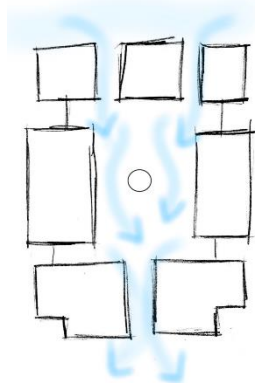


Figure 113 : Canalisation des vents frais. Source : Auteurs

Orientation des volumes pour guider les vents vers l'atrium, assurant la ventilation naturelle et le confort thermique.

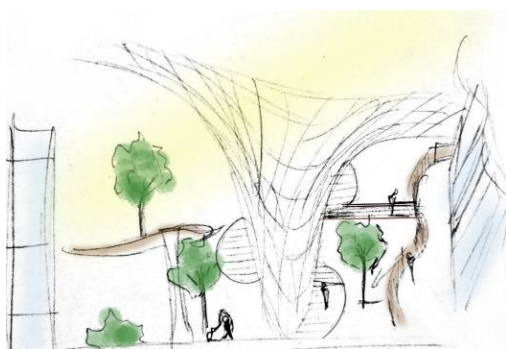


Figure 4 Perspective sur l'atrium. Source : Auteurs

L'atrium végétalisé, au cœur du projet, incarne le principe biophilique d'intégration de la nature à l'intérieur.

Les arbres, la lumière naturelle filtrée et l'escalier sculptural rappellent des formes organiques, offrant une expérience où architecture et nature coexistent harmonieusement.

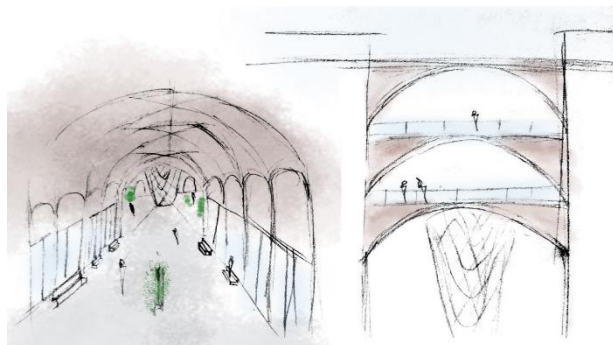


Figure 113 : Entrée principale (perspective et élévation). Source : Auteurs

L'entrée principale, marquée par une série de voûtes monumentales, évoque des formes naturelles comme les cavernes ou les canopées forestières, créant un sentiment de refuge.

La lumière tamisée, la végétation et les percées visuelles renforcent cette ambiance sensorielle et accueillante, tout en respectant l'échelle humaine et les principes de la biophilie.

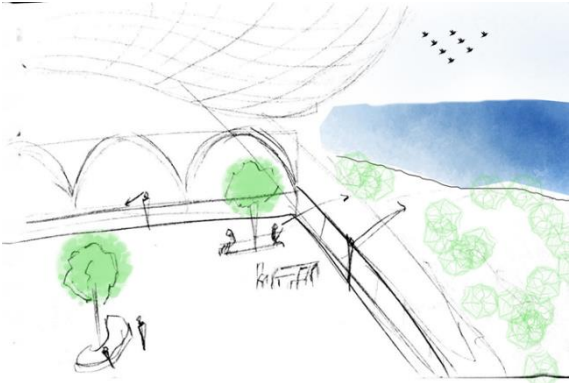
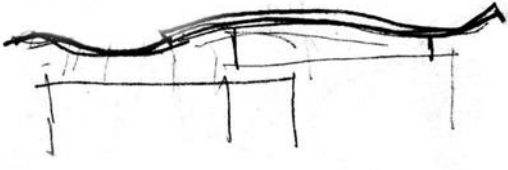
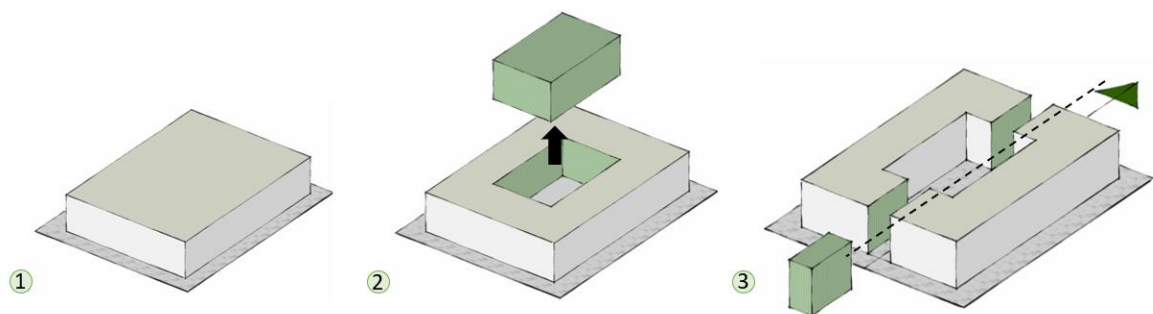
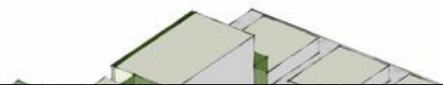
 Figure 114 : Connexion visuelle avec la nature. Source : Auteurs	Vues ouvertes sur la mer et les espaces verts pour renforcer le lien visuel et émotionnel avec l'environnement naturel.
 Figure 115 : Positionnement de la toiture. Source : Auteurs	Toiture avec une forme fluide inspirée de la nature, permettant lumière, ventilation passive et intégration d'éléments écologiques (eau, plantes).

Tableau 18 : Genèse du projet., Source : Auteurs

Développement de la forme :



Implantation du volume :	Création de l'atrium central :	Percée visuelle et canalisation des vents :
		
Marquer l'entrée principale : Des soustractions sont effectuées sur la façade principale afin de mieux identifier et valoriser l'entrée du projet. Ces retraits créent un jeu de pleins et de vides. L'entrée devient ainsi un élément fort, visible et accueillant dès l'approche du bâtiment.		Toiture fluide inspirée des vagues : Une toiture ondulante est déposée sur l'ensemble, s'inspirant du mouvement des vagues. Cette forme fluide donne un caractère dynamique au projet, tout en assurant une protection solaire et une cohérence formelle avec le contexte maritime.

4.7. Composition des façades :

La conception des façades a été pensée selon une organisation tripartite classique ; soubassement, corps et couronnement :

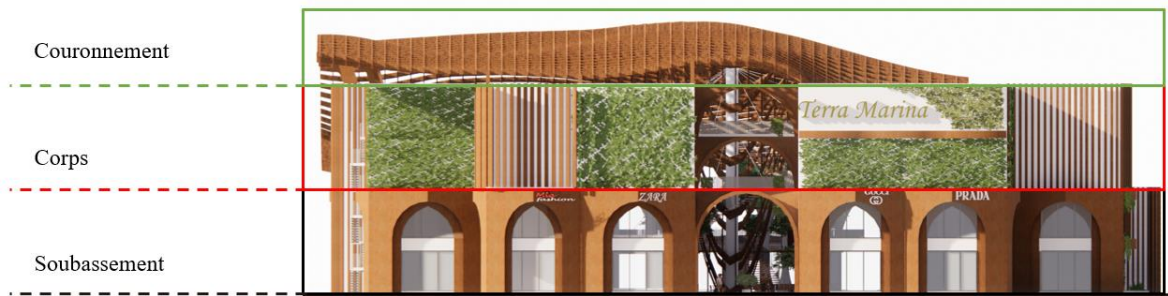


Figure 116 : Façade principale du projet. Source : Auteurs

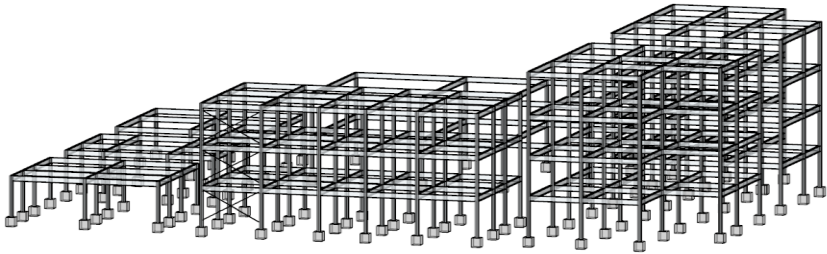
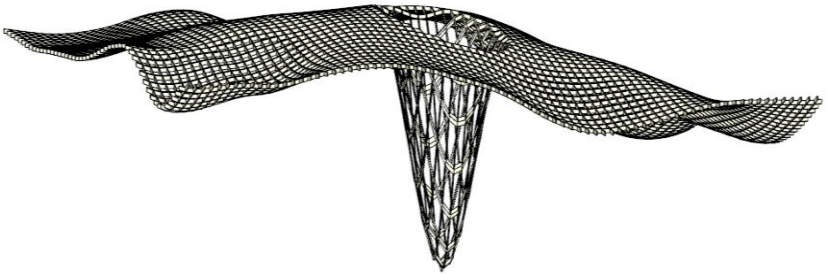
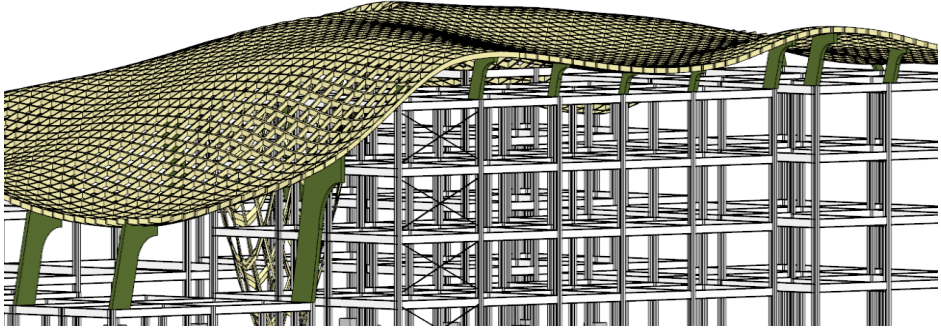
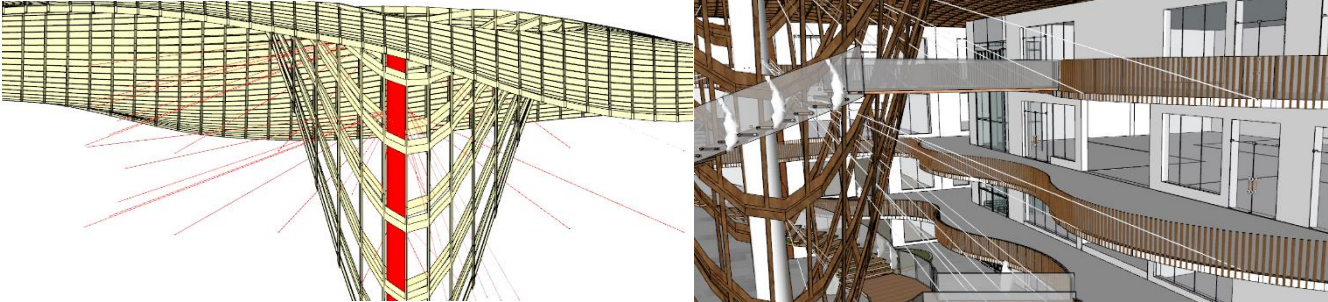
L'élément central de la façade : composé de voûtes en retrait, marque l'entrée principale du bâtiment. Il crée un point focal structurant, centralise la composition et rompt la régularité des arcades, affirmant ainsi une hiérarchie visuelle et fonctionnelle.

Soubassement	Corps	Couronnement
- Le soubassement est marqué par une série des arcs en plein cintre. - Langage formel : Le soubassement adopte un langage formel basé sur la répétition des arcs, créant un rythme régulier et structurant la base du bâtiment. - Inspiration :  Figure 115 : arcade du forum, Source : Google image. Arcs inspirés des arcades des forums romains	- Le corps est composé de volumes simples mais animés par la matière ce qui exprime l'identité biophilique du projet. - Langage formel : Un rythme d'alternance ; de murs végétalisés et panneaux en bois verticaux.	- La partie supérieure du bâtiment est marquée par une toiture ondulée. - Langage formel : La toiture apporte une dimension organique et fluide, en contraste avec les lignes orthogonales du socle et du corps. - Inspiration :  Forme fluide ondulée inspirée des vagues.

Tableau 19 : Composition de façade, Source : Auteurs

4.8. Système structurel et technologies constructives :

Tableau 20 : Système structurel et technologies constructives, Source : Auteurs

Elément	Système structurel
 Figure 116 : Modèle 3d de la structure poteaux-poutres. Source : Auteurs	Structure métallique en poteaux-poutres : La structure principale en acier, de type poteaux-poutres, constitue l’ossature de base du bâtiment. Elle assure une répartition stable des charges verticales et constitue un socle fiable pour accueillir les éléments supérieurs, notamment la toiture.
 Figure 117 : Modèle 3d de la toiture. Source : Auteurs	Structure tridimensionnelle en bois lamellé-collé : La toiture en bois lamellé-collé adopte une géométrie libre complexe, reposant sur une structure réticulée tridimensionnelle. Le bois lamellé est choisi pour sa résistance élevée à la flexion, sa légèreté relative, et sa durabilité en environnement contrôlé. Cette toiture est conçue pour conserver une grande portée sans appuis intermédiaires. Les zones de raccordement entre la toiture et les supports en acier vert seront également réalisés en acier, afin d’assurer une connexion rigide, résistante et durable. Cette transition matériau est essentielle pour éviter les déformations et garantir la bonne tenue de la toiture sous charges dynamiques (vent).
 Figure 8 : Eléments structurels de jonction de la toiture au socle, Source : Auteurs	La jonction de la toiture avec la structure en poteaux-poutres : Les éléments en acier vert sont indispensables : ils supportent la toiture en reprenant les charges vers la base du bâtiment. Leur forme et leur placement renforcent la résistance latérale et contribuent à la lecture architecturale du projet.
 Figure 9 : Structure suspendue à câble – à mât central. Source : Auteurs	Structure tendue : Le système suspendu par câbles et pilier central est fondamental pour réduire les points d’appui et alléger visuellement la structure. Il assure une répartition efficace des efforts tout en créant un espace ouvert. Les câbles travaillent en traction, ce qui est le mode d’effort optimal pour l’acier, tandis que le pilier central agit comme élément de compression et de stabilisation. Ce dernier est légèrement incliné afin de répartir les efforts de manière directionnelle vers la base, tout en absorbant les composantes horizontales induites par la dissymétrie des charges (les balcons d’un seul côté, ou escalier en spirale).

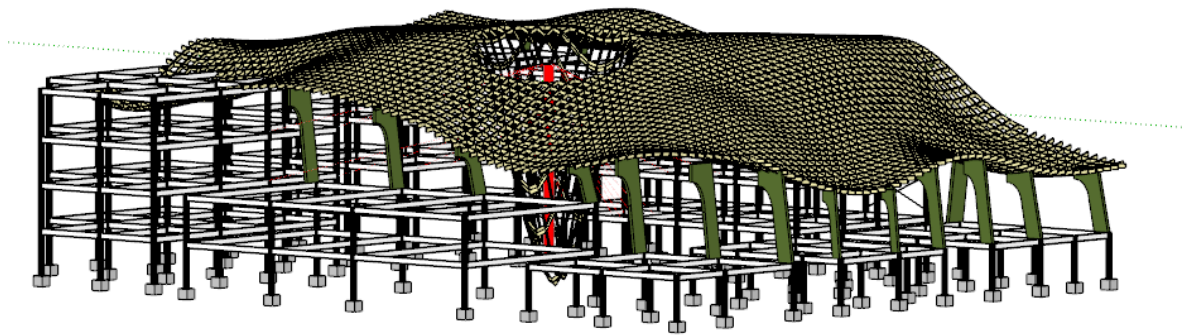


Figure 102 : L'ensemble des éléments structurels. Source : Auteurs

Grâce à l'interaction efficace entre acier et bois, chaque composant de la structure travaille de façon complémentaire pour reprendre les charges verticales, horizontales et dynamiques. Les points de jonction en acier renforcent l'ensemble, assurant une structure stable, fiable et conforme aux normes.

Synthèse

Ce chapitre étudie la ville côtière de Cherchell afin d'explorer comment le design biophilique peut améliorer le confort hygrothermique. À travers une analyse historique, urbaine et climatique, il identifie les caractéristiques du site retenu pour un projet de centre commercial durable. Le projet intègre des solutions naturelles (atrium, ventilation, végétation, matériaux écologiques) inspirées du patrimoine local, afin de créer un espace fonctionnel, écologique et bien intégré dans son environnement.

Chapitre 04

**Etude numérique et pistes
d'optimisation architecturale**

1. Introduction

L'étude numérique est devenue un outil incontournable dans le processus de conception architecturale. Elle permet d'évaluer et d'optimiser les performances énergétiques, thermiques et environnementales d'un bâtiment avant sa réalisation. À travers ce chapitre, nous présentons une approche méthodique basée sur la Simulation Thermique Dynamique (STD), sous Design-Builder. Cette démarche vise à proposer des pistes d'optimisation du projet architectural étudié, en vue d'un confort hygrothermique optimal pour les usagers.

2. Généralité sur la STD :

2.1. Définition de la STD :

La Simulation Thermique Dynamique (STD) consiste à modéliser numériquement un bâtiment afin de simuler son comportement thermique en fonction de divers paramètres tels que les matériaux de construction, la disposition des pièces, les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC), ainsi que les conditions climatiques externes.

2.2. Objectifs de la STD :

Les principaux objectifs de la STD sont :

- Évaluer le confort thermique des occupants en toutes saisons.
- Optimiser la conception architecturale pour réduire les besoins énergétiques.
- Analyser l'impact des choix techniques sur la performance énergétique.
- Simuler différents scénarios d'usage pour anticiper les consommations réelles.
- Vérifier la conformité avec les réglementations et certifications environnementales.

2.3. Choix des outils (logiciels) de la STD :

Le choix des outils de simulation thermique constitue une étape déterminante afin d'assurer la qualité, la précision et la cohérence des résultats obtenus. Dans le cadre de cette étude, les logiciels DesignBuilder et Météo-Norm ont été sélectionnés pour leur fiabilité, leur ergonomie, ainsi que leur conformité avec les normes réglementaires actuelles.

2.3.1. Présentation de Design-BUILDER :

Design-BUILDER est un logiciel de modélisation énergétique du bâtiment qui permet de simuler les performances énergétiques et environnementales d'un bâtiment. Il intègre des outils de modélisation BIM (Building Information Modeling) et des capacités de simulation thermique dynamique. Grâce à Design-BUILDER, les architectes, ingénieurs et consultants peuvent évaluer l'efficacité énergétique, la consommation d'énergie, le confort thermique, et l'impact environnemental d'un projet dès les phases de conception. <https://designbuilder.co.uk/>

- **Fonctionnalités principales :**

Simulation thermique dynamique (chauffage, climatisation, ventilation)

Analyse des consommations énergétiques

Évaluation des impacts environnementaux (CO₂, etc.)

Optimisation des systèmes HVAC et des enveloppes du bâtiment

Intégration de données météo pour des simulations réalistes <https://designbuilder.co.uk/>

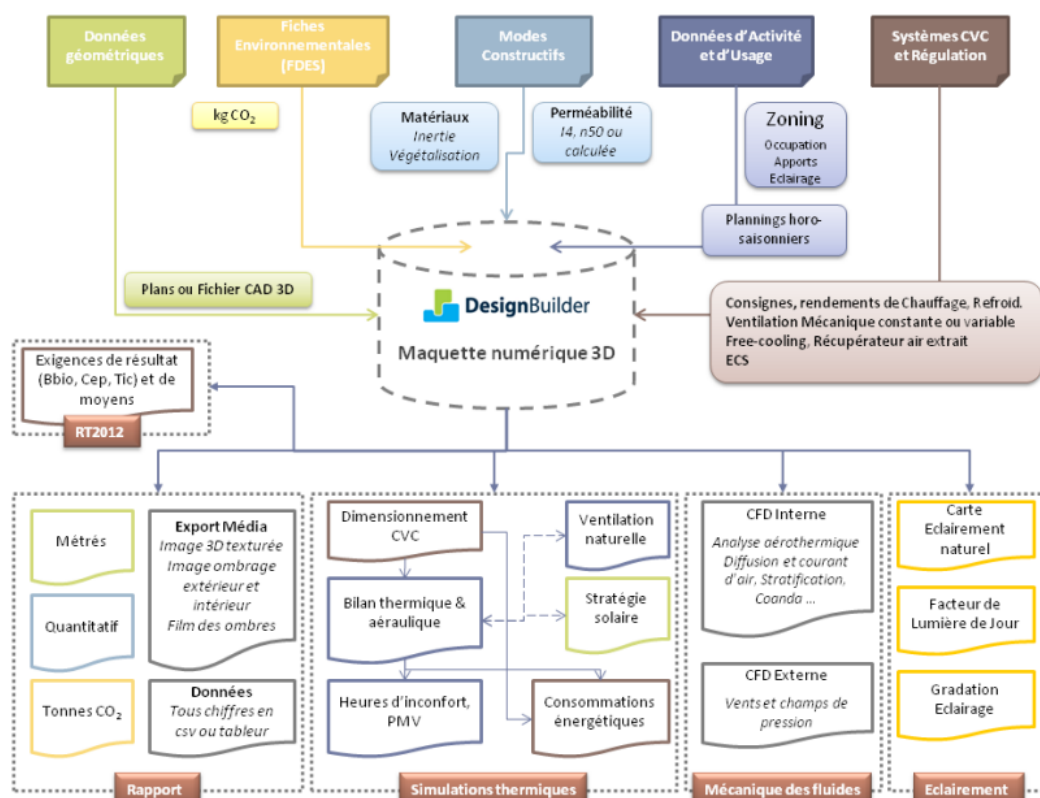


Figure 123 : Fonctionnalités du logiciel Design Builder, Source : (Batisim.net).

2.3.2. Présentation de Météo-norme :

Météo-norme est un logiciel professionnel développé par **Meteotest**, spécialisé dans la fourniture de données météorologiques normalisées. Ces données sont essentielles pour la simulation thermique et énergétique des bâtiments, notamment dans le cadre des réglementations thermiques internationales. <https://meteonorm.com>.



- **Fonctionnalités principales :**

- Accès à une vaste base de données climatiques
- Données historiques et scénarios climatiques
- Formats de fichiers compatibles
- Outils d'interpolation avancés

3. Processus de la simulation sous Design-BUILDER :

3.1. Méthode de la simulation :

Le schéma ci-dessous illustre les étapes que nous avons suivies pour notre simulation sous Design-BUILDER.

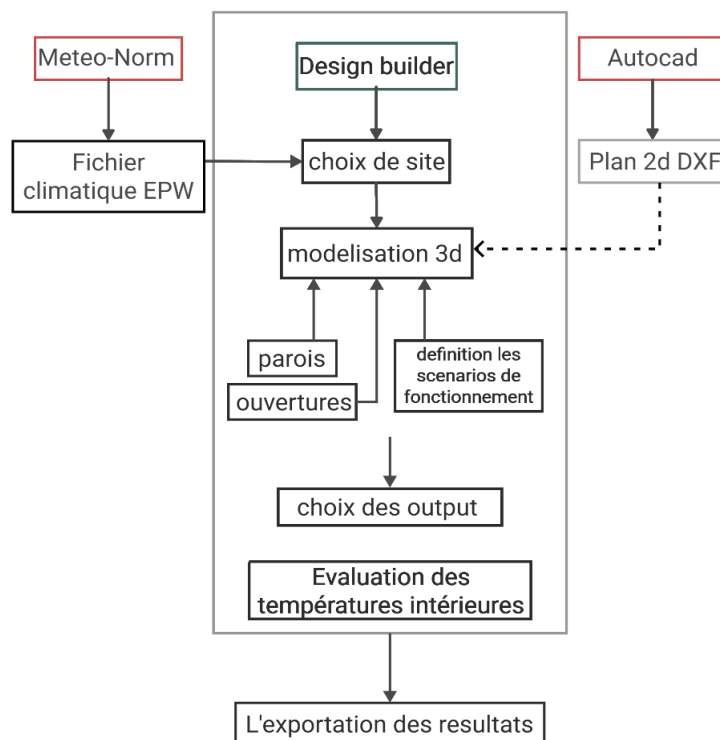


Figure 124 : Schéma de méthode de simulation, Source : Auteurs.

3.2. Présentation de cas d'étude :

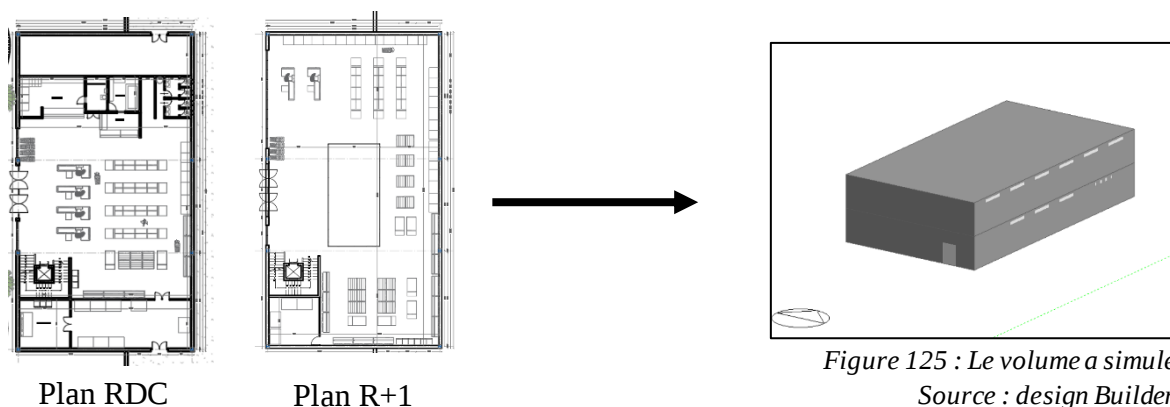
Description de l'espace simulé :

Notre approche vise à tester plusieurs scénarios d'enveloppe, en modifiant les caractéristiques des murs et de la toiture, afin d'identifier les solutions les plus performantes en matière de confort hygrothermique. Le choix du bloc de la supérette repose sur sa fonction stratégique dans le centre commercial, son occupation régulière, et son exposition aux variations climatiques, ce qui en fait un cas d'étude pertinent pour l'optimisation du confort intérieur.

Cet espace est orienté directement vers la façade est, avec une mezzanine à l'intérieure. Voici ses caractéristiques :

Espace	Orientation	Surface
superette	Est	548m2

3.1.1. Découpage de projet en zones thermique :



Identification des zones :

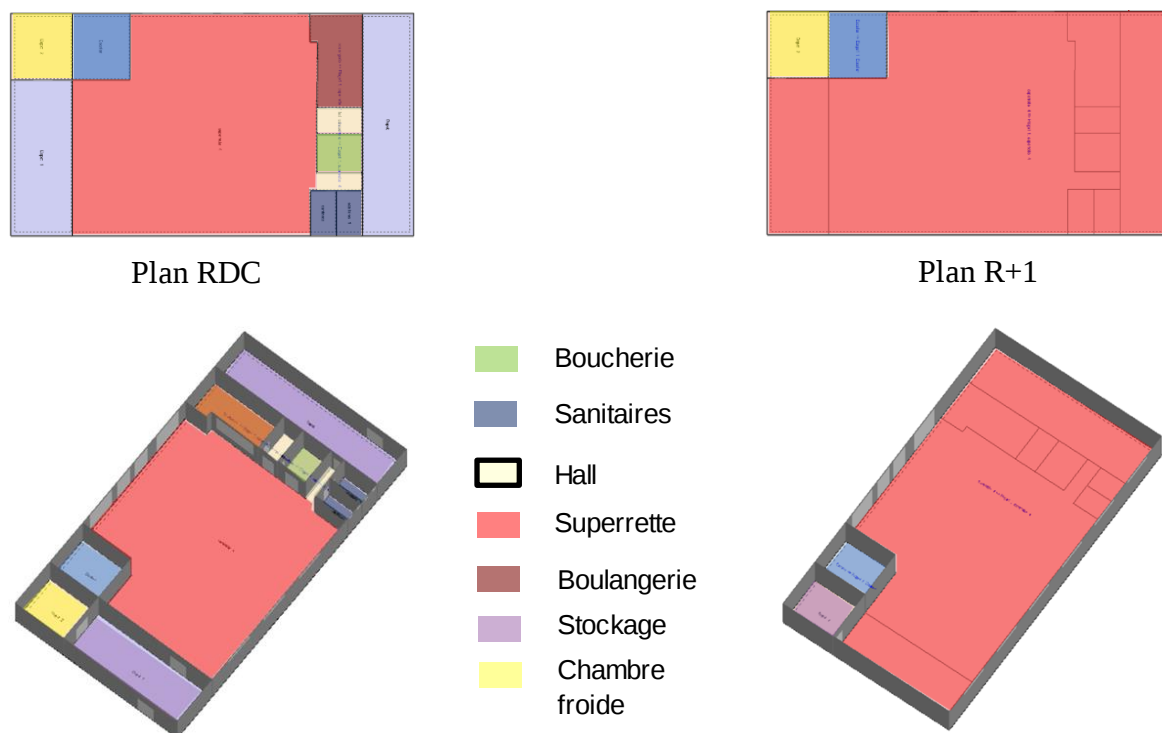


Figure 126 : Les plans de volume à simulé, Source : design Builder traité par Auteurs .

3.1.2. Caractéristiques thermiques des matériaux :

	Epaisseur (m)	Conductivité thermique(W/m.k)	Capacité thermiqueC(J/kg.k)	Densité D (Kg/m3)
Murs				
Murs externes				
Plaque de plâtre BA13	0.013	0.25	1090	800
Ossature métallique	0.05	50	468	7850
Vide d'air	0.02	0.18	1000	1.2
Bardage métallique	0.01	50	468	7850
Murs internes				
Ossature métallique	0.05	50	468	7850
Plaque de plâtre BA13	0.013	0.25	1090	800
Laine minérale isolant	0.05	0.035	840	40
Plancher bas				
Bac acier nervure	0.001	50	468	7850
Dalle béton arme	0.07	1.7	880	2400
Isolation thermique	0.035	0.47	840	92
Plancher intermédiaire				
Bac acier nervure	0.001	50	468	7850
Dalle béton arme	0.07	1.7	880	2400
Isolation thermique	0.035	0.47	840	92
Vitrage simple				
Toiture				
Couverture bac acier	0.005	50	468	7850
Ossature métallique	0.1	50	468	7850
Vide d'air	0.05	0.026	1005	1.225
Plaque de plâtre	0.013	0.25	1090	800

Tableau 21 : Caractéristiques thermiques des matériaux, Source : Auteurs.

3.3. Définition et intégration des scénarios de fonctionnement :

- Scénario de fonctionnement de la superette pendant la période hivernale :

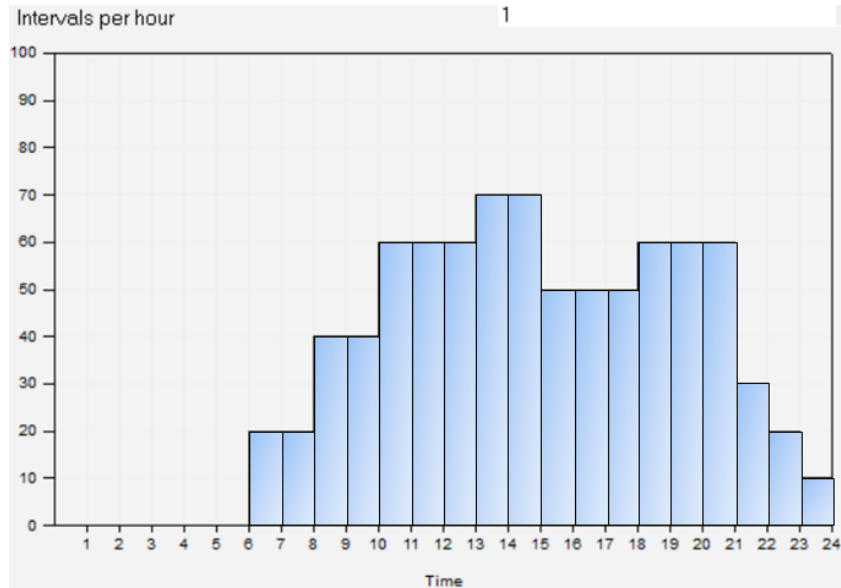


Figure 127 : Scénarios de fonctionnement pendant la période hivernale ,
Source : design Builder traité par Auteurs .

- Scénario de fonctionnement de la superette pendant la période estivale :

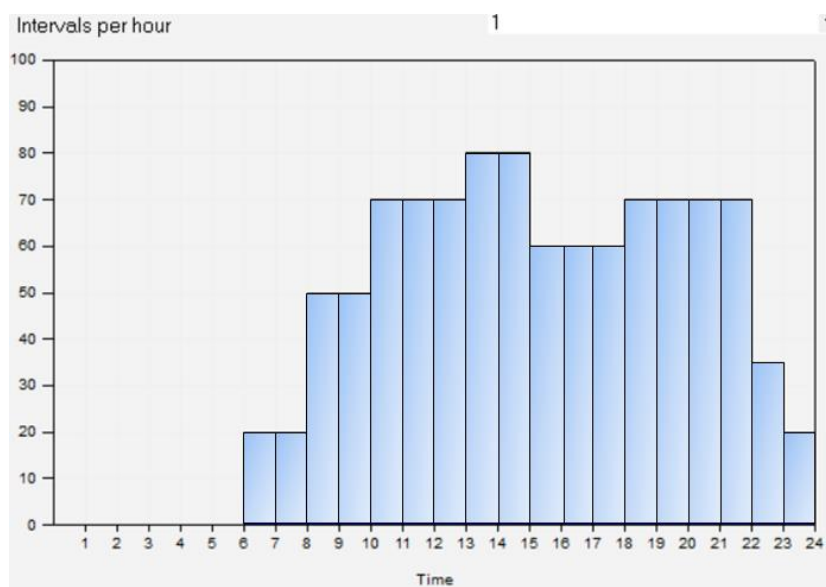


Figure 128 : Scénarios de fonctionnement pendant la période estivale ,
Source : design Builder traité par Auteurs .

3.4. Variantes étudiées :

3.4.1. Choix des variantes étudiées :

Nous avons effectué la simulation au long toute l'année de 1 janvier jusqu'à 31 décembre :

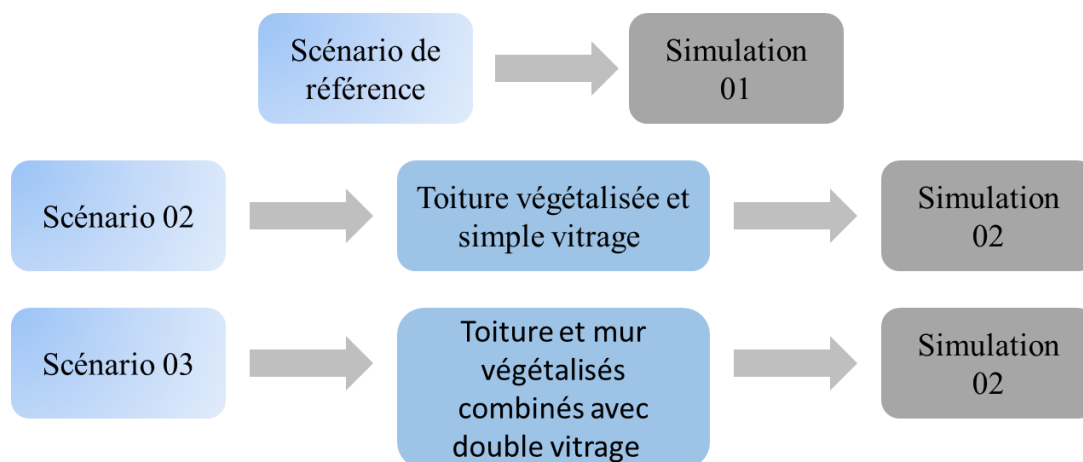


Figure 129 : Choix des variantes étudiées , Source : Auteurs .

3.4.2. Présentation des variantes étudiées :

	Epaisseur (m)	Conductivité thermique(W/m.k)	Capacité thermiqueC(J/kg.k)	Densité D (Kg/m3)
Mur externe				
Plaque de plâtre BA13	0.013	0.25	1090	800
Ossature métallique	0.05	50	468	7850
Vide d'air	0.02	0.18	1000	1.2
Bardage métallique	0.01	50	468	7850
Toiture				
Couverture bac acier	0.005	50	468	7850
Ossature métallique	0.1	50	468	7850
Vide d'air	0.05	0.026	1005	1.225
Plaque de plâtre	0.013	0.25	1090	800
Mur Végétalisé				
végétation	0.15	0.034	2000	300
Substrat de culture	0.10	0.6	1200	800
Feutre horticoles	0.005	0.06	1200	300
Plaques PVC	0.01	0.3	1400	1400

CHAPITRE 04 ETUDE NUMERIQUE ET PISTES D'OPTIMISATION ARCHITECTURELLE

Ossature métallique	0.15	50	468	7850
Lame d'air ventilée	0.04	0.026	1005	1.2
Toiture végétalisée				
Couche végétale	0.15	0.034	2000	300
Substrat de culture	0.15	0.6	1200	800
Couche filtrante	0.005	0.06	1200	300
Couche de drainage	0.05	1	1200	1000
Membrane étanchéité	0.005	0.4	2000	1500
Isolation thermique	0.15	0.04	1400	150
Bac acier nervure	0.001	50	468	7850
Ossature métallique	/	50	468	7850

Tableau 23 : Caractéristiques thermiques des variantes étudiées , Source : Auteurs.

4. Résultats obtenus et discussion :

A- Scénario 01 : Cas de référence :

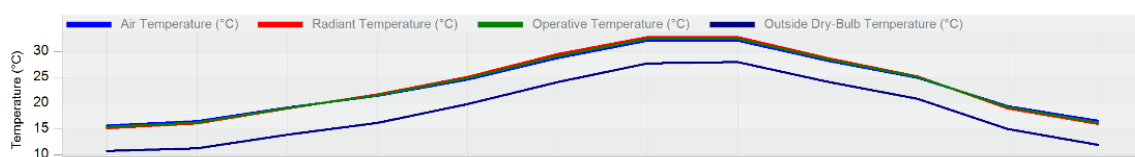


Figure 130 : graphes des résultats du confort thermique après l'utilisation de matériaux standard, Source : Design Builder.

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	15,74	16,56	19,19	21,49	24,61	28,76	32,15	32,17	28,29	24,97	19,45	16,65
Radiant Temperature (°C)	15,18	16,11	19,03	21,71	25,08	29,52	32,87	32,81	28,80	25,21	19,03	16,04
Operative Temperature (°C)	15,48	16,34	19,11	21,60	24,85	29,14	32,51	32,49	28,55	25,09	19,24	16,35
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10,76	11,34	13,92	16,19	19,91	24,07	27,77	27,97	24,16	20,88	15,00	11,99
Relative Humidity (%)	60,68	57,22	54,68	54,23	51,87	47,43	45,49	47,26	53,88	54,49	59,97	61,24
Fanger PPD (%)	45,58	39,46	22,67	37,11	35,32	47,02	75,29	76,16	42,17	29,00	20,64	37,61
Fanger PMV ()	-1,32	-1,15	0,55	-0,96	0,01	1,31	2,37	2,38	1,17	0,79	-0,49	-1,13

Tableau 24 : Tableau des résultats du confort thermique après l'utilisation de matériaux standard, Source : Design Builder traité par auteurs.

Légende :

- zone de sous chauffe
- zone de surchauffe
- Zone de confort
- L'indice PMV

D'après les résultats ci-dessus, nous avons constatées 3 périodes :

La période de confort	La période de sous-chauffe	La période de surchauffe
De 21,60°C et 24,85°C, elle concerne 2mois : Avril, Mai.	De 15,46°C et 19,24°C, elle concerne 5 mois : Janvier, Février, Mars, novembre, décembre.	De 25,09°C et 32,51°C, elle concerne 5 mois : avril, mars, juin, Juillet, août.

Les températures hivernale et estivale enregistrées peuvent être justifié par le manque d'une isolation thermique adéquate, et par l'exposition de la façade Est au soleil, et à la forte densité d'occupation.

-l'indice PMV : L'indice PMV, qui mesure la sensation thermique moyenne ressentie par les occupants, se situe entre -1.32 et 2.38. Selon l'échelle de Fanger, cette plage de valeurs indique un environnement thermique perçu comme légèrement froid et chaud, et qui sort de la plage de confort. Ces valeurs confirment l'inconfort thermique ressenti à l'intérieur de la zone.

- L'humidité :

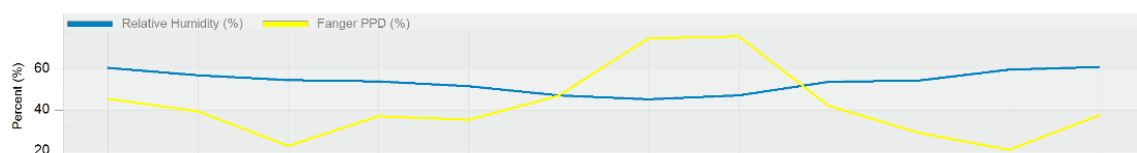


Figure 131 : graphes des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de matériaux standard, Source : Design Builder .

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	15,74	16,56	19,19	21,49	24,61	28,76	32,15	32,17	28,29	24,97	19,45	16,65
Radiant Temperature (°C)	15,18	16,11	19,03	21,71	25,08	29,52	32,87	32,81	28,80	25,21	19,03	16,04
Operative Temperature (°C)	15,46	16,34	19,11	21,60	24,85	29,14	32,51	32,49	28,55	25,09	19,24	16,35
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10,76	11,34	13,92	16,19	19,91	24,07	27,77	27,97	24,16	20,88	15,00	11,99
Relative Humidity (%)	60,68	57,22	54,68	54,23	51,87	47,43	45,49	47,26	53,88	54,49	59,97	61,24
Fanger PPD (%)	45,58	39,46	22,67	37,11	35,32	47,02	75,29	76,16	42,17	29,00	20,64	37,61
Fanger PMV (°)	-1,32	-1,15	-0,55	-0,96	-0,01	1,31	2,37	2,38	1,17	0,79	-0,49	-1,13

Tableau 25 : tableau des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de matériaux standard, Source : Design Builder traité par auteurs.

Selon le graphe ci-dessus, nous remarquons que les valeurs d'humidité relative enregistrées varient de 45,49 % à 61,24 % tout au long de l'année, ce qui correspond à une plage modérée globalement acceptable pour le confort hygrothermique, mais sa baisse durant les mois chauds combinée à des PMV positifs peut accentuer l'inconfort thermique. Cela souligne la nécessité d'intégrer des dispositifs d'humidification pour éviter une ambiance trop sèche.

B- Scénario 02 : Toiture végétalisée et simple vitrage :

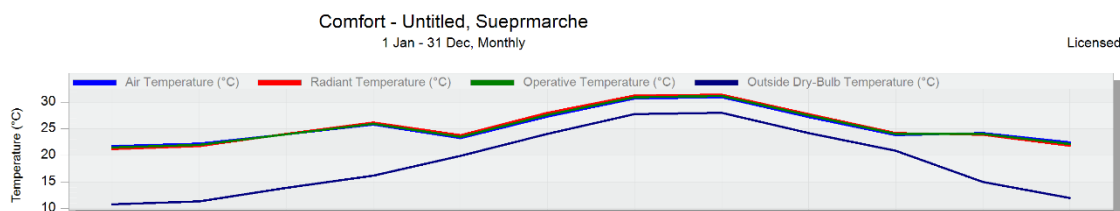


Figure 132 : graphes des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source : Design Builder .

Month	2025	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	21,76	22,23	23,99	25,77	23,26	27,32	30,70	30,91	27,20	23,80	24,16	22,43
Radiant Temperature (°C)	21,17	21,77	24,01	26,14	23,78	27,97	31,25	31,45	27,80	24,21	23,85	21,86
Operative Temperature (°C)	21,47	22,00	24,00	25,96	23,52	27,64	30,98	31,18	27,50	24,00	24,01	22,14
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10,76	11,34	13,92	16,19	19,91	24,07	27,77	27,97	24,16	20,88	15,00	11,99
Relative Humidity (%)	49,40	47,79	47,67	48,70	53,01	48,16	45,94	47,40	54,10	55,58	51,95	50,40
Fanger PPD (%)	12,21	12,51	17,43	20,22	27,18	32,73	64,51	68,22	29,53	19,98	18,23	11,09
Fanger PMV ()	-0,05	0,06	0,50	0,34	-0,42	0,84	1,87	1,95	0,84	0,55	0,54	0,10

Tableau 26 : Tableau des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source : Design Builder traité par auteurs.

Légende : zone de sous chauffe zone de surchauffe
 zone de confort L'indice PMV

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

La période de confort	La période de surchauffe
De 21,47°C et 24,01°C, elle concerne les mois : Janvier, février, mars, mai, octobre, novembre et decembre.	De 25,96°C et 31,18°C, elle concerne 5 mois : Avril, juin, Juillet, août, septembre.

Nous observons une amélioration significative des températures intérieur pendant la période hivernale et estivale. En hiver, nous constons une augmentation de 6,01°C par rapport au cas initial, et une réduction de 1,31°C en été.

-l'indice PMV : se situe entre -0.42 et 1.95. Selon l'échelle de Fanger, cette plage de valeurs indique un environnement thermique perçu comme neutre et légèrement chaud.

- L'humidité :

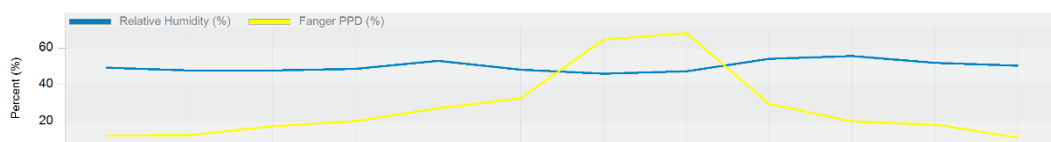


Figure 133 : graphes des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source : Design Builder .

Month	2025	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	21,76	22,23	23,99	25,77	23,26	27,32	30,70	30,91	27,20	23,80	24,16	22,43
Radiant Temperature (°C)	21,17	21,77	24,01	26,14	23,78	27,97	31,25	31,45	27,80	24,21	23,85	21,86
Operative Temperature (°C)	21,47	22,00	24,00	25,96	23,52	27,64	30,98	31,18	27,50	24,00	24,01	22,14
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10,76	11,34	13,92	16,19	19,91	24,07	27,77	27,97	24,16	20,88	15,00	11,99
Relative Humidity (%)	49,40	47,79	47,67	48,70	53,01	48,16	45,94	47,40	54,10	55,58	51,95	50,40
Fanger PPD (%)	12,21	12,51	17,43	20,22	27,18	32,73	64,51	68,22	29,53	19,98	18,23	11,09
Fanger PMV ()	-0,05	0,06	0,50	0,34	-0,42	0,84	1,87	1,95	0,84	0,55	0,54	0,10

Tableau 27 : tableau des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source :

Design Builder traité par auteurs.

Les résultats de ce scénario montrent une meilleure régulation de l'humidité intérieure tout au long de l'année. Contrairement au cas initial, l'humidité ne descend jamais en dessous de 45 %, ce qui réduit les risques d'air trop sec en été.

C- Scénario 03 : Toiture et mur végétalisés combinés avec double vitrage

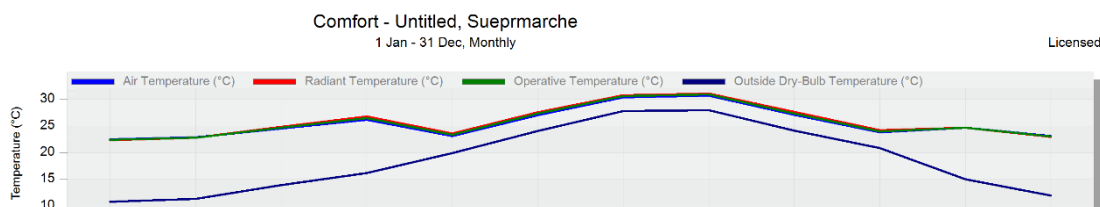


Figure 134 : graphes des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisées avec double vitrage, Source :

Design Builder .

Month	2025	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	22,52	22,90	24,51	26,20	23,11	27,05	30,40	30,68	27,10	23,81	24,69	23,10
Radiant Temperature (°C)	22,32	22,79	24,81	26,79	23,55	27,55	30,79	31,11	27,63	24,18	24,71	22,95
Operative Temperature (°C)	22,42	22,85	24,66	26,50	23,33	27,30	30,60	30,89	27,37	23,99	24,70	23,03
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10,76	11,34	13,92	16,19	19,91	24,07	27,77	27,97	24,16	20,88	15,00	11,99
Relative Humidity (%)	47,54	46,16	46,51	47,77	53,42	48,90	46,76	48,02	54,41	55,54	50,56	48,66
Fanger PPD (%)	12,28	13,29	20,40	22,72	25,47	29,57	60,88	65,78	27,93	18,83	21,66	12,48
Fanger PMV (I)	0,14	0,23	0,64	0,49	-0,47	0,74	1,76	1,87	0,80	0,54	0,68	0,29

Tableau 28 : tableau des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisées avec double vitrage, Source :

Design Builder traité par auteurs.

Légende :	 zone de sous chauffe	 zone de surchauffe
	 zone de confort	 L'indice PMV

D'après les résultats ci-dessous, nous avons 3 périodes :

La période de confort	La période de surchauffe
De 22,42°C et 24,70°C, elle concerne les mois : Janvier, février, mars, mai, octobre, novembre et decembre.	De 26,50°C et 30,89°C, elle concerne 5 mois : Avril, juin, Juillet, août, septembre.

Pour ce scénario, nous observons que les températures intérieures sont plus optimisées. En hiver, nous constatons une augmentation de presque de 7.00°C par rapport au cas initial, et une réduction de 1.60°C en été.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la végétalisation de mur améliore l'isolation thermique de l'enveloppe tout en atténuant l'impact des rayonnements solaires intenses grâce à l'effet d'ombrage qu'elle procure.

-l'indice PMV : L'indice PMV se situe entre -0.47 et 1.87. Selon l'échelle de Fanger, cette plage de valeurs indique un environnement thermique perçu comme neutre et légèrement chaud.

- L'humidité :

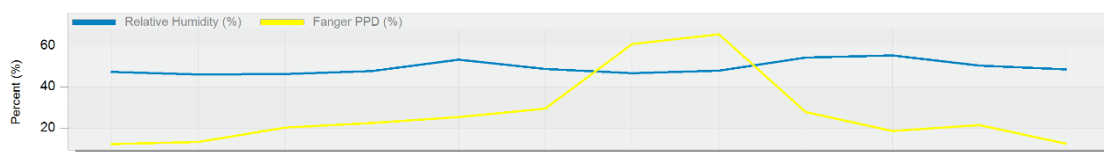


Figure 135 : graphes des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisés avec double vitrage, Source : Design Builder .

Month	2025	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	22,52	22,90	24,51	26,20	23,11	27,05	30,40	30,68	27,10	23,81	24,69	23,10
Radiant Temperature (°C)	22,32	22,79	24,81	26,79	23,55	27,55	30,79	31,11	27,63	24,18	24,71	22,95
Operative Temperature (°C)	22,42	22,85	24,66	26,50	23,33	27,30	30,60	30,89	27,37	23,99	24,70	23,03
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10,76	11,34	13,92	16,19	19,91	24,07	27,77	27,97	24,16	20,88	15,00	11,99
Relative Humidity (%)	47,54	46,16	46,51	47,77	53,42	48,90	46,76	48,02	54,41	55,54	50,56	48,68
Fanger PPD (%)	12,28	13,29	20,40	22,72	25,47	29,57	60,88	65,78	27,93	18,83	21,66	12,48
Fanger PMV (I)	0,14	0,23	0,64	0,49	-0,47	0,74	1,76	1,87	0,80	0,54	0,68	0,29

Tableau 29 : tableau des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisés avec double vitrage, Source : Design Builder traité par auteurs.

Selon le graphe ci-dessus, les valeurs d'humidité relative enregistrées varient entre 46,51 % et 48,90 % tout au long de l'année. Cette stabilité permet de limiter les risques d'air trop sec en été, tout en évitant un excès d'humidité en hiver, ce qui contribue à maintenir un bon niveau de confort hygrothermique intérieur.

Synthèse :

L'étude réalisée met en évidence que la végétalisation constitue un dispositif d'humidification passif efficace. Elle contribue significativement à l'amélioration du taux d'humidité relative et l'évolution des températures intérieurs, tout en favorisant une hausse du taux de satisfaction des usagers.

Conclusion Générale

Le design biophilique constitue une approche innovante et pertinente pour optimiser le confort hygrothermique dans les bâtiments situés en zones côtières, tout en contribuant à la réduction de leur consommation énergétique. À travers l'analyse approfondie des principes biophiliques et des stratégies bioclimatiques, appliqués au projet de centre commercial à Cherchell, nous avons mis en évidence l'importance d'intégrer des éléments naturels tels que la lumière, la végétation, l'eau, ainsi qu'une ventilation naturelle performante.

Les résultats obtenus confirment que ces éléments favorisent une meilleure régulation thermique et hygrométrique des espaces intérieurs, créant ainsi un microclimat plus confortable et sain pour les usagers. L'intégration de la végétation et des surfaces aquatiques, combinée à une gestion optimisée de la lumière naturelle, a permis de réduire les effets de la chaleur et de l'humidité caractéristiques des zones côtières, tout en diminuant la dépendance aux systèmes énergivores de climatisation et de chauffage.

Ce mémoire souligne également que le design biophilique ne se limite pas à une amélioration fonctionnelle du confort hygrothermique ; il enrichit aussi l'expérience sensorielle et le bien-être des occupants en recréant un lien harmonieux avec la nature. Cette approche, adaptée aux spécificités climatiques et culturelles de Cherchell, offre une réponse durable aux défis posés par le changement climatique et l'urbanisation croissante des zones littorales.

En conclusion, l'approche biophilique appliquée à l'architecture commerciale à Cherchell démontre qu'il est possible de concevoir des espaces à la fois fonctionnels, esthétiques et écologiquement responsables. Cette démarche s'inscrit dans une vision plus large d'architecture durable, sensible au climat, à la culture locale et aux besoins des usagers. Les résultats de ce mémoire offrent une base méthodologique et conceptuelle solide pour intégrer davantage le vivant dans nos environnements bâtis, et appellent à repenser les espaces commerciaux comme des lieux de confort, de lien et de résilience

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bibliographie :

1.1. Ouvrage :

- ALLAIN R., 2005, Morphologie urbaine : Géographe, aménagement et architecture de la ville, Paris : Armand Colin.
- GAUZIN-MÜLLER D., 2001, L'architecture écologique, Paris : Éditions du Moniteur.
- COURGEY S., OLIVA J-P., 2006, La conception bioclimatique, Paris : Terre Vivante.
- LIÉBARD A., DE HERDE A., 2006, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Paris : Le Moniteur.
- HAWKES D., 2008, Environmental Design: An Introduction for Architects and Engineers, London : Spon Press.
- WILSON E.O., 1984, Biophilia, Cambridge : Harvard University Press.
- KELLERT S.R., CALABRESE E.F., 2015, The Practice of Biophilic Design. Disponible sur : <https://biophilicdesign.umn.edu/...>
- FATHY H., 1973, Construire avec le peuple, Paris : Sindbad.
- CAMPO BAEZA A., 1996, La idea construida, Madrid : Electa.
- NEUFERT E., Les éléments des projets de construction, (édition selon l'année utilisée).
- LE PETIT ROBERT, 2020, Dictionnaire de la langue française, Paris : Dictionnaires Le Robert.

1.2. Article :

- BONNEMAISON S., 1990, City policies and cyclical events, Celebrations: urban spaces transformed, Design Quarterly, 147, p. 24-32.
- VEITCH J.A., GALASIU A.D., 2008, The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home: Review and research agenda, National Research Council of Canada.
- GOSS J., 1993, The Socialization of Consumption, Economic Geography, Vol. 69, No. 2, pp. 126-144.
- HEERWAGEN J., 1990, The psychological aspects of windows and window design, EDRA Conference Proceedings.

1.3. Bases de données et sites internet :

- GRO HARLEM BRUNDTLAND, 1987, Rapport Brundtland. Disponible sur : <https://www.are.admin.ch/...>
- ENGIE FRANCE, 2023, Géothermie. Disponible sur : <https://www.engie.com/...>
- UVED, Université virtuelle environnement et développement durable. Disponible sur : <https://uved.univ-perp.fr/...>
- GUIDE HQE, Cible 13 – Ventilation naturelle. Disponible sur : <https://www.hqe.guidenr.fr/...>
- ADEME, Aménager avec la nature en ville. Disponible sur : <https://www.argonne-ardennaise.fr/...>
- DESIGNBUILDER. Disponible sur : <https://designbuilder.co.uk/>
- ARCHDAILY, Albert Einstein Education and Research Center. Disponible sur : <https://www.archdaily.com/...>
- ARCHELLO, Oasis 365 Ecuador. Disponible sur : <https://archello.com/...>
- CHOISIR.COM, Articles énergie. Disponible sur : <https://www.choisir.com/...>
- CEDEO, Pompe à chaleur vs climatisation. Disponible sur : <https://www.cedeo.fr/...>

1.4. Thèses et mémoires :

- REDON E., 2017, Modélisation de la végétation urbaine comme régulateur thermique, Thèse de doctorat en climatologie urbaine, Université Paul Sabatier - Toulouse III, France, p. 20.
- FERGANI R., ALIKACEM, 2024, L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Mémoire de Master 2 en architecture, Algérie,
- BENHALILOU K., 2008, Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment. Cas du climat semi-aride, Thèse de magistère, Université Mentouri, Constantine, Algérie.

1.5. Autres :

- PDAU CHERCHELL, 2016, Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme réalisé par ParcExpo, version finale approuvée le 29 juin 2016.
- ASHRAE, 2017, ASHRAE Handbook.
- ISO, 2005, Norme ISO 7730.
- FANGER, 1970, Thermal Comfort.
- CLIMATE CONSULTANT 6.0, logiciel de simulation climatique.
- METEONORM 8, logiciel de simulation météorologique.

- PRINTMAPS, plateforme cartographique.
- DSDRENOV, plateforme ou entreprise de rénovation énergétique .
- BATSIM, Simulateur open source pour l'analyse d'ordonnancement, disponible sur : <https://batsim.readthedocs.io>

2. Liste des figures :

Figure 1 : Schéma de structuration du mémoire, Source : auteur

Figure 2 : Les piliers du développement durable, Source : Institut Québécois des Affaires Internationales (IQAI) , iaiqschool.org .

Figure 3 : Les principes de l'architecture bioclimatique, Source : caueactu.fr

Figure 4 : Variation du coefficient de forme par rapport à des géométries courantes pour un même volume, Source : (Courgey, S. & Oliva, J.-P. (2006). La conception bioclimatique. Terre Vivante, p.44) .

Figure 5 : Puissance solaire reçue en kWh en hiver ou en été, selon la position de la façade, Source : (Courgey & Oliva (2006), La conception bioclimatique, p.44).

Figure 6 : Effets du vent sur la forme urbaine. Source : <https://www.hqe.guidenr.fr/cible-13-hqe/ventilation-naturelle-vent.php>.

Figure 7 : Les stratégies de froid. Source : (Courgey & Jean- Pierre Oliva, 1980).

Figure 8 : Détail type de composition des toitures végétalisées, Source : L'institut de Cordon Bleu – Jardin potager (75) ECOVEGETAL la référence naturelle.

Figure 9 : Types de Ventilation naturelle, Source : guide bio-Tech **Figure 10 :** Schéma représentant la trilogie concernant l'espace, la nature et le lien.

Figure 10 : Profil théorique de la température de l'air près de la surface, le long d'une coupe transversale d'une zone urbanisée (depuis les zones rurales jusqu'au centre-ville), Source : dans Grégoire Pigeon, Aude Lemonsu et al. (2008), adapté de T. Oke (1987).

Figure 11 : principe de fonctionnement d'une serre bioclimatique, Source : (Courgey & Jean- Pierre Oliva.

Figure 12: Principes de fonctionnement d'un mur capteur. Source : (Courgey & Jean- Pierre Oliva, 1980)p136.

Figure 13 : La gestion durable des eaux pluviales, Source : ADEME (Aménager avec la nature en ville).

Figure 14: Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires, Source : (Courgey & Oliva (2006), p.81.

Figure 15: trame verte et bleu, Source : argonne-ardennaise.fr.

Figure 16: L'emplacement de l'isolant dans la paroi détermine la capacité thermique utile de la paroi, Source : (Courgey, S. & Oliva, J.-P. (2006). La conception bioclimatique. Terre Vivante.) p94.

Figure 17: Principe d'une VMC double flux avec répartition de chaleur, Source : (Courgey & Oliva (2006) p188.

Figure 18: Principe d'une installation générale par balayage en ventilation mécanique répartie, Source : (Courgey & Oliva (2006) p188.

Figure 19: Schéma de capteur plan thermique, Source : Uved université virtuelle environnement et développement durable.

Figure 20: Schémas d'ensemble d'une éolienne, Source : Uved université virtuelle environnement et développement durable. uved.univ-perp.fr .

Figure 21 : Schéma d'utilisation de l'énergie géothermique pour un bâtiment, Source : engie.com

Figure 22 : Principes des stratégies climatiques, Source : auteurs.

Figure 23: Schéma du fonctionnement bioclimatique d'un bâtiment , Source : Alain Liébard, André De Herde, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, 2006. P31b.

Figure 24 : Stratégie du chaud (confort d'hiver), Source : Alain Liébard, André De Herde, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, 2006. P32b.

Figure 25 : Définition du confort en architecture, Source : auteurs.

Figure 26: Schéma des types de confort en architecture, Source : auteurs.

Figure 27 : Définition du confort hygrothermique, Source : auteurs.

Figure 28: Paramètres du confort hygrothermique, Source : auteurs.

Figure 29: Définition de la biophilie, Source : auteurs

Figure 30 : Définition de l'architecture biophilique selon Ji Hyun Lee, Source : auteurs

Figure 31: Principes fondamentaux de l'architecture biophilique. Source : auteurs

Figure 32: Coupe montrant le lien visuel avec la nature, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal , Fergani .R, Alikacem.

Figure 33 : Coupe montrant le lien non visuel avec la nature, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem.

Figure 34: Coupe montrant la lumière dynamique et diffuse, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem .

Figure 35 : Lien matériel avec la nature, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem .

Figure 36: Rôle des grands arbres dans l'ombrage et le confort des espaces publics, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem.

Figure 37 : Modèles et formes biomorphiques, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem.

Figure 38 : La présence de l'eau à l'intérieur et l'extérieur de l'espace, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem .

Figure 39: Coupe montrant les variabilités thermiques et le renouvellement d'air, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem.

Figure 40: Lien avec les systèmes naturels, Source : L'approche biophilique en vue d'assurer un confort optimal, Fergani. R, Alikacem.

Figure 41 : L'influence de la conception biophilique sur le confort, Source : auteurs.

Figure 42: Caractéristiques du Commerce, Source : OMC (2023), OCDE (2022) , INSEE (2024).

Figure 43 : Rôle du commerce dans le développement urbain, source : OMC (2023), OCDE (2022) , INSEE (2024).

Figure 44: Évolution de commerce, Source : auteurs .

Figure 45 : centre commercial super régional, Source : google image.

Figure 46 : centre commercial régional, Source : google image.

Figure 47 : grand centre commercial, Source : google image.

Figure 48 : petit centre commercial, Source : google image.

Figure 49 : Défis des bâtiments commerciaux, Source : auteurs .

Figure 50 : schéma de ventilation traversante, source : caue11.fr .

Figure 51 : Schéma de température intérieure idéale pour un bâtiment, Source : choisir.com.

Figure 52 : Schéma de Pompe à chaleur ou clim réversible, Source : cedeo.fr .

Figure 53 : Schéma d'inertie thermique et isolation des murs Source : choisir.com .

Figure 54 : Schéma d'Infiltration d'humidité et apparition de moisissures sur les parois Source : istockphoto.com .

Figure 55 : Schéma d'éclairage naturelle , Source : hqe.guidenr.fr .

Figure 56 : Situation graphique de la ville de Cherchell, Source : (HADJI, 2014).

Figure 57 : Relief de la ville de Cherchell, Source : Google image.

Figure 58 : Carte de l'accessibilité de la ville de Cherchell, Source : Google image.

Figure 59 : Carte des éléments permanents Cherchell, Source : Auteurs.

Figure 60 : Carte de POS U2, Source : pos cherchell.

Figure 61 : Schéma d'affectation et d'occupation du site, Source: Auteurs.

Figure 62 : Carte de localisation de site , Source: printmaps et traité par l'auteur.

Figure 63 : Localisation de site, Source : pdau Cherchell et traité par l'auteur.

Figure 64 : Dimensions de site, Source : pdeau cherchell et traité par l'auteur.

Figure 65 : Morphologie de site, Source : Auteurs .

Figure 66 : Carte de l'environnement immédiat du site, Source : Auteurs.

Figure 67 : Diagramme durée d'insolation à Cherchell, Source : Meteonorm8 et traité par l'auteur.

Figure 68 : Diagramme durée d'insolation à Cherchell, Source : Meteonorm8 .

Figure 69 : Diagramme de la précipitation à Cherchell, Source : Meteonorm 8.

Figure 70 : Rose des vents de la ville de Cherchell , Source : climate consultant6.0 .

Figure 71 : L'humidité de la ville de Cherchell , Source : météo norm8 .

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

Figure 73 : Diagramme de GIVONI de la période estivale , Source : climate consultant6.0

Figure 74 : Diagramme de GIVONI de la période annuel, Source : climate consultant6.0

Figure 75 : carte de l'analyse climatique du site, Source : Auteurs.

Figure 76 : Carte de la mobilité douce, Source : Auteurs .

Figure 77 : Graphe des arbres utilisés, Source: Auteurs .

Figure 78 : Aménagement des espaces extérieurs, Source : Auteurs.

Figure 79 : Carte de gestion des déchets, Source : Auteurs .

Figure 80 : Schéma explicatif du système de récupération des eaux pluviales par le bassin de rétention, Source : google image .

Figure 81 : Schéma montre le système de récupération des eaux pluviales par la toiture, Source : Auteurs.

Figure 82 : Couches d'une toiture végétalisée, Source : Dsdrenov.

Figure 83 : Coupe explicatif de l'adaptation au terrain, Source : Auteurs.

Figure 84 : Schéma des gradins de transition de la partie haute à la partie basse, Source : Auteurs.

Figure 85 : Schéma des usagers du centre commerciale, Source: Auteurs .

Figure 86 : Schéma des besoins des usagers, Source : Auteurs .

Figure 87 : Organigramme fonctionnel RDC, Source : Auteurs.

Figure 88 : Organigramme fonctionnel R+1, Source : Auteurs.

Figure 89 : Organigramme fonctionnel R+2, Source : Auteurs.

Figure 90 : Organigramme fonctionnel R+3, Source :Auteurs.

Figure 91 : Organigramme spatiale RDC, Source : Auteurs.

Figure 92 : Organigramme spatiale R+1 , Source : Auteurs.

Figure 93 : Organigramme spatiale R+2, Source : Auteurs.

Figure 94 : Organigramme spatiale R+3, Source : Auteurs.

Figure 95 : Programme surfaciques, Source : auteur.

Figure 96 : Esquisse qui représente l'idée la place centrale du projet, Source :Auteurs.

Figure 97 : Plan du forum romain, Source: bddidier.fr traité par les auteurs.

Figure 98 : Vue en 3d de la villa romaine à côté de la mer, Source : Google image.

Figure 99 : Coupe mentant le principe des villas romaines, Source : Auteurs.

Figure 100 : Schéma qui montre l'accessibilité au site et les zones de stationnement, Source : Auteurs.

Figure 101 : Atrium végétalis, Source : Archdaily

Figure 102 : Forme d'un arbre dans l'espace centrale du OASIS 365, Source : Archello.

Figure 103 : L'orientation du bâtiment par rapport au vents dominants, Source : Auteurs.

Figure 104 : Schéma de zonage thermique . Source : Auteurs.

Figure 105 : Coupe schématique illustre le fonctionnement de la ventilation naturelle par l'atrium, Source : Auteurs.

Figure 106 : Coupe schématique illustrant la pénétration du rayonnement solaire assurant l'éclairage naturel, Source : Auteurs .

Figure 107 : Dispositifs d'ombrage, Source : Auteurs.

Figure 108 : Schéma d'utilisation de P.V, Source: Auteurs .

Figure 109 : Photo des ombrières photovoltaïques, Source : Google image .

Figure 110 : Composants des lampadaires solaires, Source :Google image.

Figure 111 : Outdoor atrium at Marina One, Singapore, Source : Life and arts.

Figure 112 : Canalisation des vents frais, Source : Auteurs

Figure 113 : Entrée principale (perspective et élévation), Source : Auteurs.

Figure 114 : Connexion visuelle avec la nature. Source : Auteurs

Figure 115 : Positionnement de la toiture, Source : Auteurs .

Figure 116 : Façade principale du projet, Source : Auteurs .

Figure 117 : Arcade du forum, Source : Google image .

Figure 118 : Modèle 3d de la structure poteaux-poutres, Source : Auteurs

Figure 119 : Modèle 3d de la toiture, Source : Auteurs .

Figure 120 : Eléments structurels de jonction de la toiture au socle, Source : Auteurs.

Figure 121 : Structure suspendue à câble – à mât central, Source : Auteurs .

Figure 122 : L'ensemble des éléments structurels, Source : Auteurs .

Figure 123 : Fonctionnalités du logiciel Design Builder, Source : (Batisim.net).

Figure 124 : Schéma de méthode de simulation, Source : Auteurs.

Figure 125 : Figure 125 : Le volume a simulé, Source : design Builder .

Figure 126 : Les plans de volume a simulé, Source : design Builder traité par Auteurs .

Figure 127 : Scénarios de fonctionnement pendant la période hivernale , Source : design Builder traité par Auteurs .

Figure 128 : Scénarios de fonctionnement pendant la période estivale , Source : design Builder traité par Auteurs .

Figure 129 : Choix des variantes étudiées , Source : Auteurs .

Figure 130 : Graphes des résultats du confort thermique après l'utilisation de matériaux standard, Source : Design Builder.

Figure 131 : Graphes des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de cas standard, Source :

Design Builder

Figure 132 : Graphes des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source : Design Builder

Figure 133 : Graphes des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source : Design Builder .

Figure 134 : Graphes des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisés avec double vitrage, Source : Design Builder .

Figure 135 : graphes des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source : Design Builder .

3. Liste des tableaux :

Tableau 01 : Les stratégies climatiques passives, Source : Auteurs.

Tableau 02 : Paramètres du confort hygrothermique, Source : (ASHRAE Handbook, 2017 ; ISO 7730, 2005 ; Fanger, 1970).

Tableau 03 : Les types des centres commerciaux, source : CNCC.

Tableau 04 : Etude ergométrique, source : Neufert.

Tableau 05 : Analyse des exemples, source : Auteurs.

Tableau 06: Analyse diachronique de Cherchell, source : Auteurs.

Tableau 07 : Analyse synchronique de cherchell, Source : Auteurs.

Tableau 08 : Analyse morphologique de la ville actuelle selon les 4 systèmes (Danieul et Borie), Source : Auteurs.

Tableau 09 : Analyse morphologique de la zone d'étude, Source : Auteurs.

Tableau 10 : Analyse SWOT, Source : Auteurs.

Tableau 11 : Analyse climatique de la ville de Cherchell, Source : Auteurs.

Tableau 12 : Les stratégies climatique, Source : Auteurs.

Tableau 13 : Caractéristiques des arbres, Source : Auteurs.

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des arbres. Source : Auteurs.

Tableau 15 : Les éléments du système de récupération des eaux pluviales par la toiture, Source : Auteurs.

Tableau 16 : Les fonctions mères, groupements et activités. Source : Auteurs.

Tableau 17 : Les matériaux écologiques et leur utilisation dans le proje, Source : Auteurs.

Tableau 18 : Genèse du projet , Source : Auteurs.

Tableau 19 : Composition de façade, Source : Auteurs.

Tableau 20 : Système structurel et technologies constructives, Source : Auteurs.

Tableau 21 : Caractéristiques thermiques des matériaux , Source : Auteurs.

Tableau 22 : Caractéristiques thermiques des matériaux , Source : Auteurs.

Tableau 23 : Caractéristiques thermiques des variantes étudiées , Source : Auteurs.

Tableau 24 : Tableau des résultats du confort thermique après l'utilisation de matériaux standard, Source : Design Builder traité par auteurs.

Tableau 25 : Tableau des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de matériaux standard, Source :

Design Builder traité par auteurs.

Tableau 26 : Tableau des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture végétalisée, Source :

Design Builder traité par auteurs.

Tableau 27 : Tableau des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture végétalisé, Source :

Design Builder traité par auteurs.

Tableau 28 : Tableau des résultats du confort thermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisées avec double vitrage, Source :Design Builder traité par auteurs.

Tableau 29 : Tableau des résultats du confort hygrothermique après l'utilisation de toiture et mur végétalisées avec double vitrage, Source :Design Builder traité par auteurs.

Annexes

Analyse énergétique :

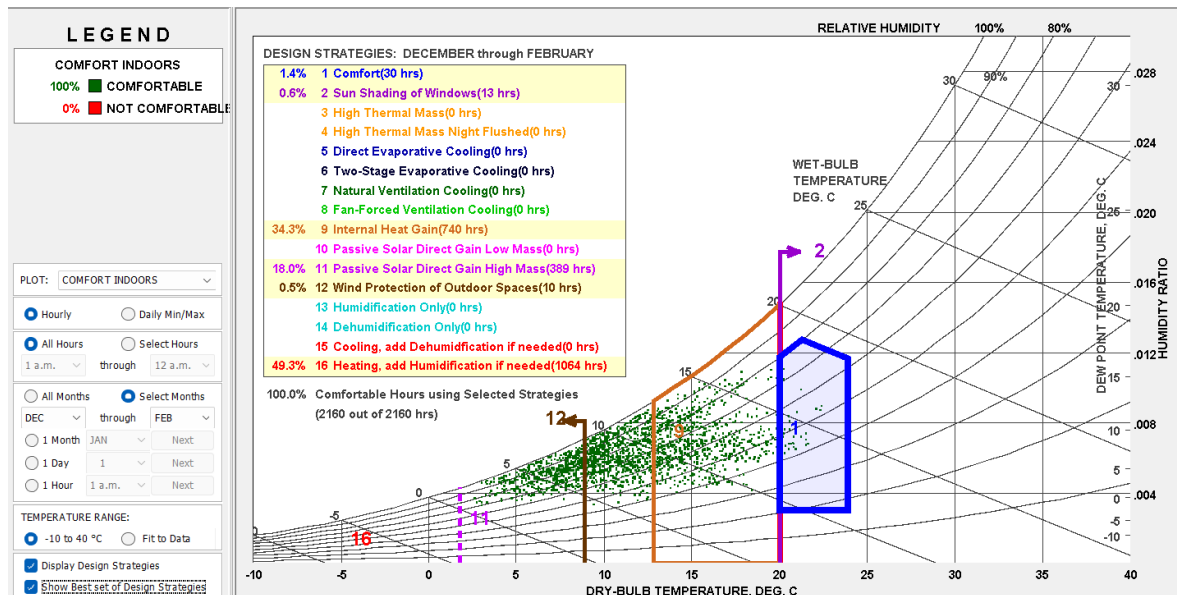


Diagramme de GIVONI de la période hivernale.

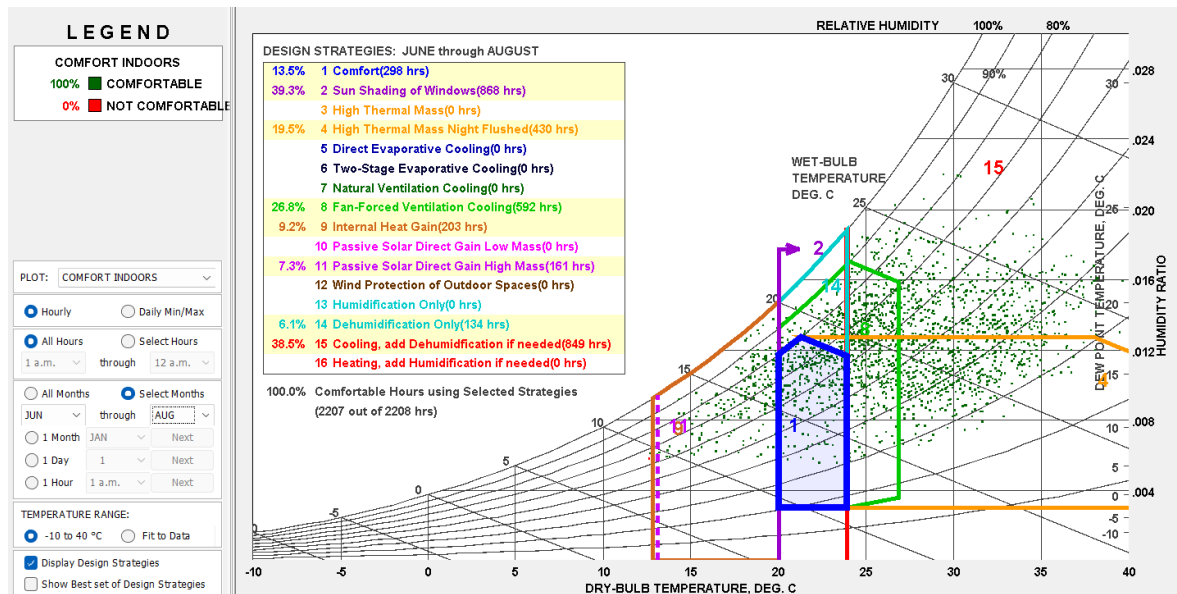


Diagramme de GIVONI de la période estivale .

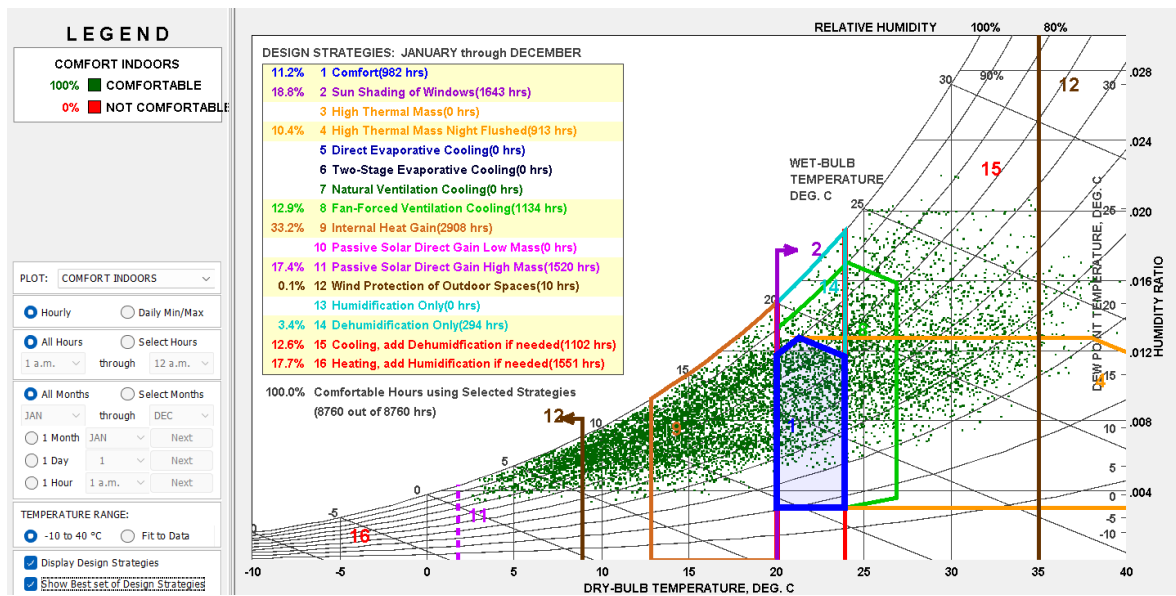


Diagramme de GIVONI de la période annuel .

Fonction	Espace	Sous espace	Surface	Nombre	Surface totale
Acceuil principale	Hall	-Acceuil	1120 m²	1	1120 m²
Gestion	Administration	-Hall de reception	28 m²	1	28 m²
		-Secrétaire	14 m²	1	14 m²
		-Bureau directeur	28 m²	1	28 m²
		Bureau personnel +	45 m²	1	45 m²
		Bureau comptable +			
		Bureau de gestion			
Vente	-supérette	-Salle de réunion			
		-Sanitaire H/F	22 m²	1	22 m²
			10 m²	1	10 m²
	-Mgasins	-Espace de vente	780 m²	1	780 m²
		-boulangerie	28 m²	1	28 m²
		-boucherie	21 m²	1	21 m²
		-Stockage	129 m²	1	129 m²
		-Chambre froide	50 m²	1	50 m²
		-Magasin de vêtements femme	260 m²	1	260 m²
		-Magasin de vêtements de bain et de plage	214 m²	1	214 m²
		-Magasin de vêtements homme	200 m²	1	200 m²
		-vêtements pour enfants et bébés	300 m²	1	300 m²
		-Magasin de chaussures	185 m²	1	185 m²
		-Magasin de outils de pêche	214 m²	1	214 m²

	-Boutiques	-boutique des accessoires	48 m²	1	48 m²
		-boutique artisanale	60 m²	1	60 m²
		-Parfumerie	44 m²	1	44 m²
		-Boutique de souvenirs	60 m²	1	60 m²
		-Boutique de sacs & maroquinerie	44 m²	1	44 m²
		-Boutique de lunettes de soleil	44 m²	1	44 m²
		-Boutique de cosmétiques naturels	48 m²	1	48 m²
		-boutique des articles de plage	60 m²	1	60 m²
		-Boutique de décoration marine artistique	60 m²	1	60 m²
		-Boutique de matériel artistique	60 m²	1	60 m²
		-Boutique d'art local et photographie marine	48 m²	1	48 m²
		-boutique de vêtements de sport	60 m²	1	60 m²
		- Boutique de jeux et jouets	48 m²	1	48 m²
Restauration	-Restaurant	-Cuisine	35 m²	1	35 m²
		-Depot	6 m²	1	6 m²
		-Chambre froide	6 m²	1	6 m²
		-Chambre de personnel	7 m²	1	7 m²
		-Salle de consommation	360 m²	1	360 m²
		-Sanitaires	12 m²	1	12 m²
		-Local poubelle	4 m²	1	4 m²
	-Cafétéria	-Cuisine	24 m²	1	24 m²
		-Depot	10 m²	1	10 m²

	-Restaurant	-Chambre froide	4 m²	1	4 m²
		-Salle de consommation	170 m²	1	170 m²
		-Sanitaires	12 m²	1	12 m²
		-Cuisine	56 m²		56 m²
		-Depot	13 m²		13 m²
		-Chambre froide	9 m²		9 m²
		-Salle de consommation	152 m²		152 m²
Projection	-Cinéma	-Sanitaires	12 m²		12 m²
	-Salle de conférences	-Hall d'accueil	19 m²	1	19 m²
		-Guichet billetterie	10 m²	1	10 m²
		-Consommation	22 m²	1	22 m²
		-Archive	44 m²		44 m²
		-Salle de projection	123 m²	1	123 m²
Exposition	-Galerie d'art	-Local technique	26 m²	1	26 m²
		-Bureau de gestion	27 m²	1	27 m²
		- Bureau du personnel	16 m²	1	16 m²
		-Sanitaires	27 m²	1	27 m²
	-Salle de conférences	-Hall d'accueil/reception	108 m²	1	108 m²
		-Espace d'attente	32 m²	1	32 m²
		-Salle de conférences	123 m²	1	123 m²
		-Local technique	26 m²	1	26 m²
		-Bureau de gestion	44 m²	1	44 m²
Loisir	-Salle de jeux	-Sanitaires	43 m²	1	43 m²

		- Bureau de gestion -Sanitaires	16 m ² 27 m ²	1 1	16 m ² 27 m ²
Sport	-Salle de sport	-Réception -Salle de fitness -Douches -Vestiaires -Sanitaires	10 m ² 170 m ² 12 m ² 15 m ² 10 m ²	1 1 1 1 1	10 m ² 170 m ² 12 m ² 15 m ² 10 m ²

Figure : Programme surfaciques, Source : auteurs.