



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

UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA -01-

Département d'Architecture et d'Urbanisme.

Mémoire de Master en Architecture.

Thème de l'atelier : Architecture, environnement et Technologie.

Mémoire : Intégration de l'architecture végétale pour une optimisation du confort hygrothermique dans les espaces extérieurs

P.F.E : La conception d'un un centre multifonctionnel d'échanges culturels et d'animation à Bab Ezzouar

Présenté par :

- **Talbi Céline Aya (mat : 192032033025)**
- **Ouikene Aya (mat : 202031080526)**

Groupe : 05

Encadré par :

Dr. BOUKARTA Sofiane

Dr. ATIK Tarik

Membres du jury :

Dr. BEHIRI

Mr. TIBERMACHINE

Année universitaire : 2024 / 2025



Remercîment :

Louange à DIEU le Tout-Puissant qui nous a prêté force et courage pour achever ce travail dans les conditions qu'IL a choisi.

Nos vifs remerciements à nos professeurs Dr BOUKARTA Sofiane et Dr ATIK Tarik qui nous ont prêté leur soutien indéfectible et nous ont comblés de leurs conseils éclairés durant tout le processus. Nous remercions également tous ceux qui ont eu une pensée pour nous de près ou de loin, ne serait-ce qu'avec leurs prières et leurs désirs de nous voir atteindre ce niveau scientifique.

Dédicace :

Je dédie ce mémoire, tout d'abord, à la mémoire de ma chère grand-mère, qu'ALLAH LUI accorde SA miséricorde et l'accueille dans SON vaste paradis. Son amour et ses prières m'ont toujours accompagné depuis le tout début, merci pour tout.

À mes chers parents, pour leur soutien inconditionnel, leur patience, leurs sacrifices et leur amour infini au quotidien. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir aidé et tout donné chacun d'entre vous à sa manière.

À mon frère Abdessamad, source quotidienne de joie et de bonne humeur. Merci pour tes rires qui allègent les moments les plus stressants.

À ma binôme Aya, avec qui j'ai partagé cette année de travail, mais aussi plusieurs années d'amitié, de fous rires et plein de réussites dans notre parcours. Merci pour ta complicité et ton engagement.

À mes amies fidèles, celles qui ont été là depuis le début : Rayane et Meriem, avec qui j'ai grandi, appris, et travaillé depuis ma première année dans cette université. Enfin à Samah, Lyna, et Amira, mes meilleures amies pour leur présence, leur soutien et leur amitié précieuse tout au long de ce parcours et bien avant.

Merci à chacun d'entre vous. Ce mémoire est un peu le vôtre aussi.

TALBI CERINE AYA

Peu importe les mots que j'emploierai, ils ne seront jamais suffisants pour exprimer tout l'amour et la reconnaissance que je ressens.

À mes parents, Merci pour votre amour inépuisable, vos sacrifices silencieux et votre soutien indéfectible. Vous m'avez toujours poussée à donner le meilleur de moi-même, et c'est en grande partie grâce à vous que j'en suis arrivée là. Ce mémoire vous est dédié, de tout cœur.

À mes sœurs Hind et Nada, Merci pour votre présence constante, vos encouragements et vos mots réconfortants. Vous avez toujours su m'apaiser quand j'en avais besoin, et me faire sourire dans les moments difficiles.

À ma chère binôme Céline, Je n’imagine pas ce projet sans toi. Merci pour ton sérieux, ta patience et ton énergie positive. Merci pour les heures de travail accomplies ensemble et pour ta présence constante. Travailler à tes côtés a été un vrai plaisir, et une belle expérience que je garderai en mémoire.

À mes amies Melissa, Houda, Meriem et Rayane, et à mes cousines Khouloud et Zina, Votre amitié m'a portée. Merci pour votre écoute, vos conseils, vos petites attentions, et surtout pour avoir été là, simplement, sincèrement.

À toutes celles et ceux qui ont croisé mon chemin,
Merci pour les souvenirs, les échanges, les entraides et le soutien partagé.

OUIKENE AYA

Résumé :

Afin de répondre efficacement aux enjeux environnementaux et sociaux auxquels fait face le quartier d'affaires de Bab Ezzouar, une zone urbaine dense et humide d'Alger, une recherche approfondie a été entreprise sur les différents facteurs influençant le confort hygrothermique dans les espaces extérieurs, en allant de l'analyse du tissu urbain à l'étude de l'influence des éléments végétaux intégrés à l'architecture, dans le but de développer des solutions innovantes qui répondent au contexte urbain, humain et climatique spécifique de Bab Ezzouar. Cette recherche vise à proposer une architecture végétale intégrée, capable d'améliorer la qualité de vie, de renforcer l'habitabilité et d'optimiser les conditions microclimatiques d'un espace dominé par le minéral et la circulation automobile.

Notre étude s'est appuyée sur une approche typo-morphologique et sensorielle, enrichie par des enquêtes de terrain, et une analyse SWOT, nous permettant de définir la thématique du projet : un centre multifonctionnel d'échanges culturels et d'animation à Bab Ezzouar. La recherche thématique a donc été structurée en trois volets : la revalorisation du tissu urbain à travers un parcours de découverte qui traverse tout le projet allant du boulevard principal jusqu'au parc urbain de BEZ, les espaces de rencontres et d'animation culturelle, et enfin, l'intégration des espaces verts et jardins suspendus.

Le projet s'inscrit dans une démarche de régénération urbaine visant à réintroduire la dimension humaine dans un quartier dominé par l'automobile, en proposant un parcours immersif et sensoriel incitant les visiteurs à entrer dans le projet. Inspiré par une lecture sensible du site, le centre s'articule autour d'une série d'espaces ouverts, ombragés, végétalisés et perméables, jouant un rôle crucial dans l'amélioration du confort extérieur et la création d'un microclimat favorable. Les jardins suspendus et les toitures végétalisées participent à cette stratégie, en créant des lieux de repos, d'échange, d'interactions sociales et de fraîcheur, tout en contribuant à la réduction des effets d'îlots de chaleur urbains.

Enfin, afin de renforcer notre approche environnementale et valider les performances hygrothermiques du projet, nous avons mobilisé plusieurs outils numériques, tels que Meteonorm, Climate Consultant, et Envi-met.

Mots clés : confort hygrothermique, architecture végétale, microclimat, habitabilité, Bab Ezzouar, centre culturel, toitures végétalisées.

الملخص:

من أجل الاستجابة بفعالية للتحديات البيئية والاجتماعية التي يواجهها حي الأعمال بباب الزوار، وهو منطقة حضرية كثيفة ورطبة في الجزائر العاصمة، تم إجراء بحث معمق حول العوامل المختلفة التي تؤثر على الراحة الحرارية والرطوبة في الفضاءات الخارجية، بدءاً من تحليل النسيج العمراني وصولاً إلى دراسة تأثير العناصر النباتية المدمجة في العمارة، وذلك بهدف تطوير حلول مبتكرة تتماشى مع السياق الحضري والإنساني والمناخي الخاص بباب الزوار. يهدف هذا البحث إلى اقتراح عمارة نباتية مدمجة قادرة على تحسين جودة الحياة، وتعزيز قابلية العيش، وتحسين الظروف المناخية المصغرة في منطقة يهيمن عليها الطابع المعدني وحركة المرور.

، مما مكّننا من SWOT اعتمدت دراستنا على منهجية نيبو-مورفولوجية وحسية، مدعومة بتحقيقات ميدانية وتحليل تحديد موضوع المشروع: مركز متعدد الوظائف للتبادل الثقافي والتنشيط الحضري في باب الزوار. وقد تم تقسيم البحث الموضوعي إلى ثلاث محاور: إعادة تأهيل النسيج الحضري عبر مسار اكتشافي يعبر كامل المشروع من الشارع الرئيسي إلى غاية الحديقة الحضرية لباب الزوار، فضاءات اللقاء والتنشيط الثقافي، وأخيراً دمج الفضاءات الخضراء والحدائق المعلقة.

يأتي المشروع ضمن مقاربة تهدف إلى إعادة إدماج البعد الإنساني في حي يهيمن عليه استعمال السيارة، من خلال اقتراح مسار غامر وحسي يشجع الزوار على دخول المشروع. مستلهماً من قراءة حساسة للموقع، يتكون المركز من سلسلة من الفضاءات المفتوحة، المظللة، المزروعة، والنفاذة، تلعب دوراً أساسياً في تحسين الراحة الخارجية وخلق مناخ محلي ملائم. وتساهم الحدائق المعلقة والأسطح النباتية في هذه الاستراتيجية، من خلال خلق أماكن للراحة، والتبادل، والتفاعل الاجتماعي، والانتعاش، بالإضافة إلى دورها في الحد من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية.

وأخيراً، ولتعزيز مقاربتنا البيئية وتأكيد الأداء الحراري والرطوبي للمشروع، تم استخدام العديد من الأدوات الرقمية، مثل Envi-met وClimate Consultant وMeteonorm مثل

الراحة الحرارية والرطوبة، العمارة النباتية، المناخ المصغر، قابلية العيش، التحسين المناخي، باب :الكلمات المفتاحية ، مركز ثقافي، مسار اكتشافي، SWOT الزوار، الجزائر، المناطق الرطبة، التنشيط الحضري، التحليل الحضري، تحليل ، Envi-met، Climate Consultant، Meteonorm الأسطح النباتية، جودة الحياة،

Liste des figures :

Figure 1:organisation de l'état de l'Art.	29
Figure 2: Schéma de relation entre l'habitabilité et les espaces publics	30
Figure 3: Transferts thermiques d'un bassin	32
Figure 4: Ombrage par une treille. (Source : Alain Liébard, André De Herde 2006)	32
Figure 5: La végétation : une protection thermique saisonnière (Source : Alain Liébard, André De Herde, 2006)	33
Figure 6:Le cycle du carbone (schoolmouv.fr).....	34
Figure 7:Le transfert de l'eau du sol vers l'atmosphère (www.onf.fr)	34
Figure 8:Comparaison entre les votes de sensation effective (VSA) obtenus à partir des questionnaires et le vote prévisible moyen (PMV) d'Athènes, calculé à partir du modèle mathématique, pour chaque interview.	36
Figure 9: Part des usagers se sentant confortables pour différents ASV, dans différentes villes selon la saison (Summer=été, Autumn=automne, Spring=printemps, Winter=hiver).	36
Figure 10: Profils de vitesse du vent selon la nature des surfaces urbaines : la rugosité α augmente dans les zones urbaines denses ; source : RUROS 2003.....	38
Figure 11: le rôle de la végétation dans l'atténuation de l'effet du sillage.	38
Figure 12:Le phénomène de canalisation du vent : cas particulier de l'effet Venturi	38
Figure 13: Organigramme du processus d'analyse de la morphologie urbaine. INPUT=données d'entrée, OUTPUT=données de sortie.	40
Figure 14:Carte du facteur de vue du ciel : les tons clairs indiquent des valeurs élevées (Algorithme Matlab de Rati et al 2005).	40
Figure 15: Carte d'ombrage solaire. Les gris les plus sombres correspondent aux zones qui demeurent le plus souvent à l'ombre en moyenne annuelle.	40
Figure 16: Roses des vents pour Cambridge UK	41
Figure 17:Profil de diversité environnementale d'un espace ouvert.	41
Figure 18: Les galeries longeant une zone piétonne assurent une protection solaire et contre la pluie.	42
Figure 19:Espaces extérieurs semi-enterrés. De grandes installations d'ombrage.....	42
Figure 20:Les différents types de toits végétalisés. Source : Toitures utiles - L'Union sociale pour l'habitat (2024).....	46
Figure 21:Représentation schématique des composantes d'une toiture végétalisée	47

Figure 22:Gradient de température ville/milieu rural (source : ADEME 2012).....	48
Figure 23:Températures de l'air intérieur des bâtiments avec et sans toit végétal. (source: Green Roofs as an Approach Towards Thermal Enhancement in Buildings Abdulrahman Mustafa Elmoghazy (2021)	50
Figure 24:Illustration des domaines température-humidité de l'air intérieur à éviter en regard des problèmes de santé d'après le Fauconnier 1992.	54
Figure 25:Matériaux isolants.	56
Figure 26:Les mécanismes de transmission thermique dans le bâtiment.....	56
Figure 27:schéma des paramètres influant sur le confort hygrothermique.	57
Figure 28:Relation entre PMV et PPD, source : Mazouz S.....	58
Figure 29:Critères de choix de la ville. Source : Auteur	65
Figure 30:Porte urbaine ; pour les visiteurs. Source : Auteur par l'IA Freepik	65
Figure 31:Carte de BabEzzouar a l'échelle régionale ; Source : Google Earth traitée par les auteurs.....	66
Figure 32:Carte de BabEzzouar avec ses communes avoisinantes ; Source : Carte Google maps traitée par les auteurs.....	66
Figure 33:Carte d'accessibilité de BabEzzouar ; Source : Carte Google maps traitée par les auteurs.....	66
Figure 34:Diagramme de la population par tranche d'Age à Bab Ezzouar ; Source : APC	67
Figure 35:Diagramme de répartition des logements habités selon le nombre de pièce	67
Figure 36:Chronologie des périodes d'urbanisation en Algérie.....	68
Figure 37:L'émergence de la ville de Bab Ezzouar source : Pour une approche de renouvellement urbain : Cas de la ZHUN de Bab Ezzouar, BENAMEUR Amina Hadia, 2010.	69
Figure 38: Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur. La période pré coloniale (avant1830)	70
Figure 39: Alger avant 1830 ; Source : gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France ..	70
Figure 40:Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.....	70
Figure 41:Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.....	70
Figure 42: carte de Bab Ezzouar à l'époque coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.....	70
Figure 43:Retour de la chasse (1830) ; Source : POS de BabEzzouar.	70

Figure 44:Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.....	72
Figure 45:Carte synthèse de l'historique de Bab Ezzouar ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.....	72
Figure 46:Maison de la Casbah ; Source : maison-monde.com	74
Figure 47:100 : La casbah ; Source : alamy.com.....	74
Figure 48:Maison de la Casbah ; Source : maison-monde.com	74
Figure 49:Maison de la Casbah ; Source : merveilledalgerie.centerblog.net/	74
Figure 50:Façade d'une maison de la Casbah / Source : rehabimed.net/	74
Figure 51: Maison de la Casbah ; Source : maison-monde.com	74
Figure 52:Eléments architecturaux des maisons de la Casbah ; Source : media.hal.science	74
Figure 53:Patrimoine architecturale coloniale, Source : journals.openedition.org	75
Figure 54: Espaces verts, Source : nevers.fr.....	75
Figure 55:Architecture des maisons d'Alger, Source : Asma Hadjilah 2016	75
Figure 56:les équipements de la ville coloniale, Source : researchgate.net	75
Figure 57: Façades d'un bâtiment à Alger, Source : alamyimages.fr.....	75
Figure 58: photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	76
Figure 59:la contribution de la végétation la régulation du climat.....	76
Figure 60:photo de la ville de BabEzzouar.....	76
Figure 61:photo du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	76
Figure 62: orientation du bâtiment et ensoleillement	76
Figure 63:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	76
Figure 64:Mobilité a BEZ (source : auteur)	77
Figure 65:Activités à BEZ (source : auteur).....	77
Figure 66:carte de BEZ montrent l'aire d'étude (source : POS traite par l'auteur).....	77
Figure 67:Topographie de Bab Ezzouar (source : auteur)	77
Figure 68:Types de terrains à Bâb Ezzouar (source : auteurs)	77
Figure 69: 3D du quartier d'affaires.....	77
Figure 70:Carte Hiérarchisation des voies. Source : Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs	78
Figure 71:Carte de mobilité (source : auteurs)	78
Figure 72:Carte flux de stationnement : source : auteur)	78
Figure 73:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	78

Figure 74: Carte de la perception de la sécurité, Source : Umap	79
Figure 75:photo du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	79
Figure 76:Carte types de voies (source auteur)	79
Figure 77:Carte système parcellaire (source : auteur).....	80
Figure 78:Carte tailles des ilots, (source : auteur).....	80
Figure 79:Cartes formes des parcelles, (source : auteur).....	80
Figure 80:Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs A: USTHB, B: Hôtel mercure, C: Centre commercial, D: gare ferroviaire	81
Figure 81:Carte fonctions urbaines (source : auteur)	81
Figure 82:Typologies urbaines : Source : Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs	81
Figure 83:Coupe AA.....	81
Figure 84:Skyline de Bâb Ezzouar traité par l'auteur	81
Figure 85:état du bâti (source : auteur).....	82
Figure 86:Densité bâti Source : Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs.....	82
Figure 87:Espaces libres (source : auteur).....	82
Figure 88:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	82
Figure 89:Espaces libres (source : auteur).....	82
Figure 90:Alignement du bâti (source : auteur).....	82
Figure 91: analyse de l'imagilte de BEZ, Source : auteur	83
Figure 92:Image mentale de BEZ ; (Source : auteur).....	83
Figure 93:Carte de l'analyse sensorielle, Source : auteurs	84
Figure 94 : photos du quartier d'affaires de BabEzzouar Séquence 1, Source : auteurs	84
Figure 95:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar Séquence 3, Source : auteurs	84
Figure 96:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar Séquence 2, Source : auteurs	84
Figure 97:Diagramme Psychrométrique Pour Bâb Ezzouar ; Source : Climate consultant	87
Figure 98:Diagramme des températures journalières, Source : Meteonorm 8.....	88
Figure 99: Diagrammes de l'ensoleillement et des radiations solaires, Source : meteonorm 8	88
Figure 100: Diagramme des précipitations, Source : meteonorm 8	88
Figure 101: Rose des vents, mensuelles et annuelles, Source : meteonorm 8.....	88
Figure 102: Diagramme Psychrométrique Pour Bâb Ezzouar ; Source : Climate consultant	88
Figure 103:Situation du site (source : auteur)	90

Figure 104:Situation du site (source : auteur)	90
Figure 105:Forme et dimensions du site, Source : auteur	90
Figure 106:Ensoleillement et vents du vent Source : auteur	90
Figure 107: Atouts du site, Source : auteur	90
Figure 108: Coupe de la topographie du site, Source : auteur.....	90
Figure 109: schéma des concepts architecturaux, Source : auteur	91
Figure 110: Logique d'implantation des entités ; Source : auteur	95
Figure 111: Logique d'implantation des espaces extérieurs	96
Figure 112:Logique d'implantation des blocs de circulation.....	96
Figure 113: jardins thématiques, Source : auteur	96
Figure 114: Terrasses ; Source : Auteur.....	97
Figure 115:jardin thématique, Source : auteur	97
Figure 116:Circulation horizontale et verticale dans le projet ; Source ; par l'auteur	97
Figure 117: Parcours central du projet, Source : auteur	97
Figure 118:Tipuana tipu (fr.wikipedia.org)	98
Figure 119:Olea europaea (en.todoarboles.com).....	98
Figure 120:: Rosmarinus officinalis (innocentiemangoniante.it	98
Figure 121:Nerium oleander nain (monstera-app.com)	98
Figure 122:Pittosporum tobira (monstera-app.com)	98
Figure 123:Santolina chamaecyparissus (crocus.co.uk).....	98
Figure 124:Teucrium chamaedrys (rareroots.com)	98
Figure 125: Fougères (jardin-et-ecotourisme.fr.....	98
Figure 126: Phlomis fruticosa (pepiniere-delarabine.com)	98
Figure 127:Lonicera nitida (jardinpourvous.com)	98
Figure 128:Aspidistra elatior (picturethisai.com	98
Figure 129:Alocasia ou Colocasia (larevuevertu.com)	98
Figure 130: Activités extérieurs ; Source :	
https://fr.pinterest.com/pin/10414642882416899/Marché participatif	98
Figure 131:Activités extérieurs ; Source : https://fr.pinterest.com/pin/10414642882416899/	98
Figure 132:Mobilier urbains utilisés dans le projet, Source : auteur.....	98
Figure 133:roquis de la façade principale (nord) ; Source : auteur	99
Figure 134:Principes utilises dans les façades (façade est) ; source : Inscape ; traitée par l'auteur	99

Figure 135:Principes utilises pour accentuer la perspective (façade sud) source : auteur ..	99
Figure 136:Principes utilises dans la façade principale (façade nord) ; source : auteur.....	99
Figure 137: Matériaux de construction, source : auteurVerre thermo chrome	100
Figure 138:Matériaux de construction, source : auteur	100
Figure 139:système structurel du projet ; Source :auteur	100
Figure 140:Configuration spatiale du projet, Source :auteur	101
Figure 141:Parcours de découverte du projet, Source : auteur.....	101
Figure 142: marché participatif, Source : auteur	101
Figure 143:théâtre en plein air, source : auteur	101
Figure 144:et terrasses végétalisées, source : auteur	101
Figure 145:Stratégies environnementales utilisées dans notre projet ; Source	102
Figure 146: volumétrie du projet, Source :auteur.....	103

Liste des tableaux :

Tableau 1:La hauteur géostrophique et la rugosité pour trois types de surface.....	37
Tableau 2:Synthés de l'étude d'évaluation des conditions de rayonnement	39
Tableau 3:Les activités que peut considérer un espace public ;(Source : GUIDE D'AMÉNAGEMENT DES ESPACES PUBLICS, FNAU 2022).....	42
Tableau 4:étude de microclimat.....	43
Tableau 5:Tableau comparatif des types de toitures végétalisées (source : la végétalisation des bâtiments : Med Bouattou, Fuchs Alain 2009, traité par l'auteur).....	46
Tableau 6:Entretien et arrosage des systèmes de végétalisation (source : Abderrezak, 2010) traité par l'auteur	48
Tableau 7:synthèse : avantages des toitures végétalisées	51
Tableau 8: Synthés des facteurs influencent le confort hygrothermique.....	55
Tableau 9:Synthèse de l'exemple du centre communautaire de Billère, France :.....	61
Tableau 10:Synthèse de l'exemple de la villa méditerranée, Marseille	62
Tableau 11:synthèse de l'exemple King Open school.....	63
Tableau 12:Reponse climatique, période précoloniale, Source : auteur.....	74
Tableau 13:Reponse climatique, période coloniale, Source : auteur	75
Tableau 14:Reponse climatique, période actuelle, Source : auteur	76
Tableau 15:types de voies, Source : auteur.....	79
Tableau 16:description des voies de BEZ.....	79
Tableau 17: formes des ilots, source : auteur.....	80
Tableau 18:synthese analyse "SWOT"	84
Tableau 19:analyse "SWOT"	85
Tableau 20:les actions de l'analyse "SWOT",auteur	86
Tableau 21: analyse du diagramme psychométrique	87
Tableau 22: synthèse de l'analyse climatique	88
Tableau 23: résultats de la simulation a 1 mètre.....	106
Tableau 24: résultats de la simulation a 6 mètres	106

Table des matières :

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	22
1.1. Introduction générale :.....	23
1.2. Problématique générale :	24
1.3. Problématique spécifique :	24
1.4. Hypothèses :	25
1.5. Objectifs :	25
1.6. Critères de choix du thème :	26
1.7. Méthodologie de recherche :	26
1.8. Structure du mémoire :	27
CHAPITRE 2 : L'ETAT DE L'ART	28
2.1 Introduction :	29
2.2. Habitabilité des espaces publics :	30
2.2.1. Définition de l'habitabilité :	30
2.2.2. Définition des espaces publics :	30
2.2.3. Différentes perspectives de l'habitabilité des espaces publics :	31
2.3 Notion de microclimat :	31
2.3.1 Définition :	31
2.3.2. Les différents éléments qui influencent le microclimat :	31
2.3.2.1. <i>L'influence de l'eau sur le microclimat</i> :	31
2.3.2.2. <i>L'influence de la végétation sur le microclimat</i> :	32
2.3.3 Rôles microclimatiques de la végétation :	33
2.3.3.1 <i>Refroidissement et rafraîchissement de l'air</i> :	33
2.3.3.2 <i>L'effet d'ombrage</i> :	34
2.3.3.3 <i>Effet d'oxygénation de l'air</i> :	34
2.3.3.4 <i>Effet de L'évapotranspiration de l'air</i> :	34
2.3.4. Conception d'espaces ouverts en milieu urbain :	35
2.3.4.1. <i>Modèles de confort thermique considérés dans RUROS</i> :	35

2.3.4.2. <i>Prise en compte du vent et de la MRT dans les espaces publics</i> :	37
2.3.4.3. <i>Evaluation des conditions du rayonnement dans les espaces extérieurs</i> :.....	39
2.3.4.4. <i>Morphologie urbaine</i> :	40
2.3.4.5. <i>Considération sociale dans le cadre de la conception des espaces publics</i> :	42
2.3.5. Conclusion :	43
2.4. L'architecture végétale :	44
2.4.1 Formes d'application de l'architecture végétale :	45
2.4.2 Les toitures végétalisées :	45
2.4.4 Avantages des toitures végétalisées :	48
2.4.4.1 <i>Avantages environnementaux et écologiques</i> :	48
2.4.4.2 <i>Avantages urbains et sociaux</i> :	49
2.4.4.3 <i>Confort acoustique des bâtiments</i> :	49
2.4.4.4 <i>Confort thermique des bâtiments</i> :	49
2.4.5 <i>Rafrâichissement par la végétalisation des espaces au contact des bâtiments</i> :.....	50
2.4.6. Conclusion :	52
2.5. Le confort hygrothermique :	53
2.5.1. Définition du confort :	53
2.5.1.1. <i>Les types de confort</i> :	53
2.5.2. Le confort thermique :	53
2.5.3. Le confort hygrothermique :	53
2.5.3.1. <i>Définition</i> :	53
2.5.3.2. <i>Les facteurs influencent le confort hygrothermique</i> :	54
2.5.3.3. <i>Les indices de confort hygrothermique</i> :	57
2.5.3.4. <i>Les outils d'évaluation du confort hygrothermique</i> :	58
2.5.3.5. <i>Le confort thermique et l'humidité</i> :	59
2.6. Synthèse générale :	59
2.7. Analyse thématique :	60

CHAPITRE 3 : CAS D’ETUDE	64
3.1. Introduction :	65
3.2. Présentation de la ville : Bab Ezzouar :.....	65
3.2.1. Critères de choix :	65
3.2.2. L'origine du mot Bâb Ezzouar :	65
3.2.3. Situation géographique : l'échelle régionale :	66
3.2.5. Vocation de la ville : Vocation économique : Quartier d'affaires ; Infrastructures ; Projets futurs.	66
3.2.6. Population	67
3.2.7. Contexte socio-économique :	67
3.3. L’analyse urbaine :	67
3.3.1. Analyse typo-morphologique :	68
3.3.1.1. <i>Analyse diachronique de la ville de Bab Ezzouar</i> :	68
3.3.1.2. <i>Analyse synchronique de la ville de Bab Ezzouar</i> :	77
Système bâti :	81
<i>Accessibilités et points de repère</i> :	81
<i>Fonctions urbaines</i> :	81
<i>Typologies urbaines</i> :	81
<i>Etat de bâti</i> :	82
<i>Espaces libres</i> :	82
<i>Spatialisation</i> :	82
<i>Espaces verts</i> :	82
<i>Façades et textures</i> :	82
3.3.2. Analyse sensorielle de la ville de BabEzzouar :	83
3.3.2.2. <i>Image mentale</i> :	83
3.3.2.3. <i>Analyse séquentielle</i> :	84
3.3.3. Analyse « AFOM » :	84

3.3.3.2. <i>Conclusions et recommandations</i> :	86
3.4. Analyse climatique :	87
3.5. Analyse du site :	90
3.5.1. Présentation de l'aire d'étude :	90
3.5.2 Accessibilité :	90
3.5.3 Caractéristiques du terrain :	90
3.5.4 Topographie :	90
3.6. Concepts fondamentaux du projet :	91
3.6.1. Pourquoi ce projet ? (Centre d'échange culturel et d'animation) :	91
3.6.2. Pourquoi cette thématique ? : (L'amélioration de l'habitabilité et du confort hygrothermique dans l'espace public à travers l'architecture végétale) :	91
3.6.3. Type d'implantation :	91
3.6.4. Concepts architecturaux :	91
3.7. Développement de la forme architecturale : (la genèse) :	92
3.8. Organisation spatiale :	95
3.8.1. Logique d'organisation :	95
3.8.2. Logique d'organisation des espaces extérieurs :	96
3.8.3. Circulation horizontale :	97
3.8.4. Circulation verticale :	97
3.9. Jardins et terrasses :	98
3.9.1. Types d'arbres :	98
3.9.2. Type de buisson :	98
3.9.3. Plantes décoratives et bacs à fleurs :	98
3.9.4. Activités extérieures :	98
3.9.5. Aménagement et mobilier urbain :	98
3.10. Analyse des façades :	99
3.10.1. Façades extérieures :	99

3.10.2. Façade principale :	99
3.10.3 Façades intérieures :	99
3.11. Analyse de l'enveloppe :	100
3.11.1 Matériaux :	100
3.11.2 Structure et système de construction :	100
3.12. Ambiances et qualites spatiales.....	101
3.13. Strategies environnementales.....	102
3.14. Simulation hygrothermique du microclimat : de l'espace exterieur du projet par Envi- met v3.1.....	103
3.14.1. Presentation de l'outil de simulation.....	103
3.14.2. Protocole de simulation.....	103
3.14.3. L'analyse d'ENVI-met pour le confort thermique exterieur.....	104
CHAPITRE 04 : CONCLUSION GENERALE.....	107
4.1. Conclusion générale.....	108
Bibliographie et références.....	109
Annexes.....	125

Abréviations :

BEZ : Bab Ezzouar

ICU : Îlot de Chaleur Urbain

MRT : Mean Radiant Temperature/ Température Moyenne Radiative

PMV : Vote Moyen Prévisible

PPD : Pourcentage Prévu d'Inconfort

PET : Température Equivalente Physiologique

POS : Plan d'Occupation des Sols

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

RUROS : Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces

SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats/ Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces

SVF : Facteur de visibilité du ciel

TEP : Température Équivalente Physiologique

VSA : Vote de sensation actuelle

L'approche pédagogique de l'atelier « Architecture et Environnement »

L'atelier « architecture et environnement » s'est donné comme objectif de sensibiliser les étudiants à une approche contextuelle et intégrée, alliant d'une manière harmonieuse l'échelle urbaine et architecturale tout en respectant les principes de la durabilité. Cette démarche vise à répondre aux défis majeurs du XXI^e siècle, notamment le changement climatique qui constitue la problématique écologique la plus urgente à laquelle l'humanité est confrontée. Aussi, et sous l'effet d'une mondialisation écrasante, l'identité architecturale s'est affaiblie. C'est bien dans ce cadre et contexte que l'atelier s'insère pour essayer de trouver des éléments de réponse à un équilibre entre exigences urbaines, architecturales, identitaires et environnementales.

Pour atteindre cet objectif, une analyse urbaine croisée a été mise en place, combinant à la fois l'analyse typomorphologique, sensorielle et SWOT. L'analyse typomorphologique s'intéresse à la lecture de la forme urbaine à travers deux temporalités, diachronique via laquelle, une lecture territoriale ainsi que la formation et transformation de la ville sont étudiées, et une analyse synchronique nous permettant d'identifier par la logique du tissu les types ainsi que les dysfonctionnements existants dans le secteur d'intervention. À travers cette approche, les étudiants seront appelés à trouver les réponses climatiques que chaque partie du tissu porte en elle. Puis l'analyse sensorielle vient enrichir la lecture spatiale par la perception et l'expérience des usagers dans l'espace urbain, ceci permettrait d'identifier l'image urbaine ou l'imagibilité de la ville en question. Enfin, l'analyse stratégique SWOT est considérée comme une approche de synthèse permettant aux étudiants de revenir sur l'analyse urbaine et d'en identifier les forces, faiblesses, risques et opportunités de leur aire d'étude et de proposer des solutions visant une stratégie urbaine que les étudiants auraient également identifiée. Cette approche nous a paru essentielle pour comprendre la dynamique urbaine, identifier les dysfonctionnements existants et proposer des solutions permettant d'améliorer la quotidienneté des habitants.

En réponse aux problématiques identifiées, les étudiants auront à proposer une programmation urbaine cohérente et adaptée et qui s'inscrit dans la stratégie urbaine préalablement définie. Cette approche vise à résoudre les dysfonctionnements et à renforcer les atouts du territoire en favorisant un développement urbain durable. Et c'est dans ce cadre contextuel précis que les étudiants auront à choisir et développer leurs projets de fin d'étude en lien direct avec les enjeux spécifiques à leur aire d'étude.

En s'appuyant sur les spécificités contextuelles de leurs projets ainsi que sur une revue de la littérature scientifique et technique, les étudiants pourront identifier le secteur de consommation le plus significatif de leurs projets. Cette étape leur permettra de cibler les stratégies passives pour améliorer la performance environnementale de leurs projets, en focalisant leur attention sur un seul aspect environnemental, tel que le confort hygrothermique, visuel et le confort thermique intérieur et extérieur en évaluant l'impact de l'aménagement extérieur. Par ailleurs, les étudiants auront à intégrer des stratégies passives telles que l'orientation, l'isolation, la composition, la végétation, la ventilation naturelle, etc. pour améliorer le confort et l'efficacité énergétique de leurs projets.

En parallèle, une recherche et analyse thématique ont été menées pour concevoir un espace cohérent sur le plan fonctionnel et environnemental. L'analyse thématique a porté sur des aspects variés, environnementaux, formels, fonctionnels et structurels, ainsi que d'autres paramètres tels que la biodiversité, les matériaux, ainsi que l'intégration paysagère.

Enfin, les étudiants se sont consacrés à la conception architecturale proprement dite, en cherchant à concilier les exigences architecturales et la performance environnementale. Pour cela, plusieurs outils, méthodes et logiciels spécialisés ont été mis à la disposition des étudiants pour les aider à affiner leurs propositions et à évaluer l'impact environnemental de leurs projets. Cette approche pédagogique vise, nous le souhaitons, à former des architectes capables de concevoir des projets architecturaux respectueux de leur environnement, « parfois » innovants et adaptés aux défis climatiques actuels.

Chargé d'atelier : Dr.Boukarta Soufiane

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Introduction générale :

Dans un contexte de changement climatique accéléré, de densification urbaine et de dégradation progressive de la qualité de vie dans les espaces urbains, l'architecture contemporaine est appelée à repenser ses pratiques vers des solutions plus durables et efficaces. Les villes aujourd'hui consomment plus de trois quarts de la consommation finale en énergie fossile et sont également le premier responsable des émissions de gaz à effet de serre (Rogers : 2008). Le monde aujourd'hui fait face à ce phénomène de changement climatique et pour lutter contre son accélération les pays développés comme ceux en voies de développement se sont engagés à repenser le développement économique en avançant l'aspect environnemental comme capital indiscutable. Pour ce faire, plusieurs sommets connus sous les COPs et dont l'objectif reste de trouver des éléments de réponses à ce phénomène. Les principales orientations sont liées à la décarbonisation des pratiques humaines et dans notre cas, revoir le processus de conception architecturale en vue de limiter les émissions des gaz à effet de serre pour tout le processus de la production architecturale. L'Algérie comme tous les pays engagés dans cette dynamique de lutte contre le changement climatique s'est menée d'une stratégie nationale, marquée principalement par la promulgation de la loi 99-09, et qui vise la réduction des consommations de l'énergie fossile dans les 4 secteurs de consommation, à savoir, le bâtiment et à leur tête le résidentiel, le transport, l'industriel et l'agricole (Aprue : 2019). En parallèle, le secteur de la recherche continue à produire des documents permettant d'atteindre les objectifs de la stratégie nationale.

Malgré l'intérêt porté par le gouvernement à réduire les consommations de l'énergie dans le bâtiment, la pratique architecturale ne semble pas suivre cette orientation en vue du manque de moyens et méthode d'application des principes d'une architecture respectueuse de l'environnement. Et c'est bien dans ce sillage que notre travail de fin d'étude s'insère pour essayer de trouver des éléments de réponses répondant aux exigences urbaines et architecturale tout en réduisant l'impact de la conception architecturale sur l'environnement et atténuer l'effet du changement climatique.

1.2. Problématique générale :

Les villes algériennes connaissent une dynamique urbaines marqué par la construction de zones nouvelles à faible taux de mixité fonctionnelle, souvent orienté vers le logement collectif et parfois vers une concentration de fonction tel que l'administratif tel qu'observé au niveau de la ville de Bab Ezzouar avec son quartier d'affaire. L'un des plus gros problèmes au quel fait face la ville de Bab Ezzouar aujourd'hui est le manque général d'équipements fonctionnels et d'espaces de loisirs, ce qui rend la situation très problématique pour ses habitants et ses visiteurs. Ces problèmes limitent l'habitabilité des espaces publics et l'accès aux lieux dédiés à l'éducation, la détente et aux échanges sociaux, ce qui a un impact négatif sur la qualité de vie des résidents. D'autre part, Bab Ezzouar doit faire face à un défi écologique important et bien qu'elle ait un quartier d'affaires moderne, il est nécessaire de promouvoir le développement d'une ville plus respectueuse de l'environnement. La plupart des infrastructures actuelles sont très consommatrices d'énergie (énergivores), produisent beaucoup de déchets et ne contribuent pas à une utilisation durable des ressources naturelles. Cette situation problématique nous a conduit à choisir la ville de Bab Ezzouar comme terrain de réflexion et d'étude. Pour penser et cibler une intervention urbaine et architecturale, il nous est nécessaire de comprendre la dynamique urbaine qui sous-tend le quotidien de la ville et identifier dès lors la stratégie urbaine nécessaire. A ce stade de développement, un premier questionnement nous interpelle :

« Comment identifier la dynamique urbaine que connaît la ville de Bab Ezzouar et quelle stratégie urbaine suivre pour améliorer la quotidienneté des habitants, l'habitabilité des espaces extérieurs et réduire l'impact sur l'environnement ? »

Une fois la stratégie urbaine identifié, nous serons également en mesure d'identifier la programmation urbaine approprié pour atteindre les objectifs visés.

1.3. Problématique spécifique :

Une fois la stratégie globale identifié et la programmation, nous procéderons au choix d'un projet dans lequel nous tenterons de trouver des éléments de réponses concernant le respect de l'environnement en réduisant les émissions des gaz à effet de serre de ce dernier, ainsi que des solutions pour l'amélioration du confort thermique dans les espaces extérieurs.

Le confort thermique est une exigence essentielle à prendre en compte lors de la conception de nos bâtiments, en raison de son impact significatif sur la qualité des ambiances intérieures

et l'utilisation des espaces par les usages. En Algérie, cette préoccupation semble souvent négligée lors des phases de conception architecturale, alors qu'elle devrait être intégrée dès le début du processus. Pour répondre à cette problématique nous en avons identifié de nombreuses solutions et stratégies passives qu'on pourrait intégrer dans la conception de notre projet. Et parmi les solutions potentielles, nos lectures préliminaires nous conduisent à considérer la végétalisation comme stratégie pouvant à la fois réduire les effets négatifs du climat en formant un microclimat à effet positif dans l'amélioration du confort thermique dans les espaces extérieurs et potentiellement dans les espaces intérieurs, tout en réduisant la consommation d'énergie de notre bâtiment. A partir de ce qui précède, nous posons la question problématique suivante :

« A quel point l'introduction de la végétation dans notre projet architectural améliorerait-elle le confort hygrothermique dans les espaces extérieurs ? »

Répondre à ce questionnement impliquerait une réduction de la demande énergétique du projet architectural.

1.4. Hypothèses :

Pour répondre aux questions posées *supra*, nous énonçons les hypothèses suivantes :

- Une analyse urbaine croisant une approche typomorphologique, sensorielle et la SWOT nous permettrait d'identifier la dynamique et la stratégie urbaine globale à suivre pour améliorer la quotidienneté et l'habitabilité des espaces publics à Bab Ezzouar.
- Concevoir un projet architectural dédié à l'échange culturel et à l'animation améliorerait la mixité fonctionnelle et sociale ainsi que l'habitabilité des espaces publics dans la ville de Bab Ezzouar.
- L'intégration des espaces publics végétalisés au sein de notre projet permettrait d'améliorer le confort thermique ainsi que l'habitabilité de ces espaces extérieurs.

1.5. Objectifs :

A travers ce mémoire, nous visons les objectifs suivants :

- Être en mesure d'identifier la stratégie urbaine à suivre ainsi que la programmation urbaine appropriée.

- Être en mesure de concevoir un projet architectural combinant à la fois la réduction de la demande énergétique et l'amélioration du confort thermique dans les espaces extérieurs.
- Être en mesure d'établir et d'évaluer la durabilité de notre projet architectural en s'appuyant sur un ensemble d'outils et méthodes appropriés.

1.6. Critères de choix du thème :

Le choix de la zone de Bab Ezzouar repose sur les défis écologiques qu'elle rencontre, notamment le phénomène d'îlot de chaleur urbain accentué par son urbanisation rapide. Malgré son développement moderne, la configuration actuelle favorise l'accumulation de chaleur, soulignant l'urgence d'un aménagement plus durable et climatiquement adapté. Dans ce contexte, notre objectif est de créer un centre communautaire multifonctionnel alliant loisirs, éducation et culture qui viendra, améliorera la qualité de vie et réintroduira l'échelle humaine et la place du piéton dans un tissu urbain dominé par la voiture. Ce choix est aussi dû au manque d'équipements animant le quartier en continu à toute heure de la journée, en dehors du centre commercial et du parc dans la zone du quartier d'affaires. Le projet adopte aussi une stratégie de confort hygrothermique à cause de l'humidité élevée de la région en intégrant la végétation afin de réguler le microclimat et renforcer la durabilité de l'ensemble, ce qui explique le choix de cette thématique.

1.7. Méthodologie de recherche :

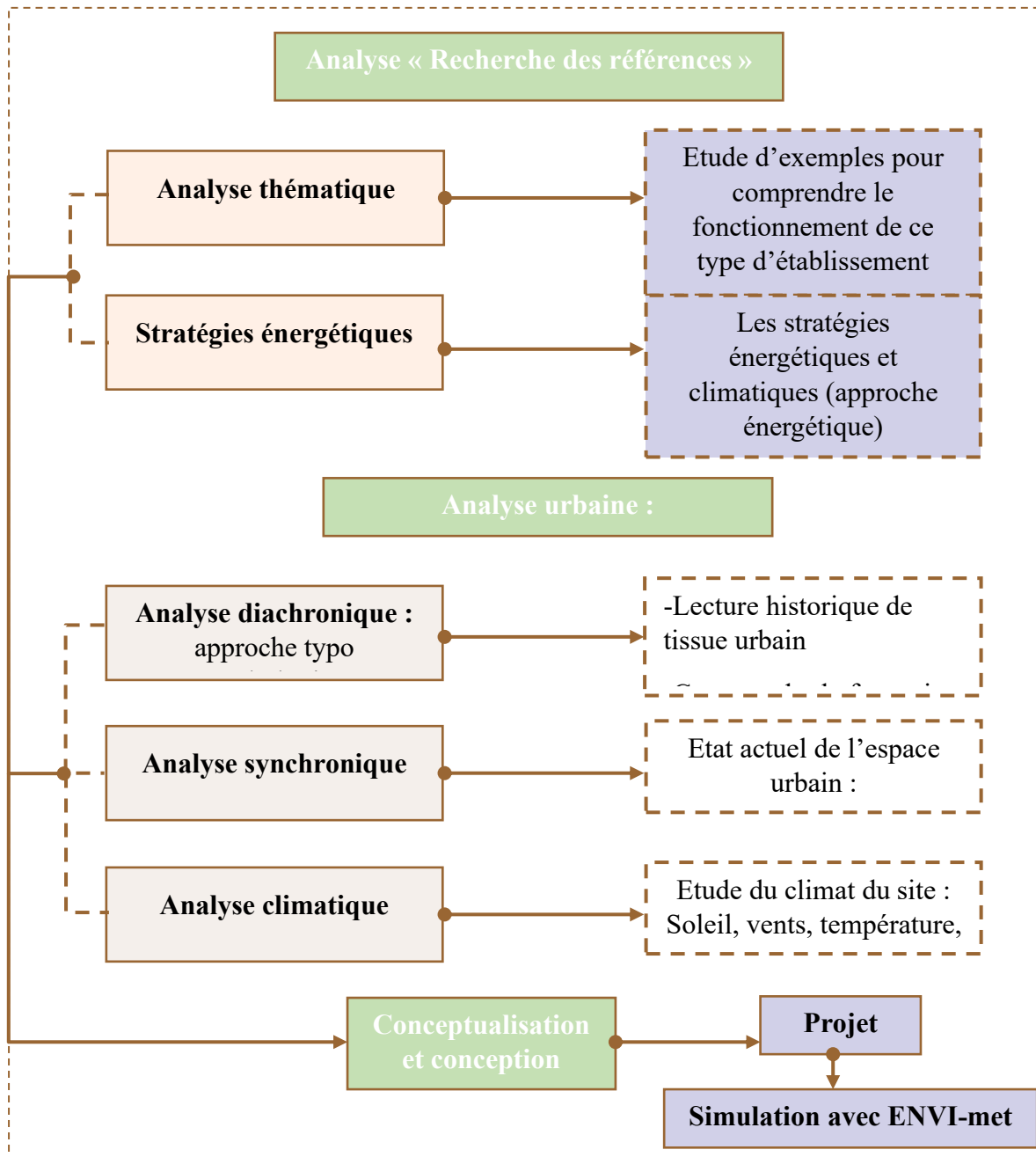
La conduite de toute recherche repose généralement sur deux étapes principales :

(i) La revue de la littérature : son objectif principal est de comprendre les concepts, les méthodes et les résultats obtenus par d'autres auteurs, afin de pouvoir comparer et discuter nos propres résultats avec les leurs. Cette étape permet également d'identifier la méthode qui nous aidera à vérifier nos hypothèses. Par ailleurs, une analyse thématique est menée pour comprendre les activités nécessaires à la conception de notre projet. Ainsi, le deuxième chapitre de notre travail est entièrement dédié à ces objectifs.

(ii) La phase expérimentale : elle constitue la seconde étape de la recherche et s'appuie sur les orientations dégagées lors de la première. Dans notre cas, nous avons combiné une approche typo-morphologique et sensorielle, par l'établissement d'une analyse urbaine approfondie sur cartes et après une visite du site d'intervention, pour mieux cerner les enjeux spécifiques au site d'intervention. Une analyse SWOT a été utilisée pour synthétiser le tout

et, en parallèle, dégager une stratégie principale guidant notre processus de conception. Afin d'affiner notre projet selon des critères de durabilité, nous avons utilisé plusieurs logiciels tels que Meteonorm, et Envi-met.

1.8. Structure du mémoire :



CHAPITRE 2 : L'ETAT DE L'ART

2.1 Introduction :

Ce chapitre propose une revue de la littérature scientifique visant la recherche des éléments de réponses aux questions posées dans le premier chapitre. Pour le faire, nous avons organisé ce chapitre autour de cinq thématiques majeures, à savoir : l'habitabilité, le microclimat urbain, le confort hygrothermique et l'architecture végétale et enfin l'analyse des exemples de projets afin d'être en mesure de comprendre les exigences fonctionnelles et programmatiques liées à notre projet.

À travers une analyse des concepts clés, des études de cas et des apports scientifiques récents, ce chapitre établit les bases théoriques sur lesquelles reposera la démarche de la conception du projet architectural.

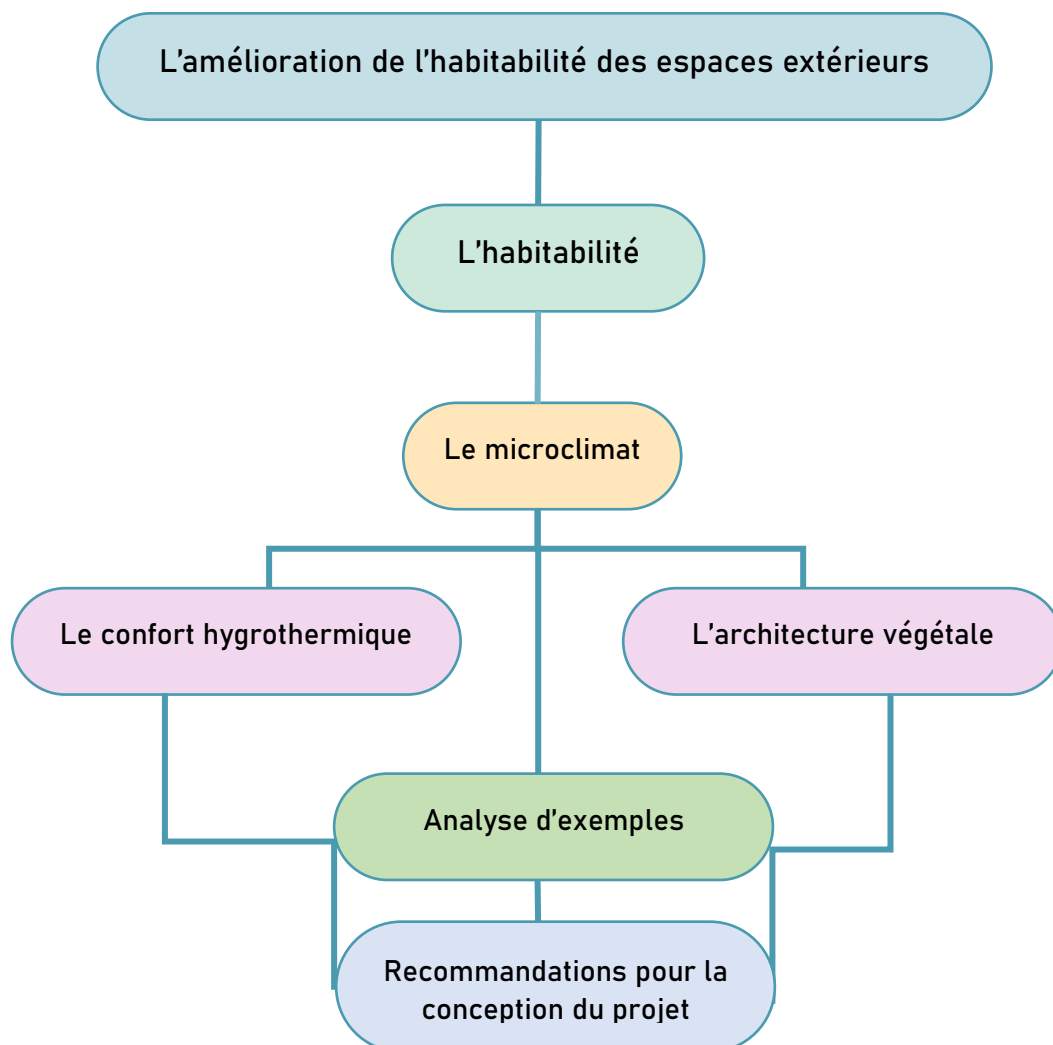


Figure 1: Schéma de l'organisation de l'état de l'Art.

2.2. Habitabilité des espaces publics :



Figure 2: Schéma de relation entre l'habitabilité et les espaces publics ; Source : auteur.

2.2.1. Définition de l'habitabilité :

Par « habitable », on entend un espace « où l'on peut habiter et où il y a suffisamment de place pour les occupants ». La première occurrence du terme apparaît en 1801 dans le dictionnaire *Néologie ou Vocabulaire des mots nouveaux* de L. S. Mercier. Alors que le terme « habiter » renvoie à l'occupation d'un espace par un corps, « l'habitabilité », substantif féminin, est défini comme la « *qualité de ce qui est habitable* » en raison des conditions favorables que l'on y trouve. (Larousse, 1852). On retiendra la définition de Nathalie Blanc du lieu habitable à savoir : « *un lieu qui offre des possibilités suffisantes de création et d'adaptation aux individus pour se l'approprier* » (Blanc, 2010, p. 56). L'habitabilité pourrait ainsi être définie comme une somme de composantes physiques, naturelles, matérielles mais aussi esthétiques et symboliques qui ensemble structurent la qualité de vie. Pour Merlin et Choay (2013), l'habitabilité des espaces publics est liée à leur qualité d'usage, leur organisation spatiale et leur capacité à incarner un espace partagé, approprié et vivant, au cœur de la ville et de ses dynamiques sociales.

2.2.2. Définition des espaces publics :

L'espace public peut être défini comme un lieu d'action privilégié. Dans un sens strictement théorique, un espace public est l'un des lieux d'action de la pratique sociale par les personnes, caractérisé par son statut public, c'est-à-dire tout espace n'appartenant pas à une, « *personne de droit privé* » (Levy et Lussault 2003).

Selon Pierre Merlin et Françoise Choay (2013) les espaces publics sont l'ensemble des lieux accessibles à tous, indépendamment de leur statut juridique. Il s'agit notamment des rues,

des places, des parcs, et autres équipements collectifs... Ils précisent également que ces espaces jouent un rôle fondamental dans la vie sociale, l'expression citoyenne, et l'appropriation urbaine. Leur accessibilité, leur gestion, leur aménagement et leur qualité sont au cœur des enjeux urbains contemporains.

2.2.3. Différentes perspectives de l'habitabilité des espaces publics :

L'habitabilité des espaces publics dépend de plusieurs aspects complémentaires. Elle va au-delà de l'accessibilité physique pour englober la praticabilité, c'est-à-dire le potentiel des espaces à favoriser le mouvement et les interactions sociales (Bordreuil). La participation des utilisateurs dans la conception, via une approche participative, augmente la pertinence et l'appropriation des espaces (Delabarre).

Il est aussi essentiel de préserver un équilibre entre les intérêts publics et les intérêts privés, face aux enjeux de la privatisation (Schwartz Mann). Le design participatif, soutenu par des projets tels que Human Cities (Pro Materia 2006), favorise la création d'espaces durables et inclusifs. Enfin l'habitabilité est très peu associée aux notions de développement durable, garantissant une fusion harmonieuse des espaces avec leur milieu naturel et urbain (Lydia Hadji Pages 857 à 874).

2.3 Notion de microclimat :

2.3.1 Définition :

Un microclimat est un climat qui se produit à l'échelle d'une zone très restreinte, pouvant être très différent du climat régional. Il pourrait correspondre à un jardin, un parc, une vallée ou intéresser un secteur donné d'une grande ville. Les paramètres d'un climat, associés à ce microclimat, le niveau des températures, des précipitations, du vent, de l'humidité, s'y contentent de variations mineures par rapport à ceux de la région concernée. En somme, le microclimat d'une ville ou d'une région est aussi le résultant d'une somme de microclimats locaux, légèrement différents. (Ballout, 2010).

2.3.2. Les différents éléments qui influencent le microclimat :

2.3.2 1. L'influence de l'eau sur le microclimat :

Les masses d'eau, qu'elles soient petites ou grandes, influencent fortement le climat. À l'échelle du microclimat, les étendues d'eau, comme les bassins ou étangs, jouent un rôle de tampons thermiques en atténuant les variations de température et rendant l'été moins chaud

et l'hiver moins froid, voir figure ci-dessous. Dans un climat très chaud et sec, des techniques de micronisation (pulvérisation de gouttelettes d'eau) ont été testées pour rafraîchir localement les températures, comme lors de l'Exposition universelle de 1992 à Séville, où des fontaines et jets d'eau ont été installés. L'énergie nécessaire à la vaporisation de l'eau a refroidi l'air ambiant de quelques degrés. (Alain Liébard, André De Herde 2006).

▪ *L'évaporation :*

L'évaporation est un processus naturel qui provoque le refroidissement de l'environnement parce que les molécules d'eau passent de l'état liquide à l'état gazeux. Mais cela ne se fait pas sans énergie, énergie fournie par le soleil et l'environnement. Les molécules d'eau sous forme de vapeur sont maintenant gorgées de cette énergie qui ne sera libérée qu'au moment de la condensation, à savoir lors du passage à l'état liquide.

En somme, il n'y a pas que le soleil qui fournit le nécessaire à l'évaporation, mais aussi l'environnement.

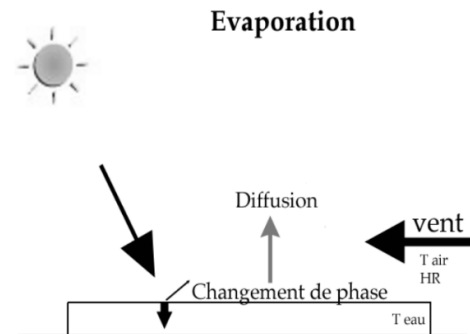


Figure 3: Transferts thermiques d'un bassin

En été, l'eau absorbe une grande partie de l'énergie solaire. Ce rayonnement, bien que représentant seulement 3 % de l'énergie solaire, pénètre l'eau et augmente sa température. Par exemple, l'eau passe de 25 °C en printemps à 30 °C pendant l'été. Cependant, elle ne se réchauffe pas indéfiniment. En dessous de 18 °C, l'eau est considérée froide, et au-dessus de 30 °C, elle est jugée chaude. L'énergie solaire est principalement dissipée sous forme de chaleur latente. L'eau se transforme en vapeur en absorbant de la chaleur, ce qui refroidit l'air environnant. (Vinet, 2000).

2.3.2.2. *L'influence de la végétation sur le microclimat :*

La végétation offre un ombrage saisonnier, des brise-vent et rafraîchit l'air par évapotranspiration. En même temps, elle filtre la plupart des particules de poussière en suspension (Figure 2.4). Cette caractéristique de la végétation se distingue d'autres facteurs, car l'efficacité du filtrage du rayonnement dépend de la croissance de la plante.



Figure 4: Ombrage par une treille.
(Source : Alain Liébard, André De Herde 2006)

L'ombrage offert par les plantations assure une protection partielle, car il filtre la radiation plutôt que de l'arrêter complètement (Figure 2.5). Pour optimiser cette stratégie, il est essentiel de privilégier des plantations à feuilles caduques. Cela permet de capter l'énergie solaire en hiver, tout en offrant progressivement une protection contre la chaleur dès le printemps. La majorité des arbres conservent un coefficient d'ombrage proche de 50 % de celui observé en été. (Alain Liébard, André De Herde, 2006).

Les arbres filtrent les poussières et fixent la vapeur d'eau, produisant près de 5 000 tonnes d'eau par an par hectare de forêt. Par photosynthèse, ils régénèrent l'air en produisant de l'oxygène. Les arbres réduisent aussi la radiation nocturne, ce qui limite la chute de température la nuit. Les écarts de température au sol sont faibles dans les zones boisées, et une différence de 3,5 °C peut être observée entre un centre-ville et des quartiers bordés de végétation.

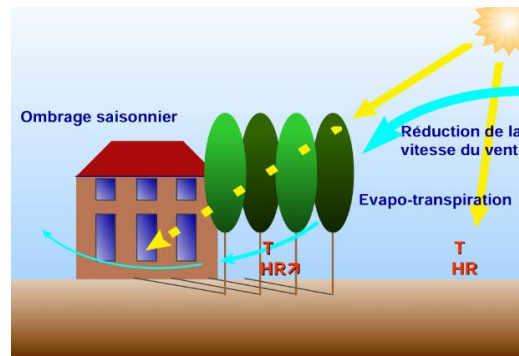


Figure 5: La végétation : une protection thermique saisonnière (Source : Alain Liébard, André De Herde, 2006)

Aussi, La convection des masses froides de la végétation vers les zones plus chaudes permet ce rafraîchissement, augmentant l'humidité relative de 5 %. Enfin, la végétation protège contre les vents forts, réduisant la vitesse du vent et les déperditions par convection des bâtiments. (Alain Liébard, André De Herde 2006).

2.3.3 Rôles microclimatiques de la végétation :

L'impact de la végétation sur le microclimat urbain peut être à la fois direct et indirect. À une échelle plus large, celui-ci se manifeste par son influence sur le climat local, où le végétal joue un rôle clé. La compréhension de son fonctionnement microclimatique, sous toutes ses formes, révèle plusieurs effets importants, qui se regroupent principalement en quatre grandes catégories :

- Le refroidissement et le rafraîchissement de l'air ;
- L'ombrage des espaces urbains ;
- La production d'oxygène ;
- L'évapotranspiration et la gestion de l'humidité de l'air.

2.3.3.1 Refroidissement et rafraîchissement de l'air :

La stratégie la plus efficace pour rafraîchir le climat urbain est celle qui allie l'augmentation de l'albédo des surfaces (l'albédo correspond au rapport entre la quantité d'énergie solaire réfléchie et la quantité d'énergie solaire reçue). À l'augmentation de la couverture végétale. (Izard, 2000). Les plantes grimpantes rafraîchissent l'intérieur des bâtiments pendant l'été de - 4 à -6 degrés en été au niveau des façades (Alain Liébard, André De Herde 2006).

2.3.3.2 L'effet d'ombrage :

L'ombrage est l'effet principal recherché lorsqu'on plante des arbres ou installe des plantes grimpantes sur des treilles ou pergolas. Si l'ombre des végétaux n'a pas un impact direct sur la température de l'air, elle réduit considérablement l'exposition des surfaces au rayonnement solaire. Cela empêche leur échauffement et diminue les flux radiatifs thermiques, contribuant ainsi à un meilleur confort thermique. (Mebarka, 2012).

2.3.3.3 Effet d'oxygénation de l'air :

L'oxygène est produit spécialement grâce au métabolisme végétal la quantité de d'O₂ qui se trouve dans notre atmosphère est produite grâce à la végétation renouveler chaque 17000 années. Les végétaux agissent sur le cycle de carbone à la fois par la photosynthèse utilisant le gaz carbonique et rejetant l'oxygène, et la respiration : consommant l'oxygène et rejetant le gaz carbonique, mais la quantité de carbone mobilisée par la photosynthèse est 15 fois supérieur à celle rejetée par la respiration.

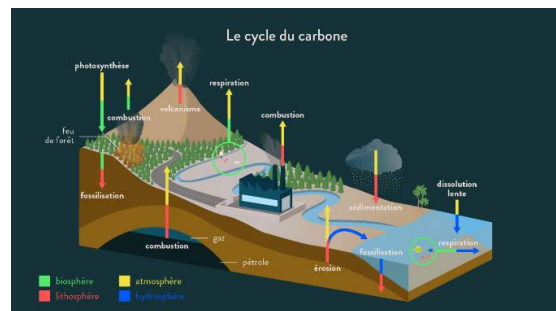


Figure 6: Le cycle du carbone (schoolmouv.fr)

2.3.3.4 Effet de L'évapotranspiration sur l'air :

L'évapotranspiration est un phénomène naturel qui combine la perte d'eau par évaporation et par transpiration. L'évaporation se produit lorsque l'eau présente sur des surfaces comme le sol, les trottoirs ou la végétation humide se transforme en vapeur et se dissipe dans l'air. Quant à la transpiration, elle concerne l'eau qui, contenue dans les tissus des plantes, est libérée sous forme de vapeur dans l'atmosphère. Ce processus joue un rôle important

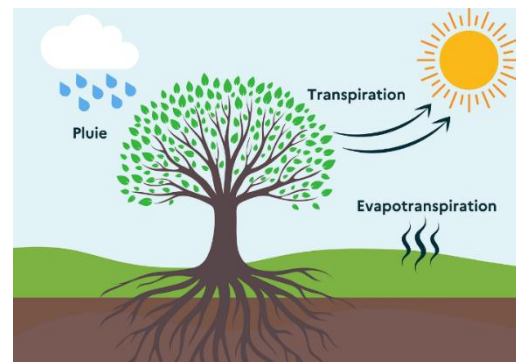


Figure 7: Le transfert de l'eau du sol vers l'atmosphère (www.onf.fr)

dans la régulation thermique des espaces urbains. L'eau est indispensable à la croissance des plantes, puisqu'elle représente une grande partie de leur composition et leur fournit les éléments nécessaires à leur développement, comme l'hydrogène et l'oxygène. (Ballout, 2010).

2.3.4. Conception d'espaces ouverts en milieu urbain :

La conception des espaces ouverts est reconnue comme un levier potentiel de l'habitabilité des espaces publics, la section suivante s'appuie sur le projet européen RUROS (2003) qui a consacré un ensemble d'étude portant l'étude de plusieurs aspects et stratégies passives en vue d'améliorer l'habitabilité des espaces publics dans toute l'Europe. Plusieurs méthodes d'investigation ont été utilisées, mesure *in situ*, modélisation microclimatique, ainsi que des entretiens guidés par des questionnaires avec des utilisateurs d'espaces ouverts.

2.3.4.1. Modèles de confort thermique considérés dans RUROS :

- Le modèle adaptatif :

La plupart des recherches concernant le confort thermique extérieur se sont focalisées sur un modèle physiologique, dans lequel le degré de confort est jugé en fonction des conditions environnementales, du niveau d'activité physique et de la tenue vestimentaire. Néanmoins, des recherches sur le terrain ont démontré que ce modèle n'est pas suffisant pour expliquer la sensation de confort thermique ressentie dans les espaces extérieurs. L'adaptation, qui englobe les processus par lesquels les individus ajustent leur environnement à leurs besoins physiques ou psychologiques, est essentielle. Cette adaptation nécessite des ajustements personnels, et saisonniers pour les vêtements, l'autorégulation de la chaleur métabolique par la consommation de boissons froides et l'évolution des habitudes de consommation. De plus, les choix individuels, la mémoire et les attentes influencent également la perception du confort thermique. (Nikolopoulou, et al: 2001).

- Modèle basé sur les Sensations thermiques :

Le projet RUROS, a visé à évaluer le confort thermique extérieur, en menant des enquêtes sur le terrain dans 14 sites différents à travers toute l'Europe. La perception thermique des participants a été codée sur une échelle de (5) cinq expressions verbales, allant de « très froid » jusqu'à « très chaud », et a donc ainsi été présentée comme le Vote de la Sensation Actuelle (VSA).

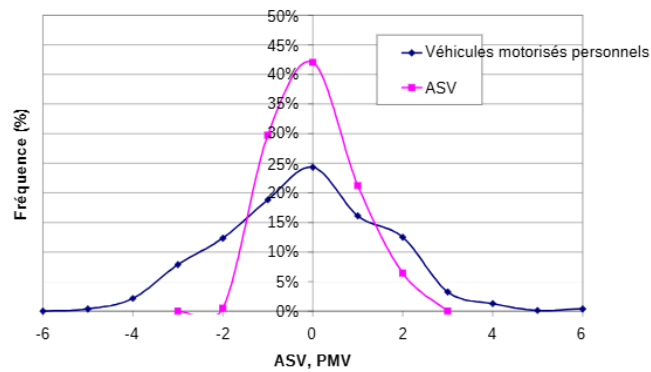


Figure 8: Comparaison entre les votes de sensation effective (VSA) obtenus à partir des questionnaires et le vote prévisible moyen (VPM) d'Athènes, calculé à partir du modèle mathématique, pour chaque interview.

(La figure 2.8) montre que la sensation thermique moyenne (VSA) est corrélée aux variations de température de l'air et de la vitesse du vent. Les valeurs moyennes du VSA traduisent une relation entre les deux facteurs (température de l'air et vitesse du vent) permettant d'établir une faible relation négative entre la vitesse du vent et l'VSA. Ce constat signifie que l'VSA est davantage faible lorsque la vitesse du vent augmente.

- Présentation des modèles de prédiction du confort thermiques :

Les modèles simples permettant de prédire le confort thermique doivent être développés en utilisant des données facilement accessibles. Des modèles linéaires simples ont été dérivés à partir des données météorologiques des stations publiques locales. Ces modèles conviennent pour la prédiction de l'VSA, car ils peuvent servir de base à d'autres développements, tels que des nomogrammes et des cartes pour le confort thermique extérieur. (Figure 2.9).

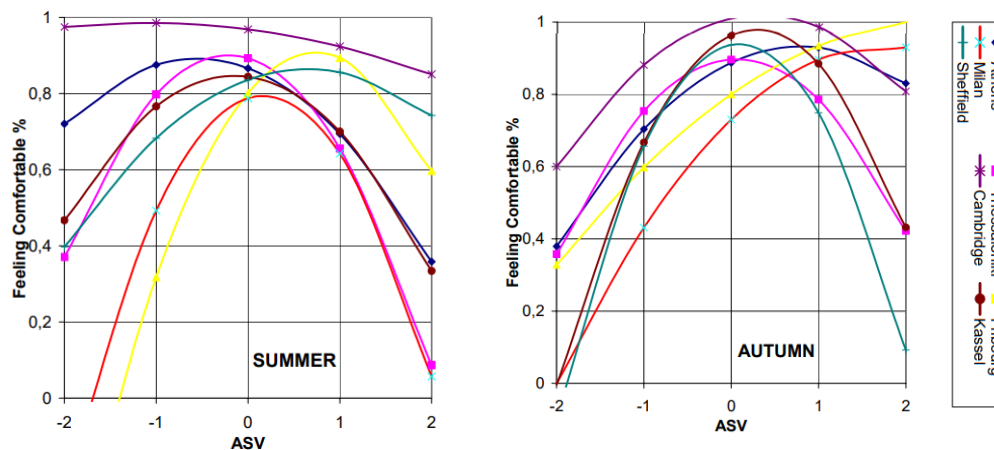


Figure 9: Part des usagers se sentant confortables pour différents ASV, dans différentes villes selon la saison (Summer=été, Autumn=automne, Spring=printemps, Winter=hiver).

Indice de confort urbain :

Certaines approches se basent directement sur des indices simples du confort thermique tel que la température de l'air (T_{air_met} , °C), la radiation solaire globale (Sol_met , W.m⁻²), la vitesse du vent (V_met , m.s⁻¹) et l'humidité relative (RH_met , %).

Nomogrammes du confort thermique :

Pour les applications architecturales, il est utile de pouvoir proposer au concepteur des modèles présentés sous forme de nomogrammes. Ces graphiques donnent une valeur moyenne de l'VSA. Une série de paramètres météorologiques sélectionnés ont été utilisés, typiquement représentatifs des différentes zones climatiques des villes européennes étudiées.

2.3.4.2. Prise en compte du vent et de la MRT dans les espaces publics :

Environnement éolien :

Le vent est important pour le confort extérieur, mais sa planification est complexe en raison de nombreux facteurs. La direction et l'intensité du vent varient en fonction de la topographie et des systèmes météorologiques. Les effets du vent se divisent en mécaniques (au-delà de 4-5 m/s) et thermiques. À plus de 10 m/s, c'est là où marcher devient difficile et il y a un risque d'accident. Le confort thermique à 5 m/s dépend de l'adaptation des individus, selon la saison et le climat, dans les climats froids, le vent réduit le confort, et dans les climats chauds, il l'améliore. Une étude a été indiquée pour l'utilisation si l'air est au-dessus de 10°C. (Penwarden et al 1975). Nikolopoulou, M. et Steemers, K. (2003) ont mis en exergue à travers cette étude le rôle de l'aménagement extérieur avec de la végétation et les brise-vents. Ils ont trouvé que l'intégration de paramètres architecturaux comme l'ombre ou les brise-vent est essentielle pour ajuster les modèles de confort thermique. La végétation permet ainsi de réduire la température de l'air (1 à 2 °C), l'insolation (20 à 60 %) et la vitesse du vent (jusqu'à 80 % en brise-vent).

La rugosité de l'espace et vitesse du vent : Le vent en altitude qui n'est pas influencé par la surface terrestre est nommé le vent géostrophique ou synoptique. L'altitude géostrophique varie d'environ 275 m à environ 500 m selon la rugosité de la surface (α) terrestre (Figure 2.10 et Tableau 2.1). :

Tableau 1: La hauteur géostrophique et la rugosité pour trois types de surface

Surface :	Hauteur (m) :	α :
Terrain plat	275	0.16

Boisé, banlieue	400	0.28
Ville densément bâtie	500	0.4

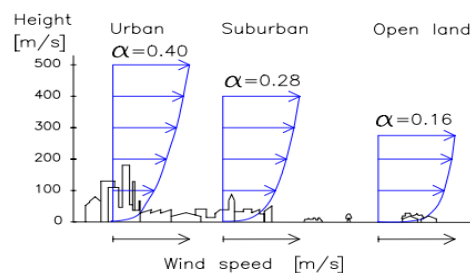


Figure 10: Profils de vitesse du vent selon la nature des surfaces urbaines : la rugosité α augmente dans les zones urbaines denses ; source : RUROS 2003.

Morphologie de l'espace et effet aérodynamique :

Le mouvement du vent autour d'un bâtiment forme des effets caractérisés par des accélérations du vent qui peuvent nuire au confort du piéton. L'effet du sillage peut être contré par un aménagement adéquat (Fig. 2.11).



Figure 11: le rôle de la végétation dans l'atténuation de l'effet du sillage.

Les effets de canalisation dans les rues longues (Effet Venturi, Fig. 2.12) doivent aussi être pris en compte, et des ajustements comme l'alignement des rues ou l'ajout d'arbres peuvent réduire cet effet. Des bandes végétales denses (50-65% de couverture) offrent la meilleure protection.

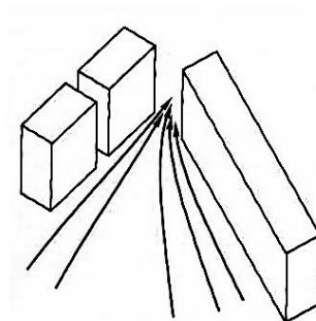


Figure 12: Le phénomène de canalisation du vent : cas particulier de l'effet Venturi

Le mouvement du vent peut présenter bien d'autres effets aérodynamiques et le principe de la protection comme de l'atténuation se présente toujours avec l'augmentation de la rugosité avec un aménagement extérieur adéquat (Dr. Boukarta S : 2024).

2.3.4.3. Evaluation des conditions du rayonnement dans les espaces extérieurs :

La morphologie joue un rôle important dans la gestion du confort hygrothermique. Le tableau ci-dessous (Tableau 2.2) résume le rôle du prospect, de l'albédo dans l'amélioration du confort thermique dans les espaces extérieurs.

Tableau 2: Synthèse de l'étude d'évaluation des conditions de rayonnement

Indicateur :	Auteur :	Etude :	Résultat :
Évaluation des conditions de rayonnement	Scudo, G., Rogora, A. et Dessì, V. (2002), Thermal comfort perception and evaluation in urban space, EPIC 2002 AIVC, Lyon	Développement d'une méthode graphique simplifiée, basée sur des simulations avec le logiciel Solene 5 , permettant d'estimer la Température Moyenne de Rayonnement (TMR) pour évaluer la TEP (Température Équivalente Physiologique). L'étude analyse l'impact des matériaux , de la géométrie urbaine (hauteur, largeur, orientation des rues), de l' albédo , et de la latitude dans trois villes (Copenhague, Milan, Athènes), sous des conditions estivales chaudes.	L'orientation des rues, leurs dimensions (L/H) et l'albédo des matériaux influencent fortement le confort thermique. Les rues étroites ou mal orientées favorisent l'accumulation de chaleur, tandis que les matériaux à faible albédo augmentent la température moyenne radiante. Une conception optimisée, avec des rapports L/H adaptés et un albédo compris entre 0,2 et 0,8, permet d'améliorer la perception thermique des usagers.

Rayonnement et végétation :

L'ombrage et la régulation thermique sont les principaux moyens par lesquels la végétation affecte le microclimat urbain. Les arbres à feuilles caduques permettent le passage de très peu de lumière solaire (2 à 5%), offrant ainsi une protection efficace contre l'exposition

directe au soleil. Leur verdure a généralement tendance à être plus fraîche que les zones urbaines (de 20 à 35 °C de moins), et la température sous un grand arbre peut chuter de 15 à 20 °C par rapport à une surface découverte. La performance des arbres peut changer en fonction de leur âge : les arbres matures conservent des feuilles plus fraîches, tandis que les jeunes arbres ou structures de verdure comme les pergolas peuvent être légèrement plus chaudes que l'air ambiant. (RUROS 2003).

2.3.4.4. Morphologie urbaine :

La morphologie urbaine est essentielle pour comprendre l'impact des aménagements sur le microclimat extérieur, utilise des indicateurs de forme pour analyser des éléments comme l'ensoleillement, la ventilation et le bruit.

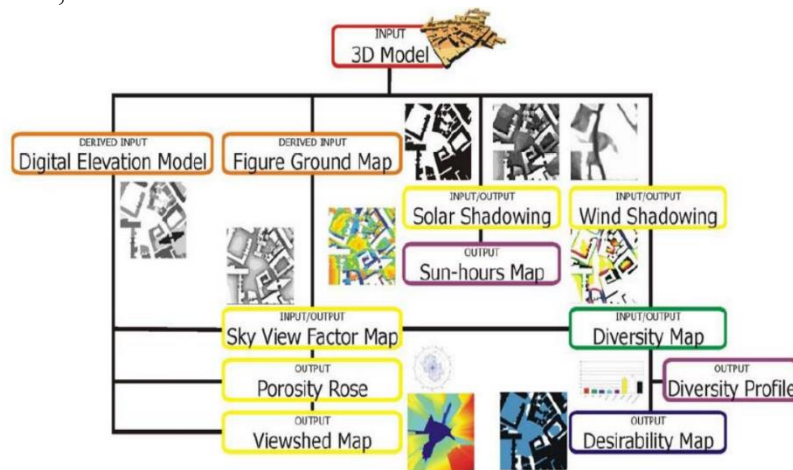


Figure 13: Organigramme du processus d'analyse de la morphologie urbaine. INPUT=données d'entrée, OUTPUT=données de sortie.

Paramètres morphologiques et leurs influences sur les espaces publics extérieurs :

Facteur de visibilité du ciel (SVF) : Le SVF mesure l'étendue du ciel visible, influençant la quantité de chaleur transférée. Un faible SVF, souvent est associé à des températures plus élevées, peut aussi favoriser l'ombrage mais conserver la chaleur la nuit. Un SVF élevé favorise la sensation d'ouverture dans les espaces publics.

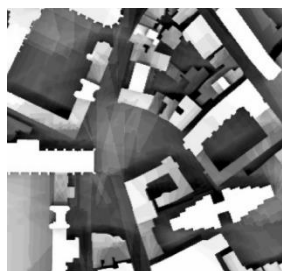


Figure 14: Carte du facteur de vue du ciel : les tons clairs indiquent des valeurs élevées (Algorithme Matlab de Rati et al 2005).



Figure 15: Carte d'ombrage solaire. Les gris les plus sombres correspondent aux zones qui demeurent le plus souvent à l'ombre en moyenne annuelle.

L'ombre solaire et la durée d'exposition au soleil : L'ombre et la durée d'exposition au soleil sont des éléments clés dans le confort thermique et dans l'éclairage naturel. Des cartes d'ombre solaire sont dessinées en fonction de chaque saison permettent d'observer la distribution du soleil et des espaces ombragés, ou que l'on veut au soleil.

Obstruction et porosité du vent : L'obstruction du vent et la porosité ont un effet sur la ventilation naturelle. Des cartes d'obstructions au vent, tel que celle de Cambridge (Fig. 2.16), et de la porosité, permettent de repérer les zones exposées ou abritées du vent, donc favorisant le déplacement de l'air dans certaines régions.



Figure 16: Roses des vents pour Cambridge UK

Champ de vision : La carte de l'aire de visibilité montre les surfaces visibles à partir du centre du site, utile pour l'analyse des stimuli visuels.

Diversité environnementale : La diversité des conditions environnementales dans les espaces ouverts dépend de l'interaction des paramètres morphologiques, comme l'ensoleillement, le vent et la vue du ciel. Des cartes superposées de ces facteurs permettent de visualiser les différentes combinaisons microclimatiques, offrant une meilleure compréhension de l'impact de la forme urbaine sur le microclimat (Fig. 2.17).

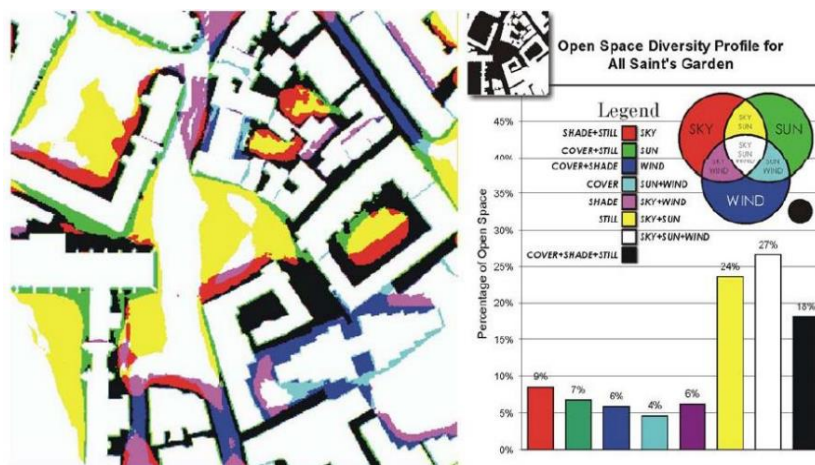


Figure 17: Profil de diversité environnementale d'un espace ouvert.

Désirabilité : Une classification des combinaisons environnementales, basée sur les travaux de Brown et Kay, aide à évaluer les conditions de confort en fonction de



Figure 18: Les galeries longeant une zone piétonne assurent une protection solaire et contre la pluie.



Figure 19: Espaces extérieurs semi-enterrés. De grandes installations d'ombrage

l'ensoleillement, de l'ombre, du vent et du calme. Des cartes de désirabilité identifient les zones favorables et celles nécessitant des aménagements pour améliorer le confort microclimatique. Il est à noter qu'avec des logiciels tels qu'ENVI-met et STEVE on peut avoir aussi des cartes microclimatiques nous permettant de lire plus facilement l'impact de nos aménagements sur le confort hygrothermique.

2.3.4.5. Considération sociale dans le cadre de la conception des espaces publics :

Le confort dans les espaces ouverts vise à améliorer les conditions sociales en milieu urbain, en se concentrant sur les propriétés physiques à micro-échelle de ces espaces. L'objectif est de relier les problèmes sociaux de la vie urbaine contemporaine aux caractéristiques physiques des espaces, en intégrant les usagers dans la conception par des enquêtes sur leurs préférences de confort et leurs besoins. Pour qu'un espace public soit utilisé, il doit prendre en compte l'interaction des structures sociales, culturelles, économiques et les fonctions humaines de communication, déplacement et confort ainsi que les conditions spatiales influencent les activités humaines dans ces espaces. (Tableau 2.3).

Activités communautaires et paramètre d'organisation de la fonction d'ensemble des espaces publics ouverts :

Tableau 3: Les activités que peut considérer un espace public ; (Source : GUIDE D'AMÉNAGEMENT DES ESPACES PUBLICS, FNAU 2022)

Identité de la vie locale et des services :	Catégories :
Activités collectives organisées :	1. Culturelle, 2. Scolaire, 3. Sport, 4. Célébration, 5. Commercial, 6. Politique, 7. Religieux, etc.
Activités spontanées :	1. Scène de rue, 2. Cérémonies festives
Entretien :	1. Nettoyage, 2. Préservation des équipements, 3. Préservation de l'espace naturel

Accessibilité :	1. Passage public et utilisation par les usagers, 2. Passage piéton confortable pour les enfants et les personnes handicapées.
Sécurité :	1. Surveillance, 2. Contrôle de la circulation

2.3.5. Conclusion :

Le microclimat urbain est un domaine d'étalonnage pour évaluer pleinement comment les éléments naturels, y compris l'eau et la végétation, peuvent faciliter la vie en ville. La nature soutenue peut refroidir l'air en évaporant l'eau rejetée, produire de l'ombrage naturel, purifier l'air et traiter les eaux de pluie. Toutes ces fonctionnalités contribuent efficacement à la régulation thermique et à la qualité de notre confort à l'intérieur d'un bâtiment. Ces éléments nous permettent de minimiser les effets négatifs causés par les îlots de chaleur, d'accroître le confort thermique et de mieux soutenir les populations des milieux naturels, le tout en harmonie avec les préoccupations de durabilité et d'économie d'énergie. Par conséquent, intégrer la végétation dans notre projet, que ce soit par l'eau, les toits ou les murs végétalisés, ou encore grâce à des plans d'eau, est indubitablement un complément de stabilité pour chaque ville, offrant une option pour revitaliser l'habitabilité des espaces publics. La construction intelligente n'est pas seulement un objectif de conception en architecture naturelle. Le tableau ci-dessous résume l'impact des paramètres contrôlant le microclimat urbain sur le confort hygrothermique dans les espaces extérieurs. Le projet RUROS souligne l'importance du confort dans les espaces publics extérieurs et vise à améliorer l'habitabilité dans ces derniers. En combinant ombrage, ensoleillement, ventilation, végétation et matériaux adaptés, il est possible de concevoir des espaces publics agréables, variés et adaptés selon les saisons. Une conception sensible aux microclimats permet ainsi de mieux répondre aux besoins des usagers et aux enjeux urbains actuels ; et nous allons essayer de s'appuyer sur les différents principes qu'il a mentionner dans la conception de notre projet, pour qu'il soit confortable dans toutes les conditions. Le tableau ci-dessous résume l'impact des paramètres contrôlant le microclimat urbain sur le confort hygrothermique dans les espaces extérieurs.

Tableau 4:étude de microclimat

Indicateur	Auteur	Etude	Synthèse
Influence de l'eau	Alain Liébard & André De Herde (2006)	Traité de l'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.	Tempère les fluctuations thermiques ; réduction des températures par

			micro-nébulisation et dispositifs hydrauliques (bassins, fontaines, etc.)
Évaporation et refroidissement	Vinet (2000)	Modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain.	L'évaporation absorbe la chaleur, contribuant à abaisser la température de l'air environnant
Influence de la végétation	Alain Liébard & André De Herde (2006)	Traité de l'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.	Apporte ombrage, évapotranspiration, filtration de poussières, protection contre le vent et isolation thermique.
Effet d'ombrage	Mebarka (2012)	L'effet modérateur du végétal sur l'îlot de chaleur, création d'un microclimat urbain.	Réduction du réchauffement des surfaces ; baisse des flux solaires et radiatifs thermiques.

2.4. L'architecture végétale :

Dans ce qui suit nous mettons l'accent sur l'architecture végétale pour la caractériser davantage au vu de savoir comment l'utiliser dans notre projet. La végétalisation est un concept faisant appel à la végétation comme un élément fonctionnel dans la conception architecturale. Il présente, de fait, plusieurs applications : la couverture des toitures, des façades ou murs, de patios ou cours intérieures d'immeubles, de pergolas et de jardins verticaux, etc. L'utilisation de végétaux suscite plusieurs fonctions simultanées, parmi lesquelles on peut distinguer :

- Thermique et microclimatique : effet de couche isolante que joue la plante et en diminuant l'îlot de chaleur urbain par effet d'ombrage et d'évapotranspiration. (Atik, 2011).
- Filtration et purification de l'air : les plantes peuvent capturer des particules fines dans l'atmosphère, absorber le carbone présent et produire de l'oxygène par photosynthèse (Snodgrass & McIntyre, 2010).

- Gestion de l'eau : retenir les eaux de pluie, stopper le ruissellement et épurer la pollution, absorber les impulsions de ruissellement. (Peck & Kuhn, 2012).
- Amélioration acoustique : absorption sonore par le substrat et la végétation de la toiture.
- Acceptabilité pour l'environnement naturel : devenir support d'un écosystème "urbanisé", développement d'espèces de faunes et flores charnues.

2.4.1 Formes d'application de l'architecture végétale :

Il existe divers outils en architecture végétale qui peuvent être mis en œuvre selon l'échelle du projet et les conditions de site :

- Les murs végétaux (ou façades végétales) permettent de végétaliser des bâtiments dans le sens vertical avec ou sans substrat permettant le racinement au sol.
- Les pergolas, treilles ou patios plantés permettent de bénéficier d'un ombrage naturel et d'un rafraîchissement localisé (Liébard & De Herde, 2006).
- Les toitures végétalisées en sont un des exemples les plus avancés de cette mise en œuvre de la végétalisation dans le bâti.

Les toitures végétalisées sont l'un des exemples les plus courants d'architecture végétale. Elles consistent à recouvrir un toit avec un substrat végétal qui permet de capturer l'eau de pluie, d'améliorer l'isolation thermique et de favoriser la biodiversité.

2.4.2 Les toitures végétalisées :

Le développement des toitures végétalisées est facilité par l'apparition de substrats légers et les avancées en culture hors sol. On distingue trois types de toitures végétales, classées selon l'épaisseur du substrat et le niveau d'entretien (Fuchs Alain 2009), voir tableau ci-dessous :

- A) Extensive : Toiture avec substrat de 8-15cm, nécessitant peu d'irrigation (arrosage seulement en cas de sécheresse). Utilisation de plantes couvre-sols résistantes, comme les aubépiniers, qui ombragent et enrichissent l'écosystème. Substrat contenant jusqu'à 70 % d'agréats poreux pour favoriser la rétention d'eau.
- B) Semi-intensive : Couche de plantation peu épaisse (15-30cm) avec irrigation goutte-à-goutte entre géotextiles filtrant et anti-racine, réduisant l'évaporation. Accueille une grande diversité de plantations : couvre-sols, fleurs, légumes, arbustes, plantes grimpantes. Substrat avec 50 à 60 % d'agréats légers, pour un bon équilibre drainage-rétention d'eau.
- Intensive : Bacs de culture profonds (minimum de 30cm)

pour arbres fruitiers, arbustes ornementaux et conifères. Système d'irrigation automatique indispensable. Substrat avec 40 % d'agréats, pour plus de nutriments.

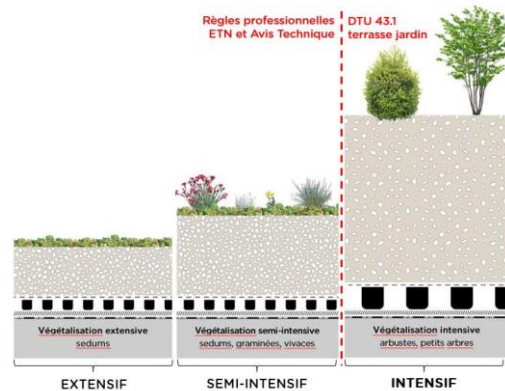


Figure 20: Les différents types de toits végétalisés. Source : Toitures utiles - L'Union sociale pour l'habitat (2024)

Tableau 5: Tableau comparatif des types de toitures végétalisées (source : la végétalisation des bâtiments : Med Bouattou, Fuchs Alain 2009, traité par l'auteur)

2.4.3 Les constituants d'une toiture végétalisée : Les toitures végétalisées sont constituées

Type de toiture	Extensive	Semi-intensive	Intensive
Utilisation	Toitures écologiques	Jardins/Toitures	Jardins et parcs
Type de végétation	Végétation Mousse, herbe et plantes grasses.	Herbe, plantes grasses et buissons.	Gazon, plantes vivaces, buissons et arbres.
Epaisseur du substrat	≤ 15cm	15 à 30 cm	>30cm
Charge	60-150 kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
Irrigation	Non	Périodiquement	Régulièrement
Maintenance	Faible	Périodiquement	Intense
Coût	Faible	Moyen	Elevé

de bas en haut par les éléments suivants, voir figure ci-dessous :

- L'élément porteur (Dalle).
- L'isolant.

- La membrane d'étanchéité : le toit doit être effectivement et durablement étanche face à l'humidité grâce à la membrane d'étanchéité.
- Couche de séparation : elle est utilisée en cas d'incompatibilité chimique entre les diverses couches ou comme protection de l'isolation.
- La protection anti racines : elle sert à empêcher les racines de la végétation de traverser et d'endommager l'isolation.
- Couche de protection : elle isole le toit contre les sollicitations statiques dynamiques et thermiques.
- Couche drainante : elle conduit le surplus d'eau vers l'écoulement du toit.
- Couche filtrante : son rôle est d'empêcher des particules du substrat de pénétrer la couche drainante.
- Le medium de croissance ou substrat : C'est une couche d'enracinement permettant la croissance des plantes, composée d'un mélange de matériaux, avec parfois un faible pourcentage de matières organiques pour les nutriments et la rétention d'eau. Son épaisseur dépend du type de végétation à supporter.
- La végétation : Elle doit être autonome, durable et nécessiter très peu d'entretien. Les végétaux doivent pouvoir se développer dans des substrats très fins et se multiplier naturellement, par semences ou développement végétatif.

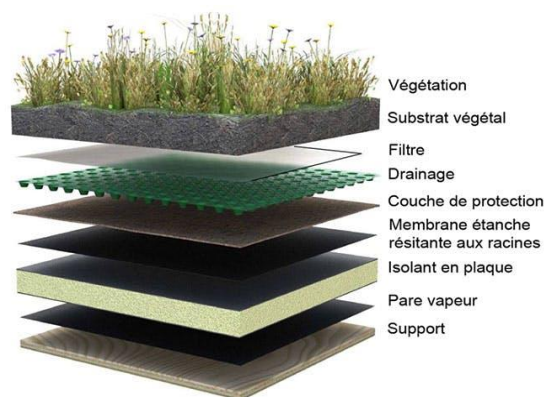


Figure 21: Représentation schématique des composantes d'une toiture végétalisée

- L'arrosage : De nombreux types de plantes pouvant être utilisés dans une toiture végétalisée nécessitent un arrosage régulier. Cependant, pour adopter une démarche écologique et respectueuse du développement durable, il est préférable de réduire l'utilisation de l'eau, sans pour autant rendre l'arrosage des plantes inutile. Les plantes supportant bien la sécheresse ont également besoin de temps en temps d'être arrosées, surtout pour s'assurer d'éviter l'inflammation des matières végétales sèches. (Atik, 2011).

Tableau 6:Entretien et arrosage des systèmes de végétalisation (source : Abderrezak, 2010) traité par l'auteur

Forme de végétalisation	Arrosage	Fréquence et durée des prestations d'entretien
Végétalisation intensive	Indispensable	Importante
Végétalisation extensive	Non nécessaire (sauf en région sèche)	Faible
Végétalisation semi-intensive	Indispensable	Modérée

2.4.4 Avantages des toitures végétalisées :

2.4.4.1 Avantages environnementaux et écologiques :

Réduction de l'îlot de chaleur urbain par les toitures végétalisées :

Les toitures végétalisées luttent contre l'îlot de chaleur urbain grâce à leurs propriétés isolantes et à l'évapotranspiration. Selon Weiler et Scholz-Barth (2009), elles peuvent abaisser la température des toitures de plus de 30 °C en été et réduire les températures ambiantes en milieu urbain dense, et constituent une alternative rafraichissante aux toits noirs classiques, même si leur performance thermique est inférieure à celle des toitures blanches réfléchissantes. Sa performance dépend de la typologie de la végétation et de la densité de la biomasse (Atik, 2011).

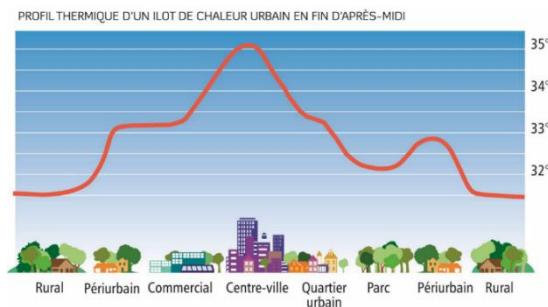


Figure 22:Gradient de température ville/milieu rural (source : ADEME 2012)

Purification de l'air :

La toiture végétale présente des avantages pour la santé en réduisant les toxiques dans l'air et est efficace pour réduire les îlots de chaleur urbains. Les végétaux agissent comme un filtre vivant contre les polluants et poussières fines. Grâce à la photosynthèse, ils synthétisent l'oxygène utilisé par les individus. Snodgrass, E.C. et McIntyre, L. indiquent que certaines plantes sont supérieures à d'autres dans l'absorption des gaz polluants, surtout dans les zones à forte circulation automobile. (Snodgrass, McIntyre 2010)

La gestion et la régulation des eaux pluviales :

Les toitures totalisent jusqu'à 20 % des surfaces urbaines des villes. De ce fait, elles reçoivent les eaux pluviales produites, qui plus est, en quantité considérable. L'eau ruisselée

est acheminée directement dans le système d'assainissement des eaux, ce qui surcharge les égouts ou même les stations de traitement des eaux, causant des inondations et des dégradations diverses de l'environnement. Afin d'éviter ces problèmes, une partie de l'eau pluviale est retenue localement dans le substrat et la strate végétale des toitures végétalisées. (Abderrazak, 2010).

2.4.4.2 Avantages urbains et sociaux :

L'aménagement des toits végétalisés peut être fait de manière compatible avec la vie urbaine en tant qu'espaces de loisirs et de détente des riverains, des contribuables, des résidents ou de les employés, en fonction du maître d'ouvrage. Par ailleurs, elles offrent aux résidents des immeubles voisins d'avoir un paysage bien plus agréable que celui des toitures traditionnelles.

2.4.4.3 Confort acoustique des bâtiments :

Les toitures végétalisées comptent parmi les moyens d'améliorer l'efficacité des performances acoustiques d'un bâtiment. En effet, leur substrat fait office de rempart aux bruits, en absorbant les infrasons, puis les plantes filtrent les ultrasons. Les études montrent qu'un substrat de 12 cm d'épaisseur peut faire diminuer les bruits ambiants jusqu'à 40 dB et participe à la tranquillité intérieure des bâtiments. (Peck, Kuhn, 2012). Ainsi, les toitures végétalisées sont en mesure d'absorber et d'amortir le son, créant ainsi un cadre agréable dans les bâtiments. Les plantes et le substrat permettent de protéger aussi bien des bruits aériens que des bruits d'impacts, notamment de la pluie ou de la grêle qui génèrent des réflexions sonores même avec une simple couche de couverture végétale. (Nèche, Bouattou, 2018)

2.4.4.4 Confort thermique des bâtiments :

Les toitures végétalisées améliorent nettement le confort thermique à l'intérieur des bâtiments, en particulier pendant les périodes de forte chaleur. Elles réduisent les besoins en climatisation et aident à mieux réguler la température en ville, notamment en atténuant l'effet de serre et les îlots de chaleur. Grâce à l'évapotranspiration, la végétation rafraîchit les surfaces exposées : un toit classique peut monter jusqu'à 65°C, tandis qu'un toit végétalisé reste entre 15 et 20°C. Ce phénomène a pour conséquence non seulement une meilleure qualité de microclimat urbain, mais également la réduction des apports de chaleur par le toit. En refroidissant la température des toits, les toits végétalisés permettent de réduire le besoin

en énergie pour le rafraîchissement. Certaines études affirment qu'une baisse de température intérieure d'une amplitude voisine de 3 à 7°C entraîne une réduction de consommation en climatisation de 10 %. D'autres sources apportent une information sur l'efficacité du dispositif : une seule baisse de demi-degré suffirait à diminuer le besoin énergétique de 8 %. (Leroux, 2005, cité par Abderrezak, 2010).

La figure représente une étude comparative des Températures de l'air intérieur des bâtiments avec et sans toit végétal (figure). En guise de synthèse de la figure, on peut dire que l'ajout d'un toit végétal a permis de conserver une atmosphère notablement moins chaude à l'intérieur du bâtiment durant les chaudes journées en été, la toiture semblant fonctionner comme une sorte d'isolant thermique très performant. En revanche, les températures intérieures enregistrées durant la nuit tendent vers une légère augmentation de la chaleur à l'intérieur du bâtiment à toit végétal, indiquant aussi une certaine capacité de retenue de la chaleur du côté de la toiture. Cette synthèse concrète démontre l'utilité des toits végétaux pour atténuer l'intensité avec laquelle les bâtiments réchauffent et refroidissent, aidant donc les conditions intérieures à rester plus stables.

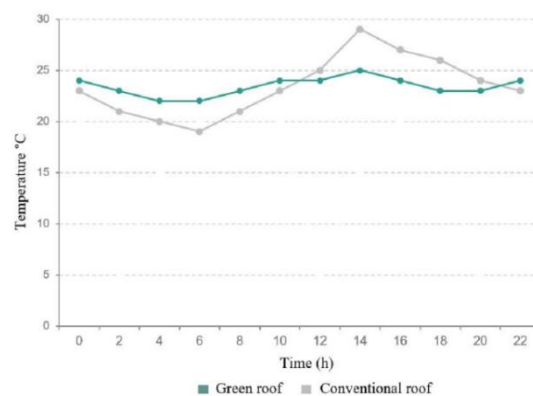


Figure 23: Températures de l'air intérieur des bâtiments avec et sans toit végétal. (source: Green Roofs as an Approach Towards Thermal Enhancement in Buildings Abdulrahman Mustafa Elmoghazy (2021))

2.4.5 Rafraîchissement par la végétalisation des espaces au contact des bâtiments :

La végétation placée près des bâtiments est beaucoup plus efficace pour rafraîchir l'environnement que si elle est regroupée dans un parc éloigné. Elle agit directement sur la température autour et à l'intérieur des constructions, ce qui améliore le confort thermique. Plusieurs chercheurs, comme Givoni (1989), Akbari et ses collègues (1992), ou encore Sailor (1995, 1998) et Santamouris (2005), ont montré que l'augmentation des surfaces végétalisées dans les quartiers résidentiels permet de réduire l'utilisation de la climatisation. Wong et al. Recommandent même de végétaliser directement l'enveloppe des bâtiments (toitures, façades) pour renforcer l'effet sur les économies d'énergie. Cela dit, pour que ces bénéfices soient réels, il ne suffit pas de planter au hasard. Le choix des plantes, la surface végétalisée et leur disposition sont essentiels. Une mauvaise implantation pourrait même augmenter la consommation d'énergie. La position de la végétation est essentielle :

lorsqu'elle couvre directement les murs ou la toiture, elle contribue à abaisser la température de l'air en contact avec le bâtiment, notamment grâce au phénomène d'évaporation, ce qui permet de limiter le recours à la climatisation. (Atik, 2011). Le tableau ci-dessous résume les avantages identifiés par quelques études de la végétalisation.

Tableau 7:synthèse : avantages des toitures végétalisées

Indicateur	Auteur	Etude	Synthèse
Purification de l'air	Snodgrass, E. and McIntyre, L. (2010)	The Green Roof Manual: A Professional Design Guide to Design, Installation and Maintenance.	Les plantes filtrent les polluants, produisent de l'oxygène et peuvent absorber certains gaz toxiques.
Confort acoustique	Abderrezak Adjiel (2010)	Evaluation de l'efficacité de rafraîchissement passif d'une toiture végétale sous un climat semi-aride	Un substrat de 12 cm peut réduire les bruits jusqu'à 40 dB en absorbant les sons aériens et les bruits d'impact, améliorant ainsi l'ambiance intérieure.
Confort thermique			Un toit végétalisé limite la température de surface à 15–20 °C contre 65 °C pour un toit classique, ce qui peut faire baisser la température intérieure de 3 à 7 °C
Rafrâichissement des abords immédiats des bâtiments	Tarik Atik (2011)	Les toitures végétalisées à Alger, pour une contribution à l'amélioration du microclimat urbain Méditerranéen.	La végétation proche des bâtiments rafraîchit l'air plus efficacement que celle des parcs éloignés. En couvrant murs et toitures, elle abaisse la température par évaporation et limite le recours à la climatisation.

2.4.6. Conclusion :

L'architecture végétale est une méthode architecturale qui garantit l'incorporation de tous les éléments de la nature dans un espace construit. Cette méthode a prouvé son efficacité pour le contrôle du microclimat urbain et pour augmenter la durabilité de l'environnement. Le dernier point est devenu possible grâce à la pénétration des toits végétalisés dans l'architecture urbaine. Leur effet peut être très significatif, car, grâce à ces systèmes, non seulement l'air se refroidit, mais il s'assainit également : la concentration de polluants tels que le carbone dans l'air diminue, tout comme celle des poussières. De plus, grâce au choix correct des plantes et aux substrats allégeant, la quantité d'arrosage est réduite, tout en favorisant la biodiversité en ville.

Les différents types de toiture végétalisée, qu'elle soit extensive, semi-extensive ou intensive, offrent plusieurs bénéfices, notamment pour la préservation de l'environnement et de l'espace urbain, liés en particulier à la réduction des îlots de chaleur urbains, à la gestion des eaux pluviales et à la qualité de l'air. En effet, les toitures viennent filtrer l'air en désinsectisant les eaux pluviales et en apportant un certain taux d'oxygène dans l'espace où les toitures sont placées. Ces toitures végétales permettront d'améliorer le confort thermique et acoustique des bâtiments et, de ce fait, de réduire les coûts liés à la climatisation et au chauffage.

Elles permettent aussi une protection de la biodiversité par la préservation des différentes espèces végétales et animales. Les toitures végétalisées permettraient une amélioration du microclimat urbain, en rendant le cadre de vie des résidents et des usagers des bâtiments beaucoup plus agréable.

D'un point de vue économique, ces coûts sont variables en fonction des choix relatifs à la végétalisation, mais les économies sur les factures d'énergie, la longévité du toit ou le traitement des eaux pluviales rendent leur mise en œuvre potentiellement économiquement viable à long terme.

Les systèmes architecturaux végétaux, typiques des dispositifs de toitures végétalisées, représentent des moyens efficaces et tangibles de contribuer à l'amélioration du microclimat urbain et du confort thermique dans les espaces construits. Outre les considérations esthétiques, ces outils permettent de réguler les températures, de purifier l'air, de réduire les volumes d'eaux pluviales et d'offrir une meilleure qualité de vie. Elles sont donc à la fois une forme d'architecture durable, plus sensible aux préoccupations environnementales et à

la qualité de vie des usagers, tout en constituant une habitude heuristique, à portée de main, au plan de la transition écologique de la ville.

2.5. Le confort hygrothermique :

2.5.1. Définition du confort :

Selon le dictionnaire Larousse, le confort serait l'ensemble des commodités, qui produisent le bien-être matériel. Le confort peut être défini comme le degré de désagrément ou bien-être par la caractéristique de l'environnement intérieur d'un bâtiment, ou aussi un environnement extérieur, une telle définition est considérée comme une interaction entre l'individu et l'espace qui l'entoure, c'est-à-dire « des conditions ambiantes physiquement mesurables et certaines autres conditions individuelles qui affectent notre perception de l'espace » (Estéban E, 2011).

2.5.1.1. Les types de confort :

On distingue 4 types de confort : -Le confort thermique, -Le confort visuel, Le confort acoustique, Le confort olfactif.

Dans le présent mémoire, notre étude portera principalement sur l'amélioration du confort hygrothermique.

2.5.2. Le confort thermique :

A été défini comme étant :

« La condition dans laquelle aucune contrainte significative n'est imposée aux mécanismes thermorégulateurs du corps humain. Permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail » (Herde André, Alain Liébard ,2005 P27). Le confort thermique est un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement immédiat.

2.5.3. Le confort hygrothermique :

2.5.3.1. Définition :

Le Confort hygrothermique est la manière dont on perçoit la température et l'humidité dans un espace donné. Pour qu'il soit optimal, certaines valeurs sont généralement recommandées :

- Température ambiante entre 18°C et 20°C
- Humidité relative autour de 40 % à 60 %
- Température des murs : 22°C ± 2°C

- Température du sol : entre 19°C et 24°C
- Vitesse de l'air : Entre 0,3 m/s et 1,5 m/s
- Différence de température entre deux murs : moins de 10°C
- Écart entre le sol et le plafond : inférieur à 5°C
- Et idéalement, pas plus de 3°C de différence entre la tête et les pieds d'une personne debout, sinon on ressent un effet de stratification thermique qui peut être gênant (Déoux et Déoux, 2004, p. 287).

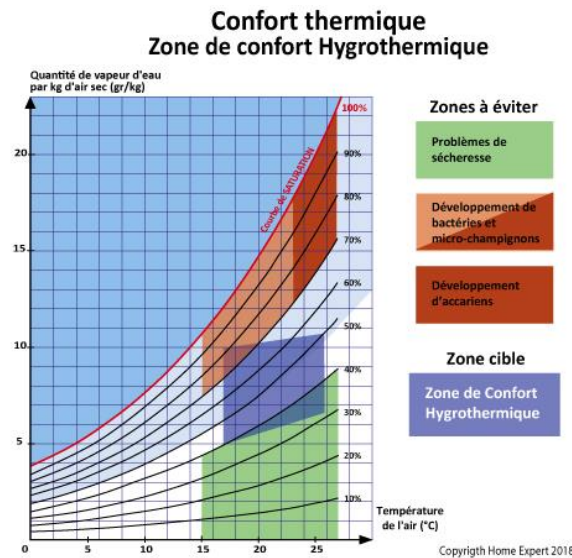


Figure 24: Illustration des domaines température-humidité de l'air intérieur à éviter en regard des problèmes de santé d'après le Fauconnier 1992.

De son côté, Roland Fauconnier (1992) a mis en évidence, à travers un diagramme de l'air humide (Figure 34), plusieurs zones de combinaison température-humidité à éviter. Ces zones illustrent les situations où, malgré une température correcte, une humidité mal gérée peut provoquer un vrai inconfort.

- zone 1 : à éviter pour des problèmes de sécheresse (on pourrait descendre jusqu'à 30% d'humidité relative).
- zone 2+3 : à éviter pour des développements de bactéries et des microchampignons.
- zone 3 : à éviter pour des développements d'acariens.
- zone 4 : polygone de confort hygrothermique (COSTIC).

2.5.3.2. Les facteurs influencent le confort hygrothermique :

Le confort hygrothermique dépend d'une combinaison de paramètres climatiques, parmi lesquels se distinguent la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, le rayonnement solaire. En somme, il semble se dégager une tendance : pour garantir un bon

confort au grand air, il importe de réduire l'impact du rayonnement solaire direct (par ombrage ou végétation), d'optimiser la ventilation douce (de l'ordre de 0,5 à 1,5 m/s) afin de mieux faire évaporer la sueur, et de contrôler la stabilisation de l'humidité, pour éviter la sensation de lourdeur ou de sécheresse. En effet, tous ces paramètres doivent pouvoir être librement adaptés selon les saisons et le contexte urbain si l'on cherche à garantir des espaces extérieurs à la fois agréables et sains, dans le tableau ci-dessous (Tableau 2.8) on trouve plusieurs études qui se sont portées sur ces indicateurs et sont arrivées à des résultats :

Tableau 8: Synthèse des facteurs influencent le confort hygrothermique

Indicateur	Auteur	Étude	Résultats
Température de l'air	LABRECHE. S	Paramètre principal du confort thermique ; contrôle les échanges par convection.	Réduction de 1°C permet d'économiser jusqu'à 10 % d'énergie en période chaude.
Humidité relative	Le Fauconnier	Pourcentage entre la quantité d'eau dans l'air à température ambiante.	Divise le seuil du confort en zones à éviter et à ne pas éviter.
Vitesse de l'air	Benhalilou K., 2008	Influence les échanges thermiques par convection/évaporation et la ventilation.	Les occupants peuvent ajuster les ouvertures pour éviter les courants d'air désagréables.
Orientation	Benhalilou K., 2008	Influence les interactions thermiques, visuelles et acoustiques ; impacte l'ensoleillement, l'humidité, et le vent.	Nécessite des protections solaires adaptées selon l'orientation.
Ventilation	Benhalilou K., 2008	Améliore la qualité de l'air et le confort thermique/hygrothermique.	Dépend de la disposition des ouvertures.
Température intérieure	Givoni B.	Influence des ouvertures de fenêtres sur la température intérieure.	Augmentation de 3°C côté ouest (exposé au vent), et d'environ 1°C côté abrité.
Température des parois (Figure 37)	Labreche, S.	Rayonnement thermique des parois influence la température résultante.	La température résultante combine température des parois et de l'air.

Modes de transfert thermique	LABRECHE. S	Conduction, convection et rayonnement. (Figure 31)	Le rôle des matériaux, du mouvement d'air, et du rayonnement émis par les surfaces.
Température du sol	Mazari M., 2012	Impact du sol sur le confort des pieds.	23°C pour personnes debout, 25°C pour personnes assises ; taux d'insatisfaction < 6 %.
Inertie thermique	Mazouz S.	Capacité à stocker/diffuser chaleur ou fraîcheur selon les matériaux.	Plus un matériau est massif, plus son inertie est élevée.
Isolation thermique (Figure 32)	Mazari M., 2012	Capacité d'un matériau à limiter les transferts thermiques.	Réduit les besoins en chauffage et climatisation.
Température moyenne radiante	Pamela N., 2018	Température uniforme des parois pondérée par l'angle de vue de la personne.	Régule les échanges thermiques entre la personne et l'environnement.
Métabolisme et activité (Figure 33)	Pamela N., 2018	Génère chaleur interne pour maintenir la température corporelle.	Température corporelle autour de 36,7 °C.
Habillement	Pamela N., 2018	Joue un rôle d'isolant thermique entre la personne et l'environnement.	Atténue la sensibilité du corps aux variations de température et vitesse de l'air.

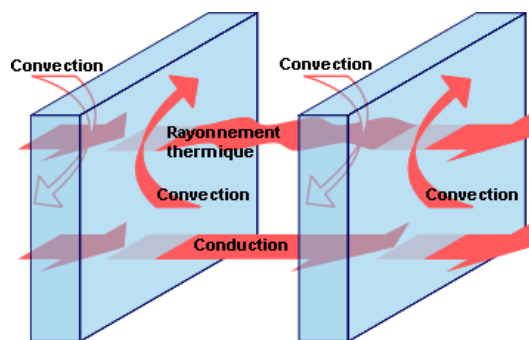


Figure 26: Les mécanismes de transmission thermique dans le bâtiment



Figure 25: Matériaux isolants.

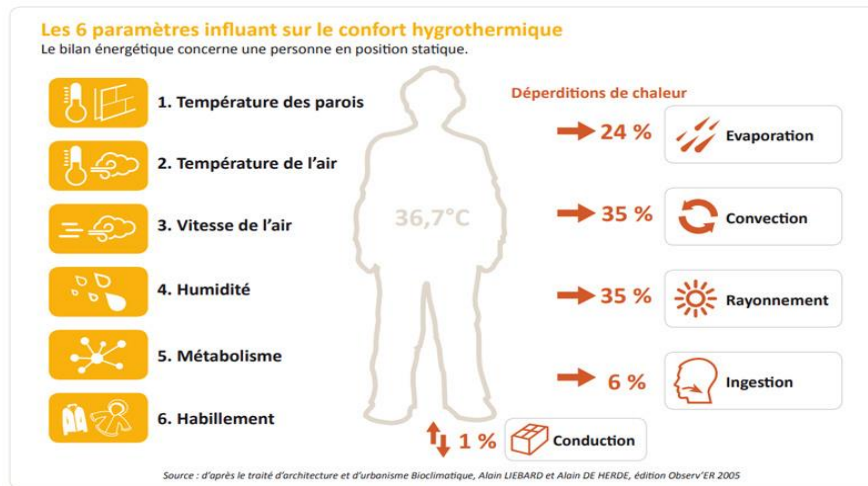


Figure 27:schéma des paramètres influant sur le confort hygrothermique.

2.5.3.3. Les indices de confort hygrothermique :

Les indicateurs de confort hygrothermique :

- *Vote Moyen Prévisible (PMV)* :

L'indice PMV (Predicted Mean Vote) est une méthode d'évaluation du confort thermique, qui correspond à la sensation thermique éprouvée par un groupe représentatif de personnes dans un environnement donné qu'elle doit être appréhendée sur la base d'un système normalisé de mesure d'un degré d'acceptabilité du confort thermique, allant d'un sentiment de grande froideur à la chaleur intense, car il doit être compris comme une fonction de plusieurs paramètres physiologiques et physiques qui mobilisent les déterminants de la perception de la chaleur, tels que le taux de métabolisme, le travail fourni, la proportion entre les parties du corps exposées et superficielles, d'une part, mais aussi les propriétés physiques de l'environnement environnant, d'autre part, à l'étape de la température ambiante (air), de la température radiante moyenne (TRM), de la pression de vapeur, du coefficient de convection, de la température de surface (tuiles) et de la résistance thermique des vêtements portés. (DAICH S., 2019)

PMV = 0 : confort thermique optimal.

- PMV négatif : sensation de froid, car on se trouve en situation inconfortable. PMV positif, sensation de chaleur trop intense. PPD estime le pourcentage de personnes insatisfaites quand, au PMV, tout est encore conforme au confort thermique. PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits) : indice important, le pourcentage de gens insatisfaits de l'ambiance thermique s'élevant avec la valeur du PMV. Lorsque le PPD augmente, la zone de confort tend à se réduire autour de valeurs PMV situées au centre de la plage. Source (DAICH S., 2019).

Selon la norme ISO 7730, la zone de confort thermique est définie par :

$-0,5 < PMV < 0,5$, soit $PPD < 10 \%$.

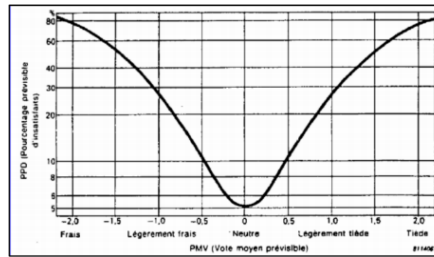


Figure 28: Relation entre PMV et PPD, source : Mazouz S.

- *PET (Température Equivalente Physiologique) :*

Il s'agit de la température caractéristique d'un environnement intérieur, sans rayonnement solaire direct et avec une vitesse de l'air inférieure à 0,1 m/s. Dans ces conditions, le corps humain, en légère activité ($\text{clos} \approx 0,99$), échange une quantité d'énergie équivalente à celle reçue dans ce même environnement. (AHRIZ A, 2018)

2.5.3.4. *Les outils d'évaluation du confort hygrothermique :*

Tables de Mahoney :

Les tables de Mahoney sont des outils de référence en architecture bioclimatique, conçus pour orienter la conception de bâtiments adaptés aux conditions climatiques locales. Elles se composent de six tableaux, dont quatre servent à renseigner les données climatiques :

- Températures : moyennes mensuelles des températures maximales et minimales.
- Humidité, précipitations et vent.
- Comparaison entre les seuils de confort et les données climatiques.
- Indicateurs : classification mensuelle de l'humidité ou de l'aridité à partir des données précédentes.

Les deux derniers tableaux fournissent des recommandations architecturales, telles que la forme du bâtiment, son orientation, ou encore la taille et position des ouvertures.

Cité par (MAZARI M., 2012)

Simulation thermique dynamique :

Il existe plusieurs outils qui permettent d'évaluer le confort hygrothermique dans le bâtiment, tel que DesignBuilder, Pleiade+Comfie, Trnsys etc.

2.5.3.5. Le confort thermique et l'humidité :

Influence de l'humidité :

L'humidité affecte le confort thermique : plus l'air est humide, plus la sueur s'évapore difficilement du corps, surtout quand il fait chaud. À 22 °C avec 40–65 % d'humidité, le confort est acceptable ; à 24 °C avec 82 %, l'inconfort est fort. L'humidité dépend du climat, du bâtiment (fuites, ponts thermiques...) et du comportement des occupants (cuisine, douche...). L'hygrométrie idéale se situe entre 30 % et 60 %. Par exemple, de l'air à 21 °C et 50 % d'humidité atteint son point de saturation à 10,3 °C. En dessous, il y a condensation. Une bonne ventilation aide à réduire l'effet de l'humidité en accélérant l'évaporation.

2.6. Synthèse générale :

Dans ce chapitre on a exploré les fondements scientifiques et techniques liés à l'amélioration de l'habitabilité des espaces extérieurs et l'intégration de l'architecture végétale et stratégies climatiques passives dans la conception architecturale, en basent particulièrement sur l'amélioration du confort hygrothermique et la création d'îlots de fraîcheur urbains dans ces derniers. On a abordé plusieurs aspects tel que : la végétalisation, l'aménagement extérieur et impact sur le microclimat et le confort hygrothermique dans le bâtiment. Pour notre projet, nous suivrons les recommandations suivantes :

1. Végétalisation et couverture végétale :

- *Taux optimal de végétation :*

Une couverture végétale de 60 % de la surface extérieure améliora significativement le confort thermique et contribuera à réduire la température ambiante de 2 à 4°C en période estivale.

- *Toitures végétalisées :*

Extensives (substrat <15 cm, faible entretien) : adaptées aux toits plats ou légèrement inclinés, efficacité moyenne sur le confort intérieur.

Intensives (substrat >30 cm, accueillant des arbustes et petits arbres) : plus efficaces pour l'isolation thermique et la régulation de l'humidité.

- *Murs végétalisés (façades végétales) :*

Réduisent la température des murs d'environ 7 °C en été ; sera bénéfique pour les zones exposées au soleil. Le choix portera sur les plantes à feuillage dense et évapotranspiration élevée : laurier-rose, lavande, figuier, cyprès, bambou, vignes ; Et aussi les arbres d'ombrage

à grand houppier : platanes, érables, jacarandas, micocouliers ; Et les Plantes grimpantes pour structures verticales ou pergolas : lierre, vigne vierge, bougainvillier.

2. Organisation de l'aménagement extérieur :

- *Aménagements perméables et végétalisés :*

Favorisent l'infiltration des eaux pluviales et réduisent les surfaces minérales chauffantes.

- *Organisation spatiale :*

Créer des zones ombragées par arbres ou structures légères.

Alterner surfaces végétales et éléments de rafraîchissement passifs.

Utiliser des matériaux clairs et à haut albédo.

Intégrer bassins ou plans d'eau (éléments de rafraîchissement passifs).

Prévoir des zones de repos protégées du vent et du rayonnement solaire direct.

Prévoir des allées vertes et des impasse-jardins.

3. Amélioration du microclimat :

Effet de l'eau et de la végétation sur le microclimat : La présence d'eau peut réduire la température ambiante de 1 à 3°C, surtout combinée à la végétation. Créer un effet de brise par le positionnement stratégique des plantations et ouvertures.

4. Confort hygrothermique et réduction de l'humidité :

Végétation comme régulateur d'humidité : L'évapotranspiration permet un meilleur équilibre hygrométrique. Utilisation de matériaux respirants (terre cuite, bois non traité, chaux) : favorisent la régulation de l'humidité intérieure.

2.7. Analyse thématique :

Pour être en mesure de comprendre les exigences fonctionnelles de notre projet architectural, nous avons analysé plusieurs exemples en ayant comme registre d'analyse, les points suivants : l'environnement et le contexte, la forme, l'enveloppe et les réponses climatiques réalisés. Également l'aspect programmatique, structurel comme le traitement de façade seront analysés. Le programme quantitatif et qualitatif de notre projet est présenté en annexes :

2.7.1 Analyse d'exemples :

Tableau 9: Synthèse de l'exemple du centre communautaire de Billère, France :

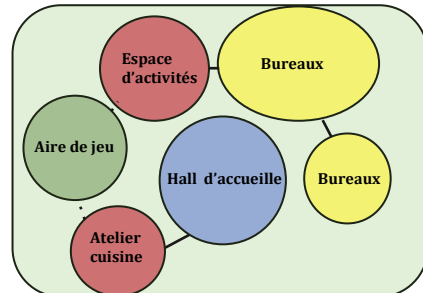
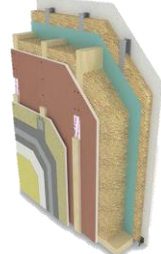
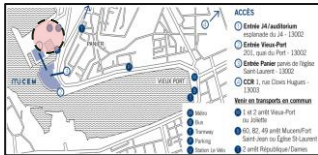
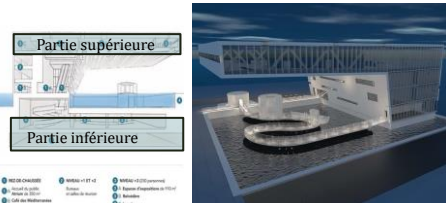
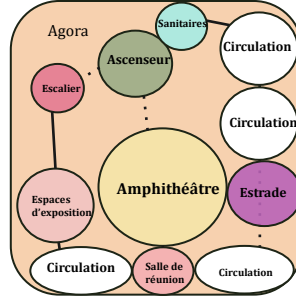
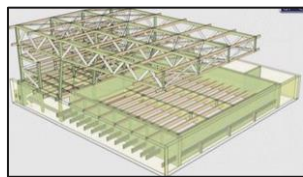
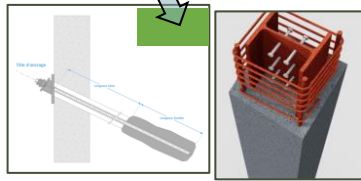
SYNTHÈSE DE L'EXEMPLE : Centre communautaire de Billère, France :							
Centre d' échange et d' animation	Nom du projet	Environnement	Forme		Enveloppe		Réponses climatiques
		Concept urbain	Concept architecturale	Programme	Aspect structurelle	Analyse de la façade :	
	Centre communautaire de Billère, France	SITUATION : Le centre communautaire de Billère est situé dans la commune de Billère, dans les Pyrénées-Atlantiques, en région Nouvelle-Aquitaine, à proximité de la ville de Pau ; en France.  ANALYSE DU PLAN DE MASSE: Le centre est accessible par l'Avenue Lalanne qui mène vers l'entrée principale, avec deux autres accès piétons secondaires Il n'y a pas de parking Le bâtiment présente une façade à lignes brisées qui maximisent la lumière naturelle et l'orientant de la terrasse vers le parc pour se protéger des vents. La forme du bâtiment est irrégulière, suivant le contour polygonal du terrain avec, 60 % qui est occupé par le bâti et 40 % par le non bâti et 10% à la végétation.	Le centre communautaire présente une enveloppe multifacette qui s'intègre harmonieusement dans son environnement, minimisant l'impact visuel et maximisant les vues sur le parc. Conçu pour les piétons, il dispose d'une rampe de 6 mètres qui facilite l'accès. Le bâtiment se fond dans le paysage, avec une façade réduite sur la rue et des espaces ouverts à la nature, offrant intimité et créant des lieux de rencontre pour la communauté.   	Le centre de Billère, a une surface de 1 800 m² de plancher et 1 200 m² de surface hors œuvre nette, distribuer sur deux étages ; avec chaque fonctions mère dans une zone (entités) : Détente et animation, Éducation, Administration et services et espaces publics.  La circulation intérieure est centrale qui diverge ensuite vers les défèrent espaces dans les deux niveaux ; et l'extérieure fait le tour du bâtiment.	Le bâtiment deux étages, le RDC étant immergé sous terre ; les murs porteurs donc suffisant pour supporter la charge de l'ensemble du bâtiment ; la stabilité est assurée par la terre recouvrant une partie du RDC.   Le système structurel est composé de panneaux de bois et de murs en béton, le bois est durable sous le climat de Billère car il est locale ; les autres matériaux comprennent le vitrage des fenêtres et les garde-corps en acier.	Des matériaux et styles locaux sont utilisés dans le traitement de la façade : Des panneaux de bois simples correspondent au style local et se fondent dans les bâtiments environnants. Des balustrades en acier aux motifs abstraits sont utilisées pour délimiter la terrasse et les balcons. Des vitrages allant du sol au plafond sont utilisés pour un meilleur éclairage et une vue maximale sur l'extérieur.  	

Tableau 10: Synthèse de l'exemple de la villa méditerranée, Marseille

SYNTHÈSE DE L'EXEMPLE : La villa méditerranée, Marseille :							
Centre d'échange et d'animation	Nom du projet	Environnement :	Forme		Enveloppe		Réponses climatiques
	Centre régionale méditerranéen (La villa méditerranée ; Marseille)	Concept urbain	Concept architecturale	Programme	Aspect structurelle	Analyse de la façade	
		SITUATION : La Villa Méditerranée est située en France dans le 2ème arrondissement de la ville de Marseille sur l'esplanade du J4 dans le quartier de la joliette. ACCESSIBILITÉ : Le seul accès physique direct à l'intérieure du bâtiment se fait par l'entrée principale sur l'esplanade du J4 et c'est un accès piéton, il n'y a pas d'accès mécanique. 	Le projet vise à intégrer la mer à l'intérieur du bâtiment, conçu en forme de 'C' pour symboliser l'union entre la mer, la terre et le ciel , chaque niveau offre une vue sur au moins deux de ces éléments, avec la mer visible de partout, cette forme permet une bonne intégration au site ; le centre est divisé en trois parties : la partie supérieure pour les salles de travail et d'exposition en porte-à-faux de 36 m qui est le véritable défi de ce projet , la partie inférieure (sous-sol) pour l'amphithéâtre et les locaux techniques, et un hall d'entrée à triple hauteur au RDC qui sert d'accueil pour les visiteurs ; c'est une intégration à contraste aucun bâtiment environnant a une tel profondeur en porte-à-faux.  	Le projet couvre 10 000 m² de surface et peut accueillir 4000 personnes : LES FONCTIONS : FONCTIONS MERES : SOUS-FONCTIONS : -L'Exposition -L'Éducation -L'Interaction Sociale -L'animation et loisir -Détente et balade -La recherche il comprend plusieurs niveaux : RDC , il y a un restaurant, un bar, des locaux techniques et des monte-charges ;les deux étages intermédiaires sont dédiés aux espaces de travail ; le r+3 est destiné à l'exposition avec une grande salle, ainsi qu'un espace de conférences et d'événements lui sous le niveau de la mer ; le r-1 abrite une coursive d'exposition , tandis que le r-3 est réservé aux locaux techniques ; la circulation horizontale elle se fait autour un espace centrale qui diverge vers les autres espaces. 	Le Centre Méditerranéen combine architecture contemporaine et infrastructure offshore, avec une structure mixte de béton et d'acier (métallique tridimensionnel permettent de grande portées), organisée sur trois niveaux horizontaux parallèles.  L'ossature métallique, présente un porte-à-faux de 36 m, sollicitant en permanence quatre appuis en traction, soutenus par 4 à 6 tirants précontraints. La stabilité de la structure repose exclusivement sur ces Tirants. 	La façade de la Villa Méditerranée se distingue par son design contemporain, avec une structure métallique légère et aérée, symbolisant la transparence et l'ouverture. Elle utilise largement le verre, permettant une vue sur la mer et l'horizon, tandis que le béton assure la solidité de la structure.  La peau du bâtiment alterne entre panneaux de béton précontraint et bandes de verre, créant des fissures transparentes à travers lesquelles les visiteurs peuvent voir à la fois la grande Agora sous-marine et la salle d'exposition. 	

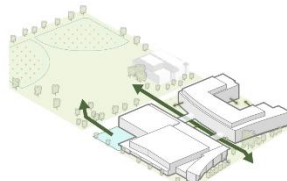
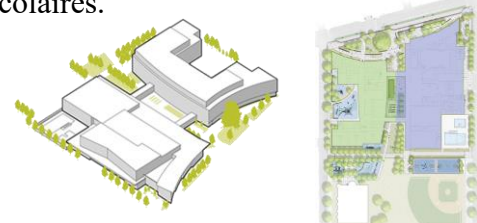
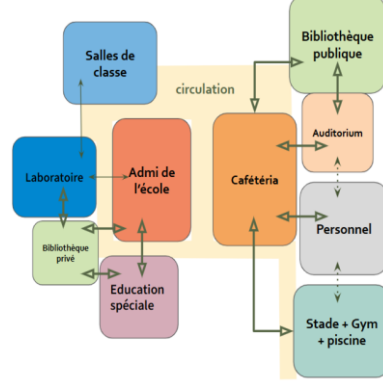
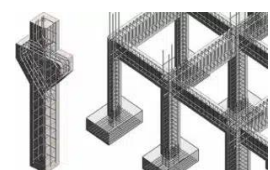
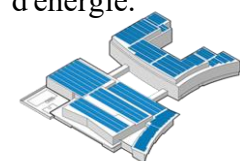
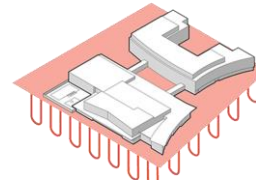
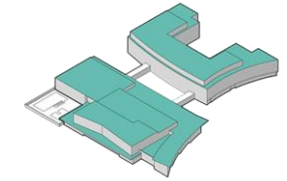
SYNTHÈSE DE L'EXEMPLE : Open King school complexe :					
Nom du projet	Echelle environnementale	Forme		Enveloppe	Réponse climatique
Centre d' échange et d' animation : Open King school complexe	Concept urbain	Concept architectural	Programme	Aspect structurel	Actives:
	1-situation : Le King Open est à Cambridge, MA, près de Boston, connu pour Harvard et le MIT.  2-accessibilité : Le King Open Complexe, bien situé dans un réseau urbain dense, se distingue comme un hub éducatif et social accessible. 3-points de repère : Le Complexe est entouré de repères clés, intégré au tissu urbain et relié à des services, institutions éducatives et lieux culturels.	1- structure principale : La structure s’articule autour d’un axe vert, reliant des volumes fragmentés qui réduisent l’impact visuel et optimisent l’espace en zones interconnectées.  2-Le complexe se compose des blocs académique et communautaire, ce dernier restant ouvert pour activités hors horaires scolaires.  3-Le complexe, rectangulaire et le long de Cambridge Street, occupe 33 % du terrain (11 015 m² sur 32 992,9 m²), maximisant l’espace tout en restant connecté à la communauté.  4-Les accès sont sur Cambridge Street, avec des entrées séparées pour chaque groupe. Des allées piétonnes reliant les zones, et des parkings souterrains sont prévus pour les véhicules.	1- Le premier étage sépare l’éducation et les loisirs, chaque entité ayant son propre bâtiment, relié par deux parcours piétons. 2- Au deuxième étage, les espaces scolaires restent similaires, tandis que le bloc public devient privé, réservé à l’administration. 3-Au dernier étage, le bloc public disparaît complètement, ne laissant que l’école. Les espaces sont répartis presque de la même manière que sur les autres étages, assurant ainsi une continuité dans l'organisation des lieux. 	1-Les architectes ont utilisé des panneaux sandwich préfabriqués pour accélérer la construction, tout en garantissant une bonne isolation thermique et acoustique.  2-Une ossature mixte en acier et bois peut être utilisée dans les parties secondaires ou décoratives pour réduire l'empreinte carbone.  3-Structure principale en Béton armé et acier Béton armé : Utilisé pour les fondations et éléments porteurs, offrant résistance et durabilité. Acier : Employé pour les grandes portées, réduisant les colonnes et maximisant l'espace fonctionnel.	1-Les panneaux solaires intégrés couvrent le toit, l'auvent et la façade, générant 1,3 MW d'énergie.  2-Les puits géothermiques utilisent la chaleur du sous-sol pour chauffer et refroidir le bâtiment de manière durable, grâce à un échange thermique avec le sol qui maintient une température stable toute l'année.  3-Le site, situé à l'extrémité d'un bassin versant, évacue les eaux de ruissellement vers un réseau d'assainissement unitaire connecté à une station d'épuration, qui déverse dans une rivière lors de fortes pluies.  Passives: -Les ouvertures favorisent la lumière naturelle, limitant l’éclairage artificiel, tandis que la circulation naturelle de l’air réduit le recours à la climatisation, assurant un confort intérieur.

Tableau 11:synthèse de l'exemple King Open school

CHAPITRE 3 : CAS D'ETUDE

3.1. Introduction :

Bab Ezzouar, située à l'est d'Alger, est une commune dynamique en plein développement au cœur d'enjeux urbains, économiques et sociaux importants. Son développement rapide la rend un espace stratégique pour accueillir un projet architectural. Pour une intégration optimale du projet et une amélioration de la qualité de vie urbaine, nous allons dans ce chapitre analyser la ville, l'aire d'étude qui est le quartier d'affaires et enfin le site afin d'entamer la conception du projet. Cette analyse vise la recherche de références externes englobe 03 dimensions primaires : 1. Analyse climatique, 2. Analyse typomorphologique et 3. l'analyse sensorielle, ce qui permet d'identifier la stratégie urbaine pour que notre projet s'y insère.

3.2. Présentation de la ville : Bab Ezzouar :

3.2.1. Critères de choix :

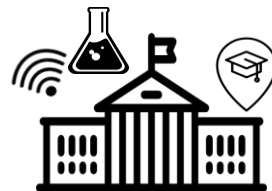
La ville a été choisie en fonction de ses caractéristiques et de l'objectif de l'atelier. Notre choix s'est basé sur le potentiel de celle-ci en tant que ville périphérique d'Alger qui a connu une ampleur importante d'urbanisation ces dernières années où elle s'est transformée d'une ville purement habitable en un lieu d'échange de marchandises, d'affaires et d'activités tertiaires.



1) Proximité avec Alger et
accessibilité



2) Infrastructures
universitaires et scientifiques



3) Développement économique
et zones d'affaires

Figure 29: Critères de choix de la ville. Source : Auteur

3.2.2. L'origine du mot Bâb Ezzouar :

Elle vient sous l'appellation de BAB EZZOUAR car elle Était le premier lieu qui reçoit les visiteurs venants de l'Aéroport de HOUARI BOUMEDIENNE ; Bab : qui veut Dire porte ; et Ezzouar : qui veut dire les visiteurs en arabe.



Figure 30: Porte urbaine ; pour les visiteurs. Source : Auteur par l'IA Freepik

3.2.3. Situation géographique : l'échelle régionale :

La ville de Bâb Ezzouar est une ancienne zone agricole, qui s'étend sur une superficie de 822,8 Ha, elle se limite selon le découpage administratif par les différentes villes :

- Au nord par la ville Bordj el Kiffan
- À l'est par la ville de Dar el Beida,
- Au sud par la ville oued Semmar,
- À l'ouest par la ville El Mohammedia



Figure 31: Carte de BabEzzouar à l'échelle régionale ;
Source : Google Earth traitée par les auteurs

- La situation de la commune de Bab Ezzouar lui donne une position stratégique et une valeur importante à l'échelle de la wilaya d'Alger se trouvant à 15 km de celle-ci et à 5 km de l'aéroport international Houari Boumediene.
- 3.2.4. Accessibilité :** L'autoroute est-ouest joue un rôle de transit à une échelle plus grande que celle de Bab-Ezzouar car elle assure sa relation avec la capitale. La RN 24 assure l'accessibilité vers Bab Ezzouar et relie Bordj El Kiffan à El Mohammadia. La RN05 Considérée comme axe territorial traversant et structurant toute la ville tout en assurant la liaison Alger-Constantine.



Figure 32: Carte de BabEzzouar avec ses communes avoisinantes ; Source : Carte Google maps traitée par les auteurs

3.2.5. Vocation de la ville : Vocation économique : Quartier d'affaires ; Infrastructures ; Projets futurs.

- Vocation résidentielle : Ville dortoir ; Education.

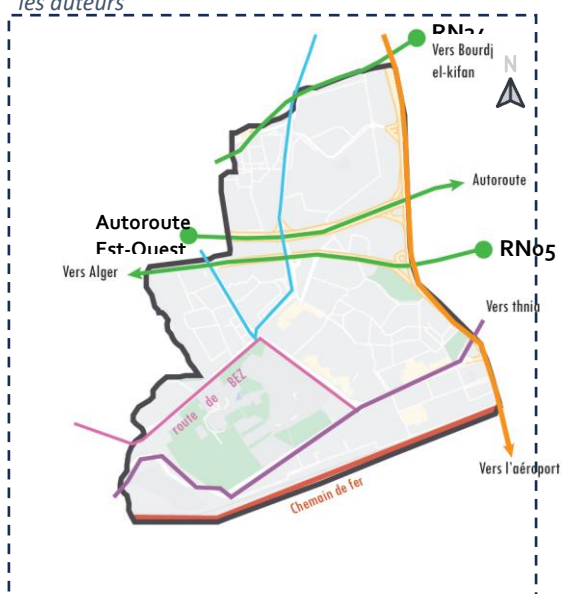


Figure 33: Carte d'accessibilité de BabEzzouar ; Source : Carte Google maps traitée par les auteurs

3.2.6. Population

3.2.7. Contexte socio-économique :

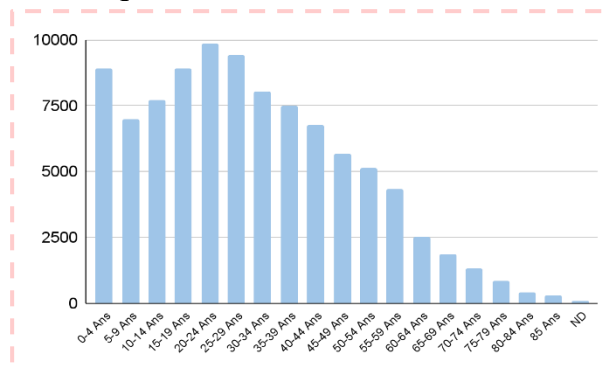


Figure 34: Diagramme de la population par tranche d'âge à Bab Ezzouar ; Source : APC

- Nombre d'habitants : 96597 hab.
- Taux d'accroissement (1998-2008) : 0.5%
- Densité : 117.4 hab./ha.
- Taux d'analphabétisme : 9.1%
- Nombres d'emplois : 35102.
- Taux d'activité : 36.4%
- Taux de possession de véhicule : 48.4%
- Nombre de logement : 22371 logs.
- Taux de logement individuel : 23%
- Taux de logement collectif : 77%
- TOL : 06 pers/log
- TOP : 02 pers/pièce

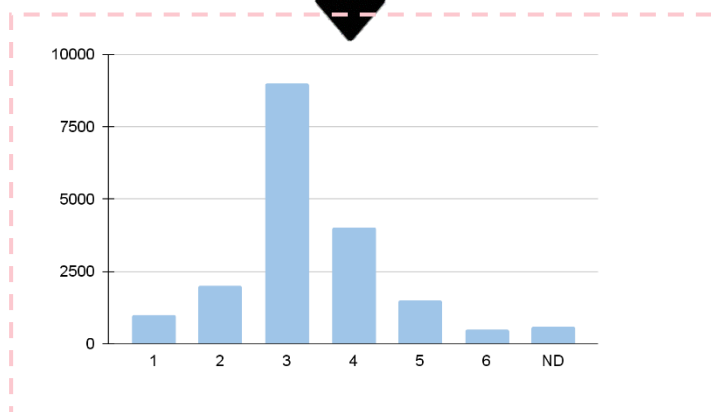


Figure 35: Diagramme de répartition des logements habités selon le nombre de pièce

Population jeune donnant une image d'une ville active et dynamique qui participe à la production. La majorité des logements sont des F3.

La densité est un facteur essentiel qui indique les lieux prêts à accueillir l'attractivité.

3.3. L'analyse urbaine :

L'analyse urbaine est conduite en combinant l'analyse typo morphologique à celle sensorielle et la synthèse sera faite sous l'approche SWOT afin de dégager la stratégie urbaine globale que notre projet architectural devrait suivre.

3.3.1. Analyse typo-morphologique :

3.3.1.1. Analyse diachronique de la ville de Bab Ezzouar :

Pour cette analyse historique on s'est appuyer principalement sur des mémoires pour les textes historiques ; et sur le POS de BabEzzouar pour les cartes : (Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère en architecture et urbanisme, Pour une approche de renouvellement urbain : Cas de la ZHUN de Bab Ezzouar, BENAMEUR Amina Hadia, 2010.) :

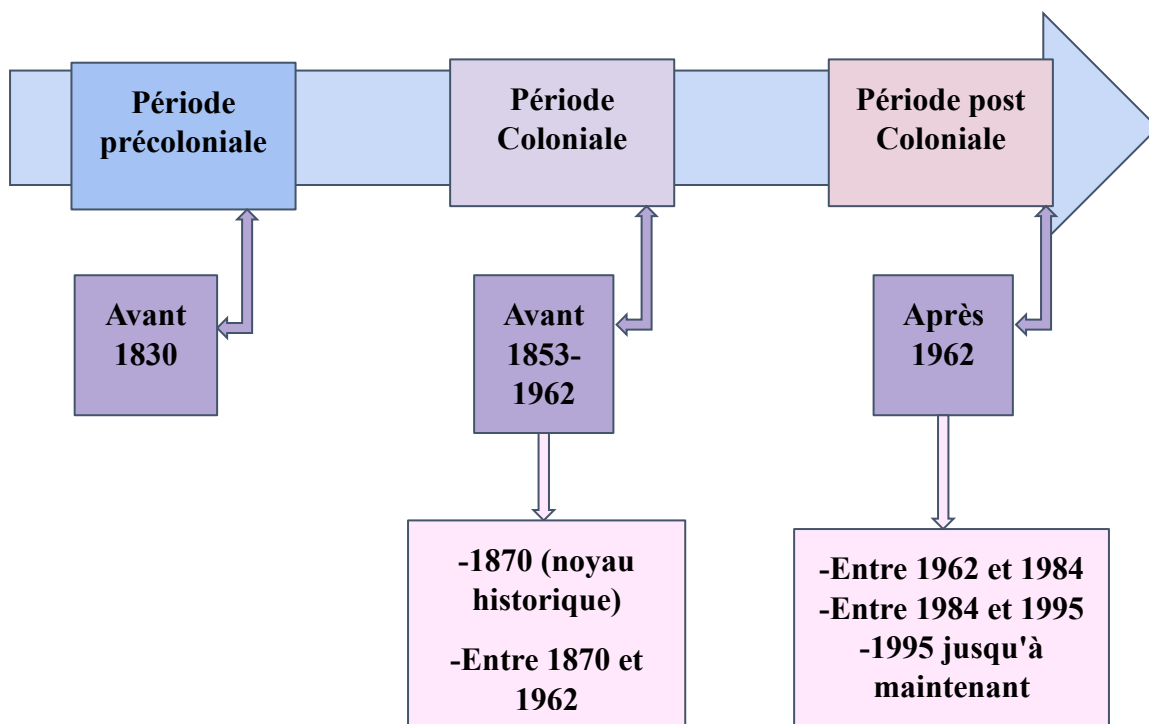


Figure 36:Chronologie des périodes d'urbanisation en Algérie

- *Aperçu historique :*

Bab Ezzouar, anciennement zone industrielle, s'est progressivement transformée en un pôle urbain dynamique, marqué par un développement rapide de ses infrastructures, de ses fonctions économiques et de son tissu résidentiel. Cette évolution s'inscrit dans trois grandes périodes : la période précoloniale, durant laquelle la zone était principalement rurale et marécageuse ; la période coloniale, où elle commence à s'intégrer aux dynamiques industrielles d'Alger ; et la période postcoloniale, marquée par une urbanisation accélérée et une diversification de ses fonctions.

- *La logique d'implantation de la ville de Bab Ezzouar :*

La ville de Bâb Ezzouar est un établissement de fond de vallée appartenant au 4ème cycle. De l'établissement territorial selon la théorie de Cannigia. C'est une ville de nouvelle fondation, liée au développement d'Alger le long du parcours de fond de vallée (actuellement RN5), dont le premier noyau (retour de la chasse 1870) est situé à l'intersection du parcours de fond de vallée (actuel RN5) et celui du sahel (Bordj el kiffan actuel RN24). Bâb Ezzouar est un établissement humain créé sur la plaine de Mitidja entre les villes de sahel et celles du piémont et aussi prêt du tracé de la route entre Alger et Dar el Beida qui a conféré à Bâb Ezzouar une situation stratégique avec une bonne accessibilité.

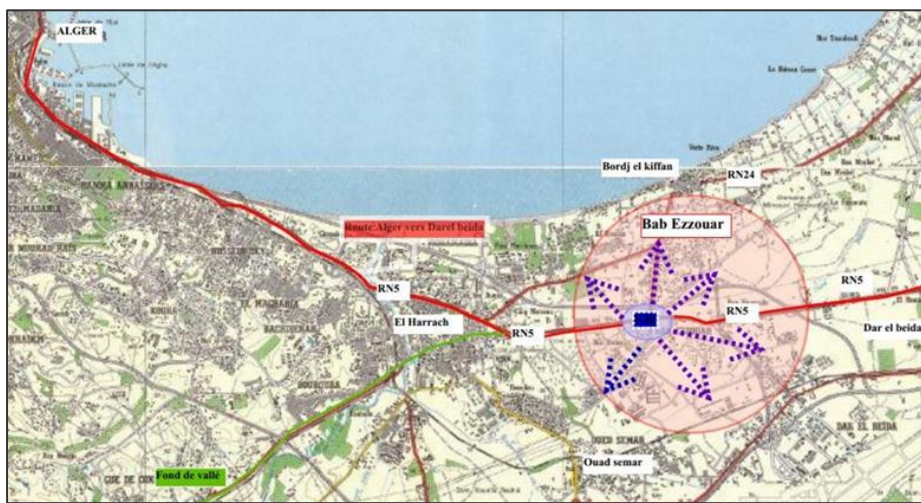


Figure 37: L'émergence de la ville de Bab Ezzouar source : Pour une approche de renouvellement urbain : Cas de la ZHUN de Bab Ezzouar, BENAMEUR Amina Hadia, 2010.

La chronologie du développement du village de Bab Ezzouar :

La période pré coloniale (avant1830)

Avant la période coloniale la ville n'existait pas, elle était juste une zone marécageuse qui présentait une étendue des terrains agricoles de la plaine de la Mitidja (la Rassauta), la "RASSAUTA" est une ancienne commune de la province d'Alger située à l'est d'Alger.

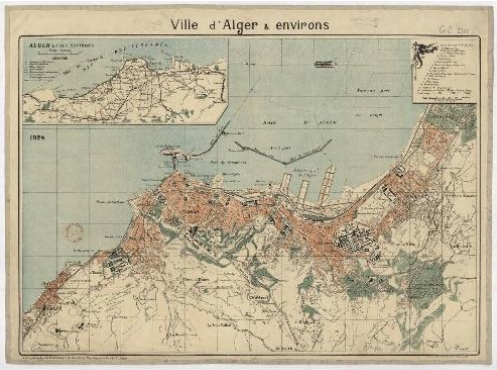


Figure 39: Alger avant 1830 ; Source : gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

La période coloniale
De 1832-1870

Le 7 avril 1832, l'armée française massacra la tribu des Aoufias près d'El Harrach. La Rassauta fut érigée en commune de plein exercice le 22 août 1851, mais son territoire mal délimité fut progressivement réduit. Elle perdit plusieurs centres, dont Maison Carrée, Maison Blanche et La Réghaïa. Rouïba devint une division en 1861, Bab Ezzouar en 1870, et Fort de l'Eau en 1882.

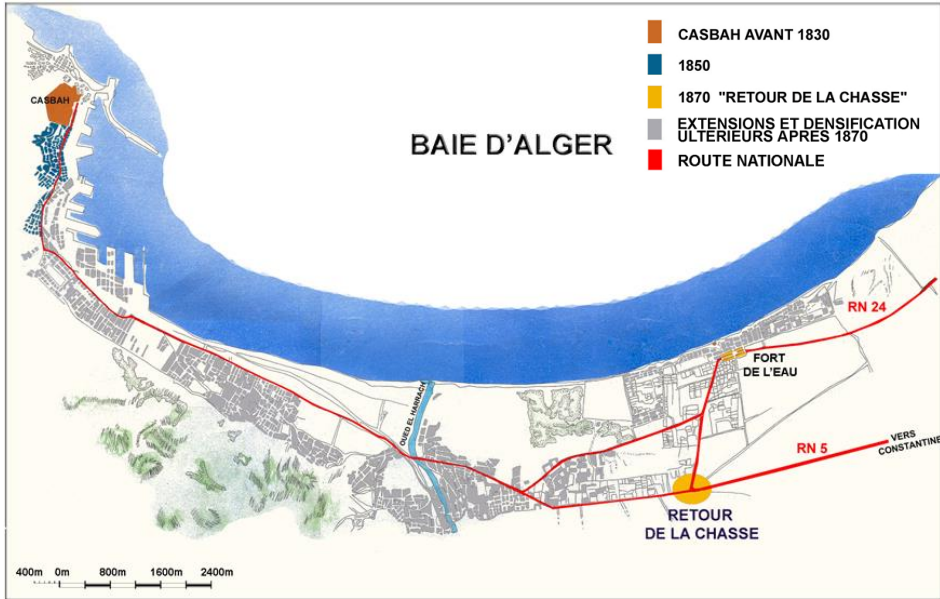


Figure 43:Retour de la chasse (1830) ; Source : POS de BabEzzouar.

Synthèse : Mis à part deux petites agglomérations la commune était constituée de terres agricoles et fermes coloniales.

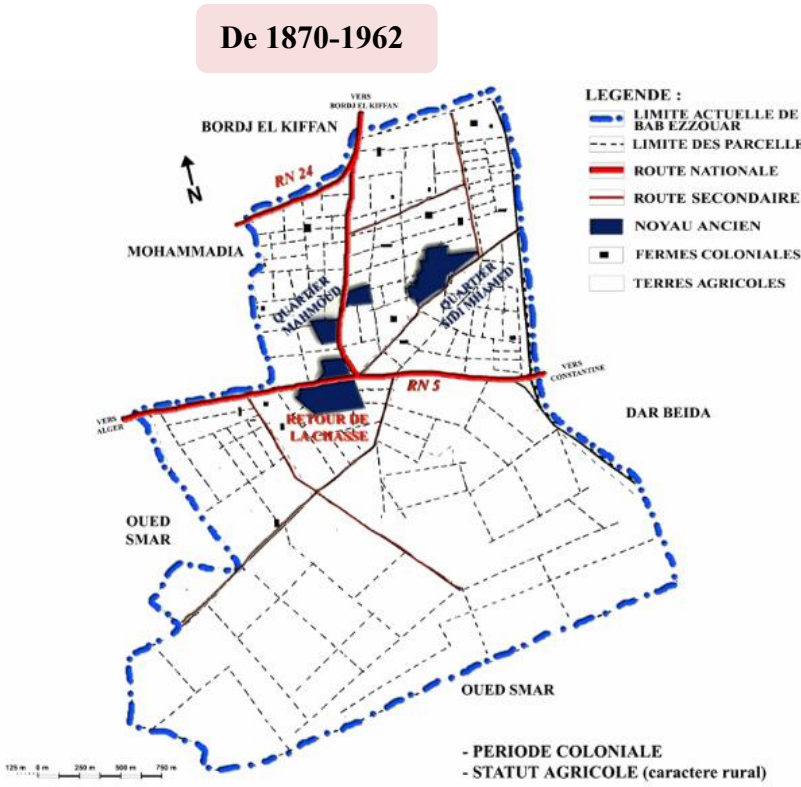


Figure 42: carte de Bab Ezzouar à l'époque coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.

Bab Ezzouar, à cette période, est restée une zone principalement rurale, caractérisée par une faible transformation. Elle a conservé son identité d'origine, avec des maisons individuelles disséminées le long de la Route Nationale 5. Cette zone a conservé une architecture simple et une identité rurale, avant de connaître un développement plus marqué.

Synthèse : Rétrécissement des terres agricoles au dépend de l'étalement des agglomérations et apparition des espaces verts d'agrément (USTHB).

La période post coloniale
De 1962-1984

Face à la saturation d'Alger due à l'exode rural post indépendance, l'idée d'une extension vers l'est a été progressivement adoptée par les pouvoirs publics. Ce n'est qu'à partir des années 1970 que l'urbanisation s'est réellement amorcée, marquée par la création de l'USTHB (1960-1970), de deux cités universitaires, ainsi que par des projets lancés entre 1975 et 1985.

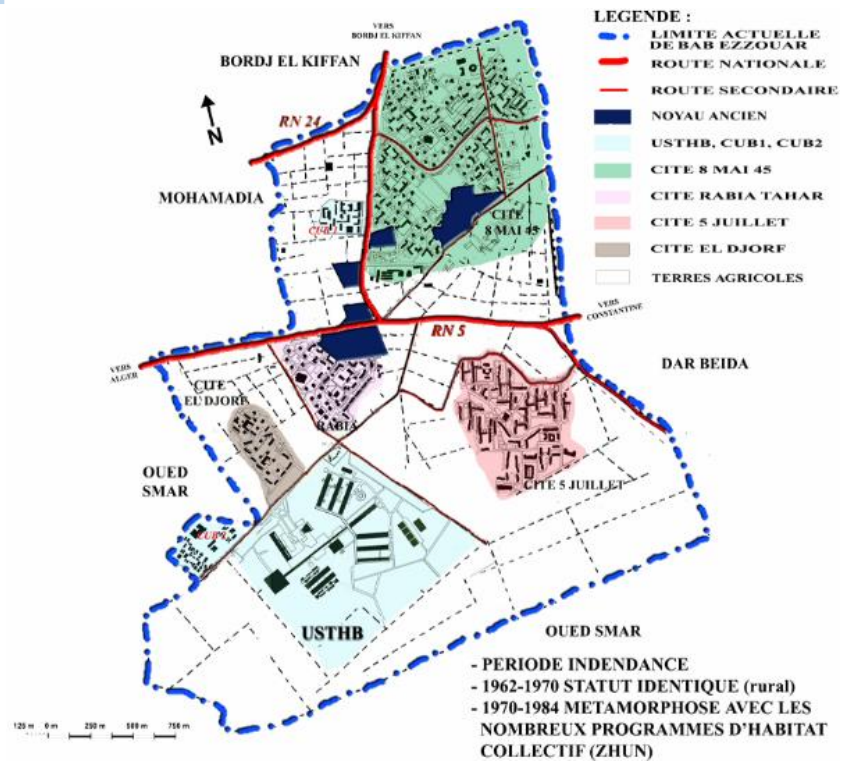


Figure 40:Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.

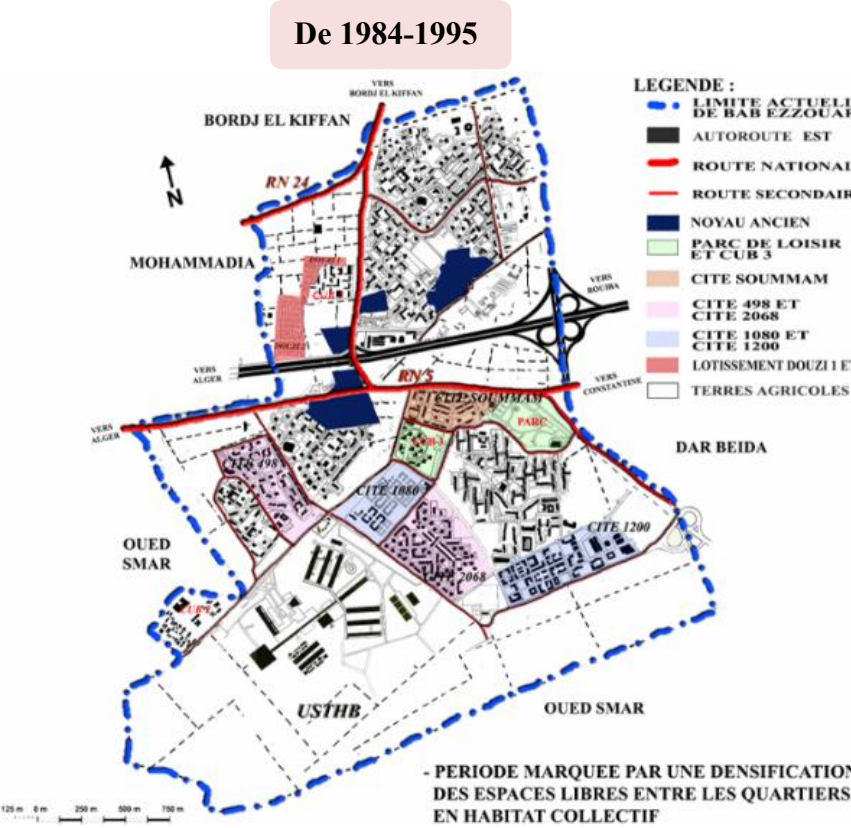


Figure 41:Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.

Bab Ezzouar est devenue une commune en **1984**. Avant cette date, elle faisait partie de la commune de Dar El Beïda. Le lancement de l'autoroute Est en 1984 et la réalisation des cités suivantes : Parc de loisir et CUB 3 1985 ; Cité Soummam 1985-1990 ; Cité 498 logements 1989-1995 ; Cité Smail Yefsah 1989-1998 ; Cité 1080 logements 1990-1997 ; Cité 1200 logements 1990-1998.

Synthèse : Terres agricoles très réduites et dispersées, changement de vocation de la zone d'agricole à résidentielle

De 1995-à nos jours

Aujourd'hui, la zone se trouve face à de nouvelles constructions touchant les dernières zones agricoles, afin de répondre à une demande toujours plus pressante en logements. La naissance d'un nouveau quartier d'affaires : (Hôtel mercure, centre commercial, Mobilis, siège Aigle Azur, etc.), La création des nouveaux lotissements (Douzi 3 : 700 lots/ Douzi 4 ...)

Synthèse : Quelques terres agricoles dispersées, programmation d'un parc urbain

- 1) Apparition de noyau en 1870
- 2) La période entre 1870 et 1962
- 3) La période entre 1963 et 1984
- 4) La période entre 1985 et 1995
- 5) La période actuelle

Synthèse : Depuis sa création, BEZ a traversé plusieurs étapes, chacune d'elles, orienté le développement de la ville, en lui attribuant des vocations multiples.

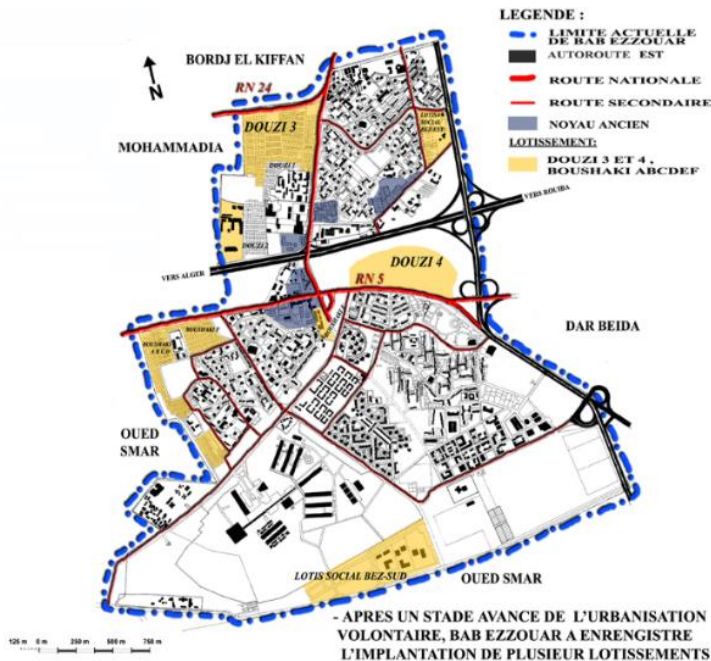


Figure 44: Carte de Bab Ezzouar à l'époque post coloniale ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.

Synthèse de l'historique :



Figure 45: Carte synthèse de l'historique de Bab Ezzouar ; Source : POS de BabEzzouar ; Traitée par l'auteur.

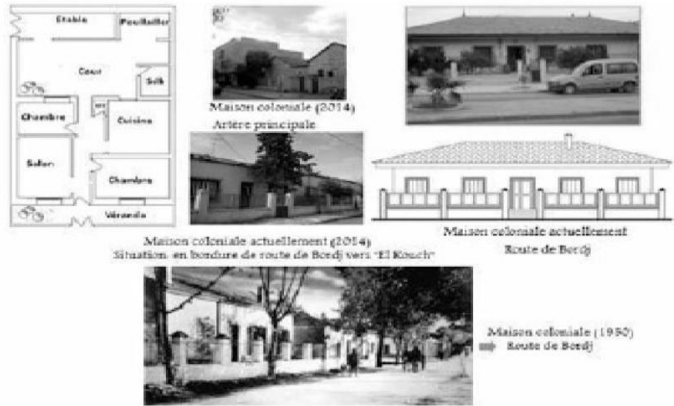
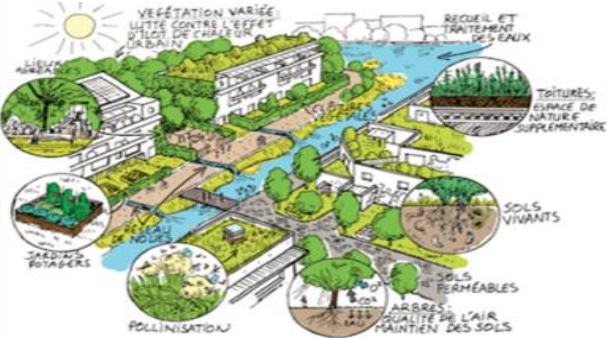
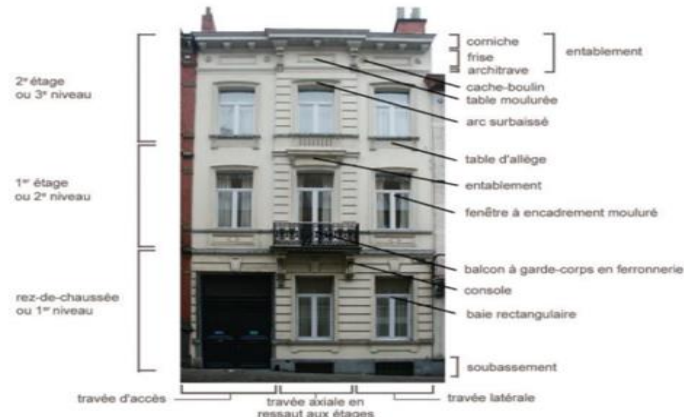
Tableau 12:Reponse climatique, période précoloniale, Source : auteur

Échelle Environnementale :	Échelle Formelle :	Échelle de l'enveloppe :
Adaptation au climat méditerranéen : -Les bâtiments de la Casbah ont été conçus pour maximiser l'utilisation des ressources naturelles, comme le vent et la lumière, par exemple : -Les ruelles étroites et sinueuses permettent une ventilation naturelle, réduisant ainsi la chaleur accumulée durant l'été. -Gestion des eaux pluviales : Les systèmes de drainage et les fontaines intégrés dans le design urbain de la Casbah permettent de gérer efficacement les eaux de pluie, cruciales pendant les mois plus humides, cela contribue à la régulation de l'humidité ambiante et à la préservation des ressources en eau.  Figure 46:Maison de la Casbah ; Source : maison-monde.com  Figure 47:100 : La casbah ; Source : alamy.com  Figure 48:Maison de la Casbah ; Source : maison-monde.com	Orientation et compacité des maisons : La compacité urbaine et l'orientation des maisons de la Casbah permettent de maximiser l'ombre pendant l'été, ce qui aide à maintenir des températures plus fraîches à l'intérieur des habitations, en hiver, cette même disposition minimise les pertes thermiques en conservant la chaleur. La disposition en escalier des maisons facilite la ventilation naturelle, les vents peuvent circuler librement à travers les ruelles étroites et les patios. -Les façades (intérieures) sont dotées de volets ou de persiennes qui permettent de contrôler la lumière naturelle tout en offrant une protection contre la chaleur excessive. -La couleur blanche de ces maisons de la Casbah a un impact sur le climat local en réduisant les températures intérieures et en diminuant les besoins énergétiques, grâce à leur capacité à réfléchir une grande partie du rayonnement solaire, permettent ainsi de maintenir des températures intérieures plus basses.  Figure 50:Façade d'une maison de la Casbah / Source : rehabimed.net/  Figure 51: Maison de la Casbah ; Source : maison-monde.com  Figure 49:Maison de la Casbah ; Source : merveilledalgerie.centerblog.net/ 	-Conception des toits : Les toits plats ou légèrement inclinés sont typiques dans la Casbah , ils permettent non seulement l'accumulation d'eau de pluie mais servent également d'espaces de vie supplémentaires pendant les soirées d'été, où les températures nocturnes sont plus fraîches. -Éléments architecturaux passifs : Des éléments comme les arcades et les cours intérieures (patios) favorisent l'ombre et créent des microclimats agréables, ces espaces permettent également une circulation d'air optimale, essentielle pour le confort thermique des habitants. -Utilisation de matériaux locaux : Les matériaux utilisés dans la construction, comme la pierre et le plâtre, possèdent des propriétés hygrothermiques qui aident à réguler la température et l'humidité, ces matériaux sont non seulement disponibles localement mais aussi adaptés aux conditions climatiques, permettant une meilleure inertie thermique.  Figure 52:Eléments architecturaux des maisons de la Casbah ; Source : media.hal.science

- **Synthèses et réponses climatiques** : dans le tableau ci-dessous, nous avons organisé l'adaptation climatique du tissu urbain suivant trois registres d'analyse, l'environnement, la forme et l'enveloppe.

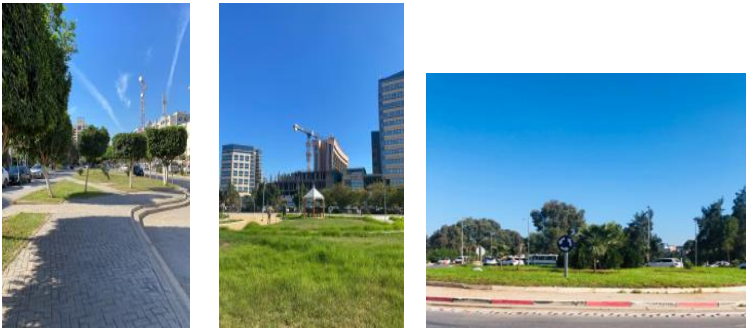
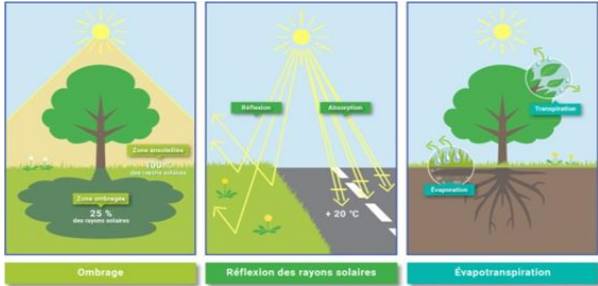
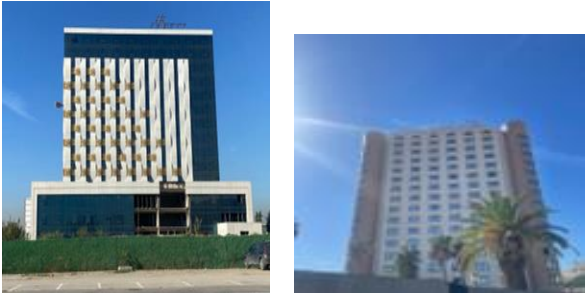
Période précoloniale : architecture de la casbah :

Tableau 13:Reponse climatique, période coloniale, Source : auteur

Échelle Environnementale :	Échelle Formelle :	Échelle de l'enveloppe :
-L'utilisation de la végétation locale pour réguler les microclimats. -Les plantations d'arbres et de jardins ont été intégrées dans le paysage urbain pour fournir de l'ombre et réduire les températures ambiantes. -Ces espaces verts ont également joué un rôle crucial dans la gestion des eaux pluviales, favorisant l'infiltration et réduisant le ruissellement, tout en répondant aux défis liés au stress hydrique. -Patios et cours intérieures dans les habitations : Ces espaces centraux permettaient de créer des zones ombragées et rafraîchissantes, favorisant la ventilation naturelle.  Figure 53:Patrimoine architecturale coloniale, Source : journals.openedition.org  Figure 54: Espaces verts, Source : never.s.fr	-La compacité (forte) des constructions : on y trouve : -La compacité du bâti : Cette densité et proximité du bâti on permet une réduction des déperditions thermiques, réduisant ainsi les pertes de chaleur. Ceci a permis aussi une meilleure protection contre les vents dominants tout en optimisant l'utilisation des ressources disponibles. -La compacité de mitoyenneté : Les maisons construites durant cette période étaient souvent alignées et mitoyennes, ce qui permet une réduction des surfaces exposées au vent et à la chaleur, ces structures bénéficient aussi d’une meilleure performance thermique grâce à l’échange de chaleur entre les murs adjacents. -L'utilisation de toits en pente et de balcons et auvents : a permis de prolonger l'espace habitable à l’extérieur et d'améliorer la ventilation naturelle, favorisant ainsi un confort thermique sans recourir à des systèmes de climatisation actifs dans cette période.  Figure 56:les équipements de la ville coloniale, Source : researchgate.net  Figure 55:Architecture des maisons d'Alger, Source : Asma Hadjilah 2016	-L'utilisation de matériaux locaux comme la pierre (pierre bleu et métal : structure mixte) avec une bonne inertie thermique a permis d'optimiser le confort intérieur en régulant les variations de température. -Pour les façades : Les ouvertures stratégiquement placées permettent une circulation d'air efficace, réduisant ainsi la nécessité de climatisation artificielle. -Matériaux et couleurs : L'utilisation de couleurs claires pour les façades aidait à réfléchir la lumière du soleil, diminuant ainsi le réchauffement des murs.   Figure 57: Façades d'un bâtiment à Alger, Source : alamyimages.fr

Période coloniale : architecture coloniale :

Tableau 14:Reponse climatique, période actuelle, Source : auteur

Échelle Environnementale :	Échelle Formelle :	Échelle de l'enveloppe :
-Végétation Locale : L'intégration des espaces végétalisés et des plantes locales dans l'urbanisme pour aider à réguler les températures, les arbres fournissent de l'ombre et favorisent l'évapotranspiration, réduisant ainsi la chaleur ambiante et préserve la biodiversité et contribue également à la résilience face aux changements climatiques. -Gestion de l'Eau : La collecte des eaux pluviales et leur réutilisation pour l'irrigation pour atténuer les effets de la sécheresse estivale et améliorer la durabilité des espaces verts. -Topographie : La morphologie du terrain peut être exploitée pour créer des microclimats favorables, par exemple, en construisant sur des pentes qui favorisent la ventilation naturelle  Figure 58: photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs  Figure 59:la contribution de la végétation la régulation du climat	-Orientation des Bâtiments : La forme des bâtiments à Bab Ezzouar a évolué pour répondre aux défis climatiques ; de la région : L'orientation pour maximiser l'ensoleillement en hiver tout en minimisant l'exposition directe au soleil en été ; cela peut inclure des surplombs (toits) ou des balcons (auvents) qui protègent les fenêtres du soleil d'été. -Compacité et Organisation Spatiale : La compacité des constructions est une stratégie clé pour réduire les besoins énergétiques ; en regroupant les bâtiments, il est possible de diminuer les pertes thermiques et d'améliorer l'efficacité énergétique globale des quartiers. -Façades : L'intégration de façades à double peau pour améliorer l'efficacité énergétique en créant une couche d'air isolante qui réduit les échanges thermiques indésirables.  Figure 62: orientation du bâtiment et ensoleillement  Figure 60:photo de la ville de BabEzzouar.  Figure 61:photo du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs	-Isolation Thermique : L'amélioration de l'isolation des murs et des toits pour réduire les besoins en chauffage et en climatisation. -Murs extérieurs : L'adoption des orientations du DTR ce qui a mené à construire en mur en double parois pour isoler les bâtiments. -Ventilation Naturelle : Les stratégies de ventilation naturelle sont intégrées dans la conception des bâtiments, permettant une circulation d'air efficace qui réduit la dépendance aux systèmes de climatisation, cela inclut le placement stratégique des fenêtres et des ouvertures pour favoriser le refroidissement passif. -Éléments architecturaux : tels que les persiennes ou les brise-soleils qui sont intégrés pour contrôler l'entrée de lumière et de chaleur tout en préservant la ventilation naturelle.  Figure 63:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs  Figure 63:photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs

Période d'après l'indépendance : architecture contemporaine :

3.3.1.2. Analyse synchronique de la ville de Bab Ezzouar :

Mobilité :

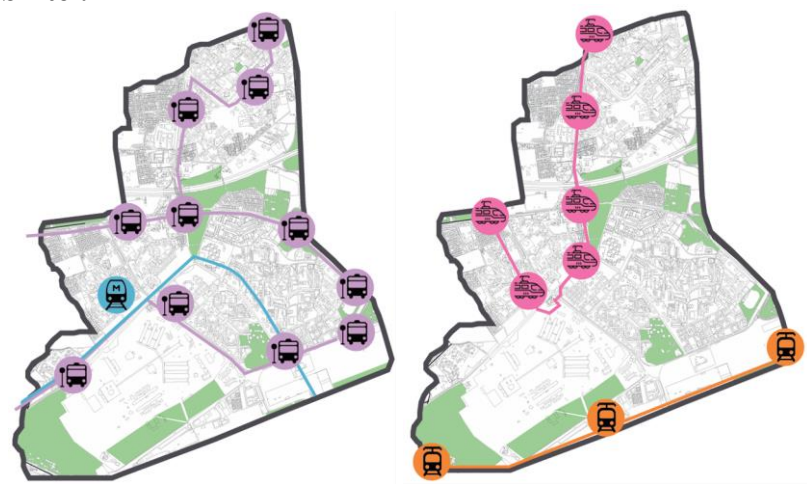


Figure 64: Mobilité à BEZ (source : auteur)

La commune bénéficie d'une bonne desserte grâce à la diversité des moyens de transport (bus, tramway, train), ce qui favorise un flux entrant important et renforce son caractère attractif.

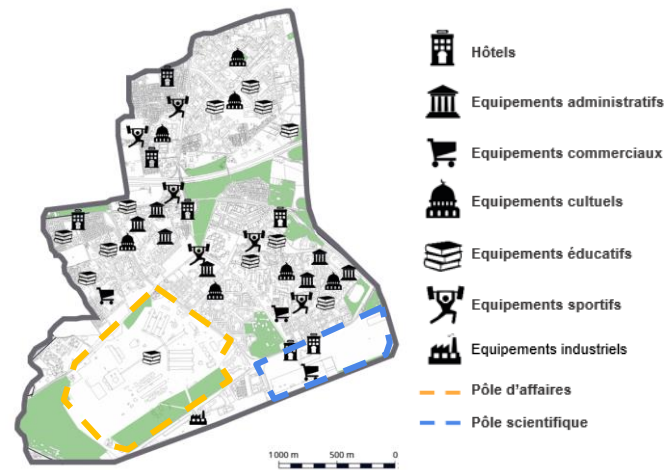


Figure 65: Activités à BEZ (source : auteur)

La commune se distingue par une prédominance d'équipements administratifs et éducatifs, un pôle d'affaires et un pôle scientifique renforçant son attractivité nationale, mais souffre d'un manque d'équipements culturels et de loisirs.

Topographie :

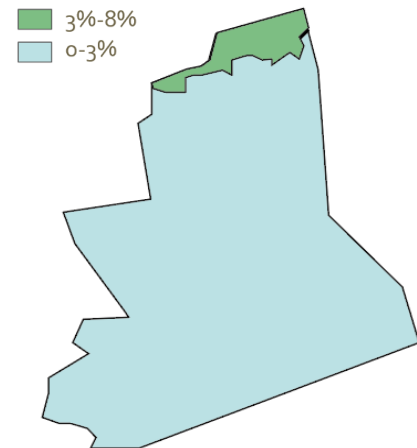


Figure 67: Topographie de Bab Ezzouar (source : auteur)

La topographie de la ville est caractérisée par des pentes très douces ne dépassant pas 8 %.

Géotechnique :

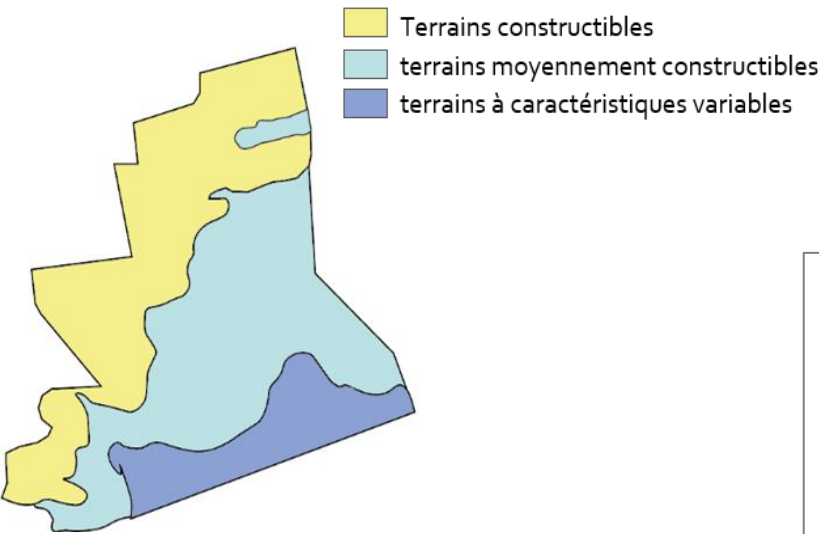
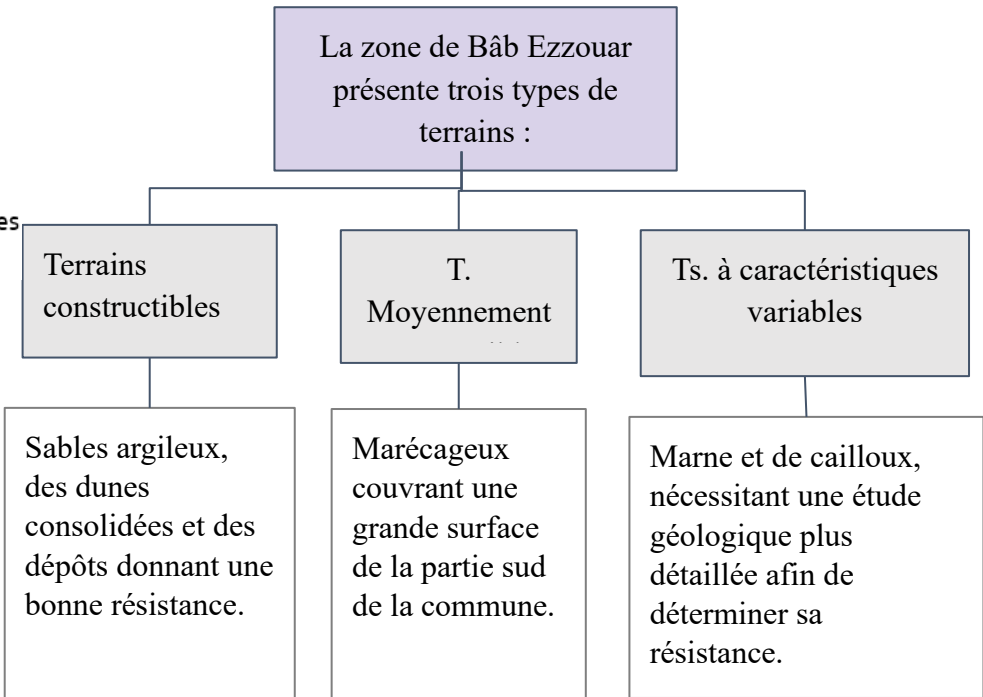


Figure 68: Types de terrains à Bâb Ezzouar (source : auteurs)



Présentation du quartier d'affaires :

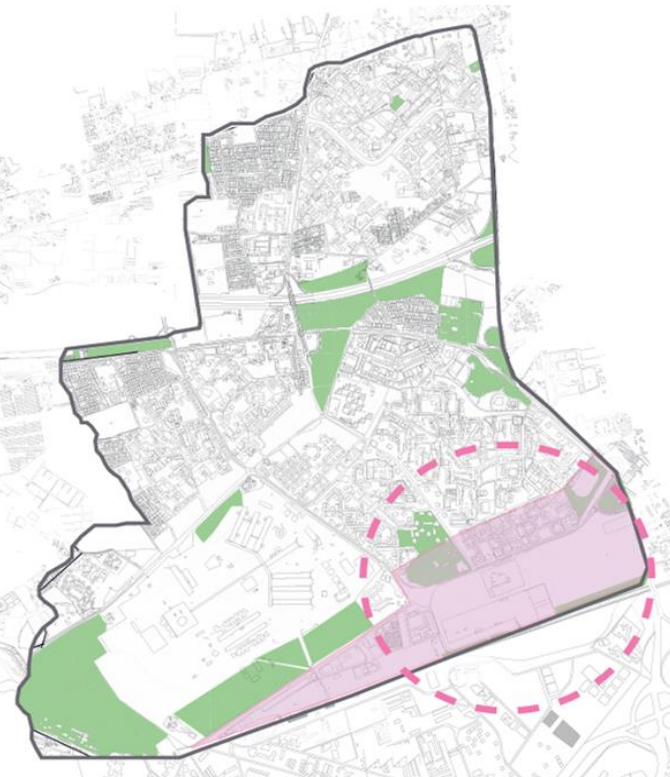


Figure 66: carte de BEZ montrant l'aire d'étude (source : POS traitée par l'auteur)

Secteur ouest :

- Bureaux et activités
- Logements étudiants et enseignants
- Equipement publics (gare routière), et équipement scolaire (écoles ; crèches) ; situé entre l'université et la gare.

Le secteur est :

- Siège de banques et de grandes sociétés
- Hôtel, commerces, logement et équipements publics : parc urbain, équipements sportifs

Le secteur est :

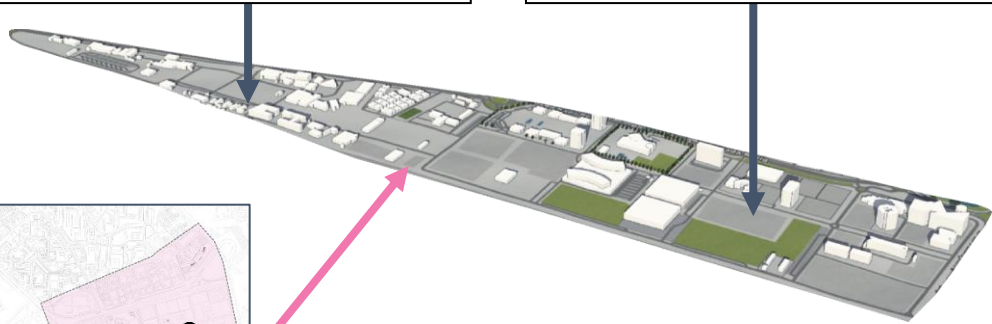


Figure 69: 3D du quartier d'affaires

Système viaire : Herachisation des voies et des noeds :

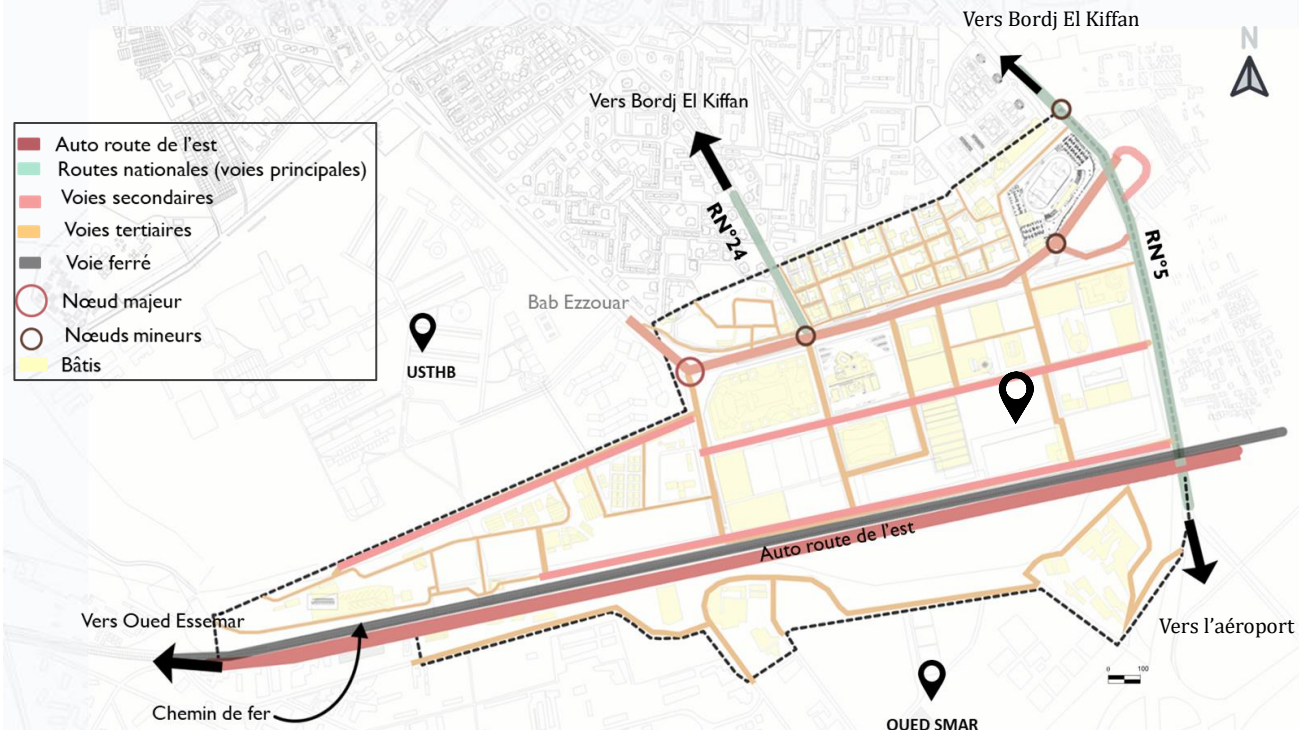


Figure 70: Carte Hiérarchisation des voies. Source : Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs

-Le quartier est bien desservi ; il possède un réseau de voirie dense et hiérarchisée permettant une fluidité et une accessibilité favorable aux besoins de la population. (Mais il y'a un manque des voies pour la circulation piétonne). Présence de 03 nœuds qui se compose un réseau intéressant pour notre aire d'intervention. Synthèse : Une bonne exploitation du projet dans le site de tous les côtés et sous tous les angles.

Offre de mobilité (Accessibilité) :

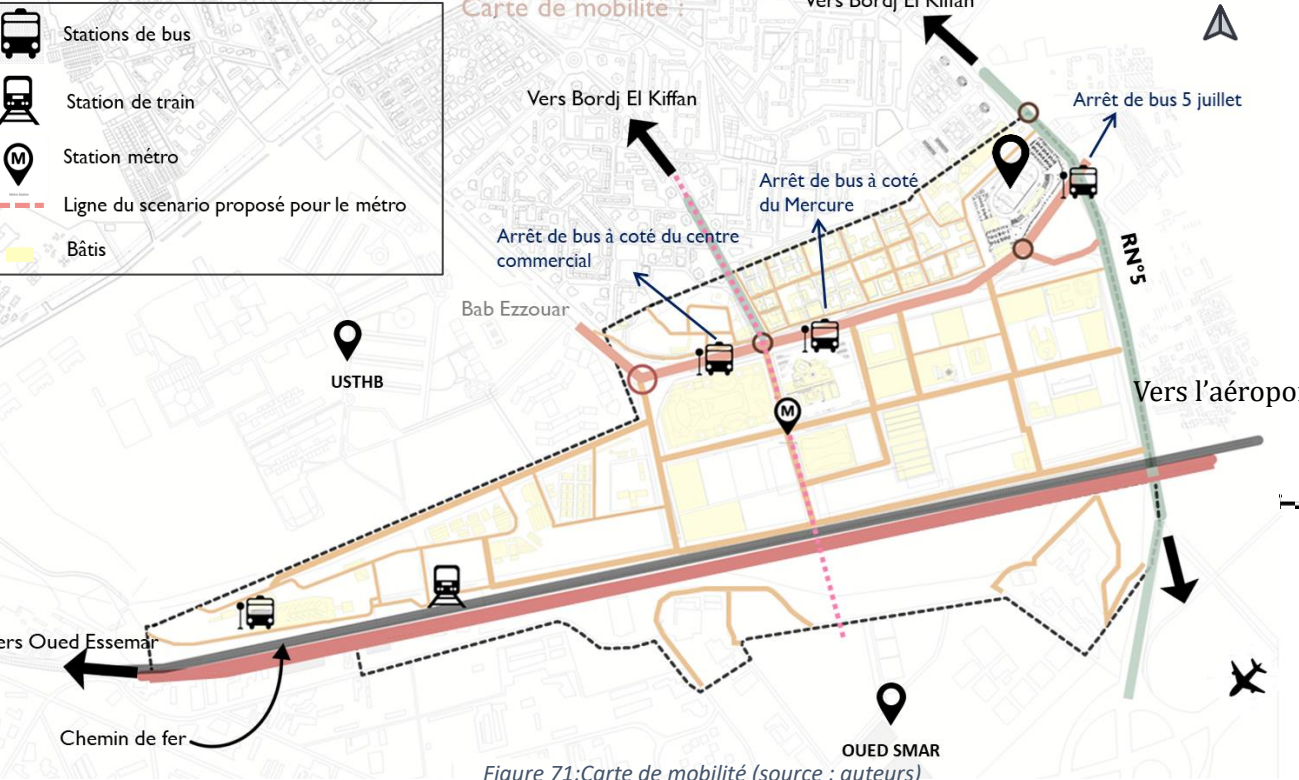


Figure 71: Carte de mobilité (source : auteurs)

Analyse des flux et stationnement :

• Accessibilité par plusieurs moyens de transport (bus, train, métro).
Le projet de métro projeté va bien relier le quartier d'affaire avec toute la zone et la commune ainsi que la ville d'Alger.
Le transport par bus est disponible au niveau de toute la commune (sauf la partie sud) plusieurs arrêts qui prennent place sur les endroits les plus importants afin de faciliter le déplacement à travers la commune et vers les communes avoisinantes.

Synthèse : Notre futur projet sera donc accessible par divers moyens de transport on pourrait juste :
Prolonger la ligne du tramway et la faire passer par le quartier d'affaire car c'est le seul moyen de transport qui ne touche pas cette zone.

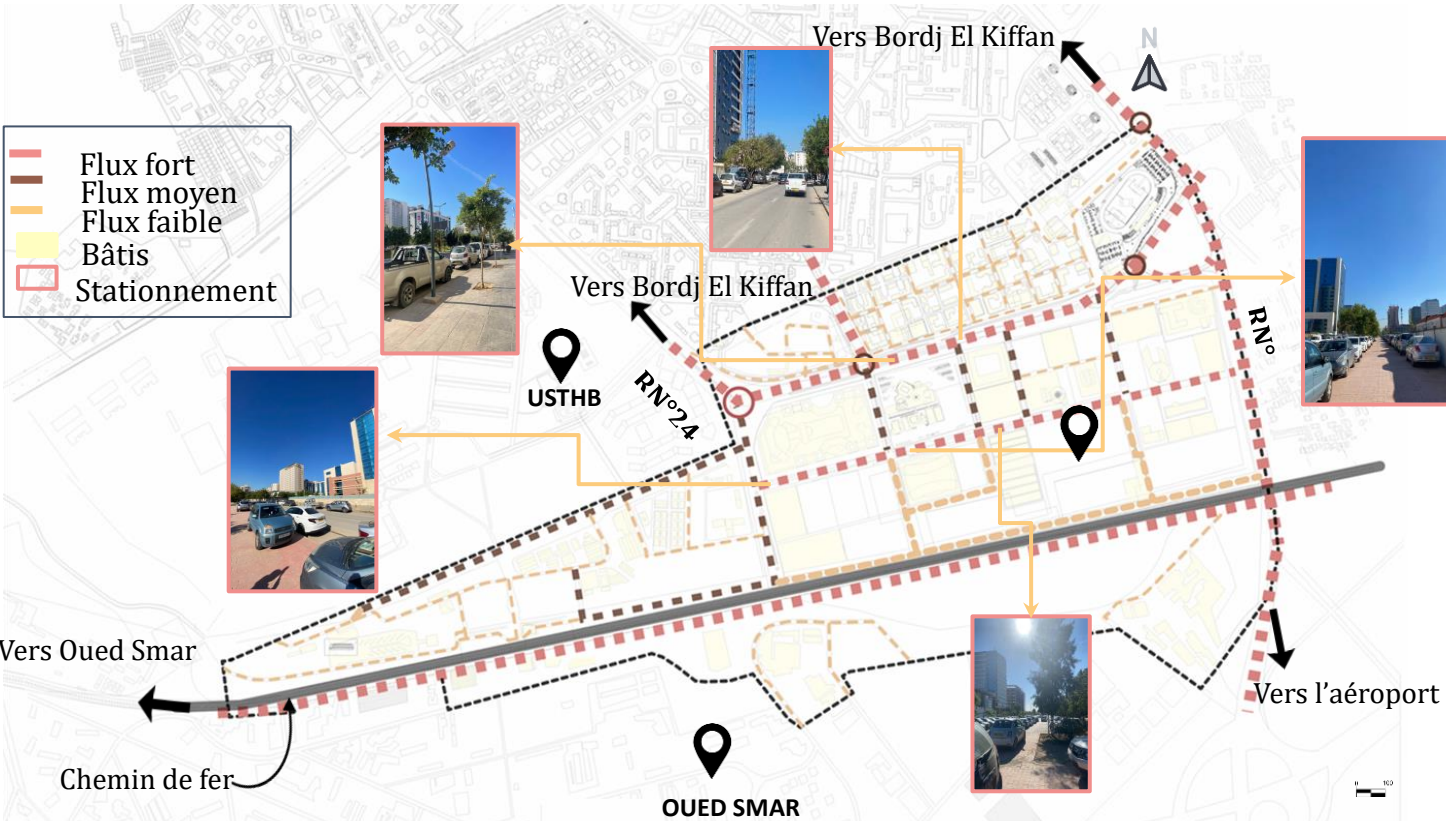


Figure 72: Carte flux de stationnement : source : auteur)

Le quartier est confronté à des Flux importants surtout à certaines heures de la journée ((8h-9h) (16-18h)) (les embouteillages). Avec stationnement anarchique sur les trottoirs. La présence du phénomène de parkings sauvages, et des aires de stationnement qui sont mal organisées.



Figure 73: photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs

-On pourrais donc proposer un réaménagement au parking extérieurs à proximité de notre projet pour lutter contre le phénomène de stationnement sauvage.
-Prolonger la ligne du tramway et renforcer le transport public afin de réduire l'utilisation des voitures et ainsi les embouteillages.

Système viaire : Perception de la sécurité :



Figure 74: Carte de la perception de la sécurité, Source : Umap

-Bien que notre zone d'étude soit un quartier d'affaires dynamique avec une forte présence policière, les problèmes de sécurité routière persistent : -Problèmes liés au manque de voies piétonnes (et donc manque de mobilité piétonne qui crée un certain sentiment d'insécurité) ; -Manque d'aménagement et végétation ; -Préséance de chien errants dans cette zone.

Synthèse : -Réanimer ces zones en installant des moments de pause ; -Rénover les trottoirs en créant des circulations agréables et sûres pour les promeneurs. (Surtout au niveau de l'autoroute et la RN5 parce qu'il y'a un flux important aux niveaux de ces voies) ; -Installation de plaques de signalisations ou utiliser la signalisation à travers la végétation.

Tableau 15:types de voies, Source : auteur

Géométrie des voies :

Numéro :	Voie :	Type :	Description :
1		Système en resille	Au niveau du quartier d'affaires les rues sont rectilignes et se croisent en angle droit, créant des îlots de forme carrée ou rectangulaire
2		Système linéaire	
3		Système en boucle	



Figure 75:photo du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs

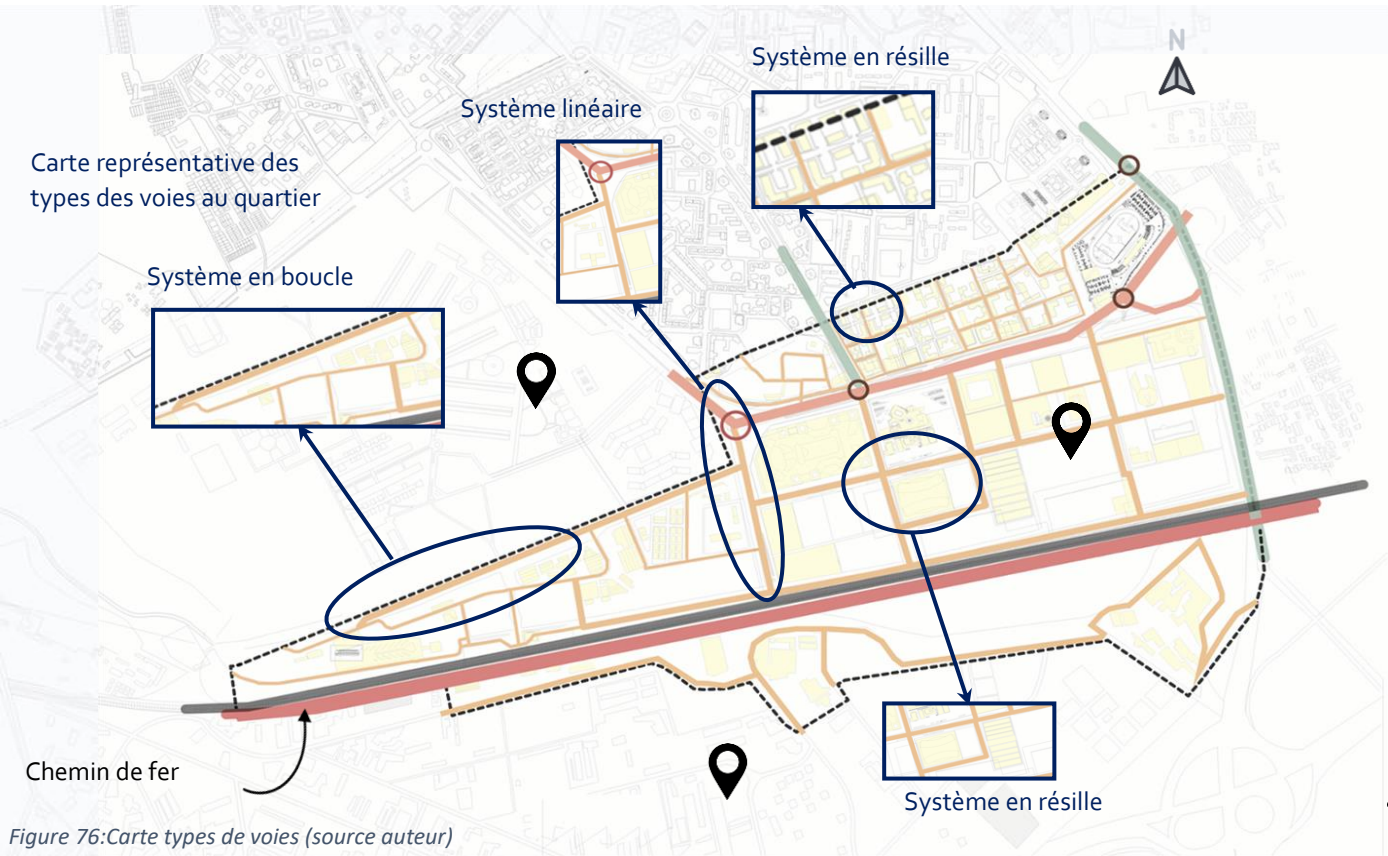


Figure 76:Carte types de voies (source auteur)

Tableau 16:description des voies de BEZ

	Situation	typologie	qualité	forme	continuité	flux	impénétrabilité
boulevard de l'université de bab ezzouar	SUD-OUEST	physique	Forte	Linière courbé	directionnelle et visuel	mécanique et piéton	pénétrable
RN5	NORD	physique	Foret	Linière rectiligne	directionnelle et visuel	mécanique	impénétrable
RN24	nord-est	physique	Forte	Linière courbé	directionnelle	mécanique et piéton	impénétrable
Le chemin de fer	sud-est	physique	faible	Linière rectiligne	directionnelle	/	impénétrable

Synthèse : -Implantation du projet suivant la géométrie des voies - ; Influence sur le découpage de l'aménagement de notre site –plus de choix dans l'implantation de projet (avoir une certaine liberté) à cause de la diversité des types de ses voies.

Le système en **résille** est le type dominant ; ce qui donne donc, une telle hiérarchisation des voies et une bonne structuration des rues. (Avec des voies de forme : linéaire sans pente ; longueur : variable d'une voie à une autre et usage : entre 8h et 18h.



Notre zone d'étude est desservie par divers moyen de transports mécaniques et souffre de manque de voies piétonnes et d'aménagement urbain ; elle encourage donc le déplacement automobile plus que piéton ce qui cause un problème.

Synthèses : -Réanimer ces zones en installant des moments de pause ; et aménagements extérieurs. - Rénover les trottoirs en créant des circulations agréables et sûres pour les promeneurs. -Implanter de la végétation. -Crée plus de voies piétonnes et des pistes cyclable.

Système parcellaire : Les différentes tailles des îlots :

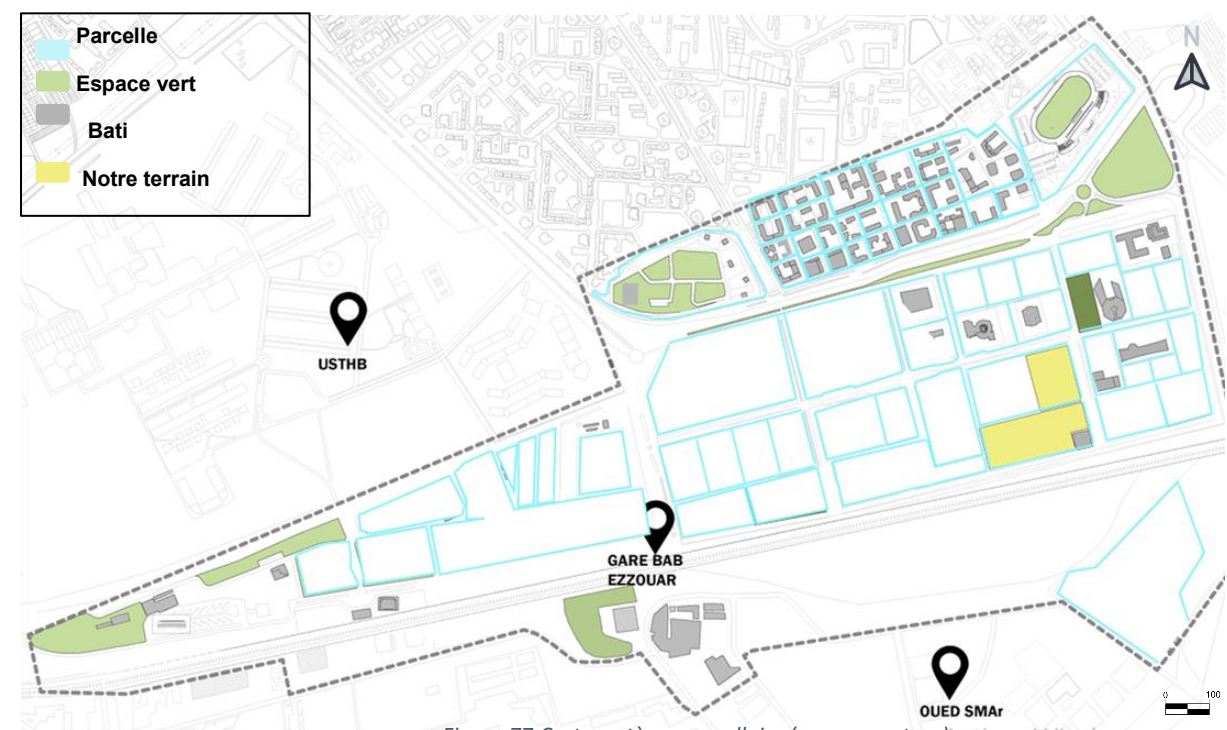


Figure 77: Carte système parcellaire (source : auteur)

Les parcelles au quartier d'affaires varient en taille et en forme, mais suivent une organisation rectiligne avec des contours majoritairement orthogonaux.

La géométrie des parcelles est en grande partie carrée ou rectangulaire, ce qui peut indiquer un aménagement en « grille » ou en « îlots ». Ce type de configuration est souvent choisi pour maximiser l'utilisation de l'espace, faciliter la circulation, et optimiser les réseaux d'infrastructure.

La hiérarchisation des voies est visible dans le réseau de lignes autour des parcelles. Le découpage parcellaire suit une logique d'agencement par îlots, chaque îlot étant subdivisé en plusieurs parcelles de tailles différentes.



La disposition des parcelles suggère un usage mixte. Certaines parcelles plus grandes destinées à des activités commerciales, tandis que les parcelles plus petites réservées aux habitations ou bureaux.

Les parcelles sont alignées le long des voies principales et secondaires, créant ainsi un découpage ordonné et une certaine homogénéité dans

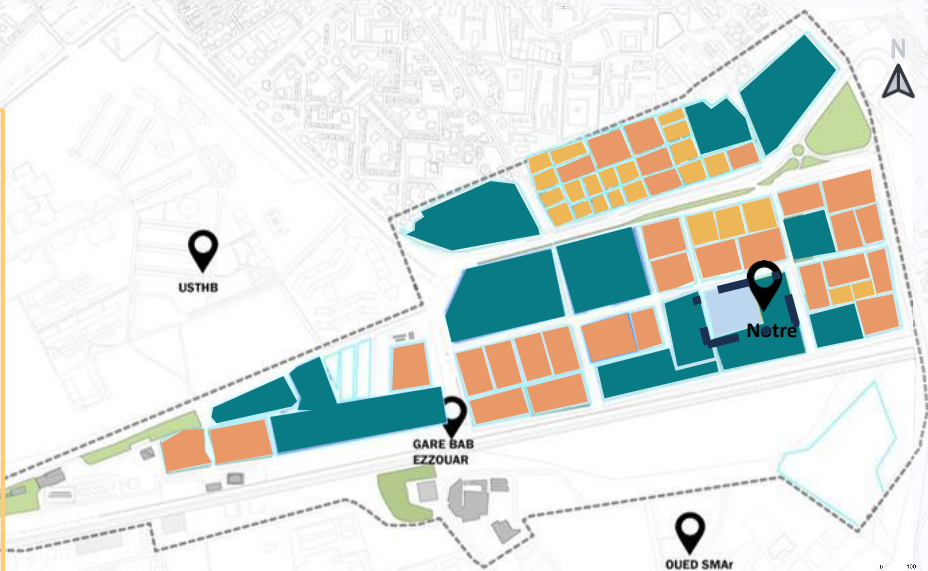


Figure 78: Carte tailles des îlots, (source : auteur)

Îlots grands : Ce sont les plus grandes parcelles, occupant une surface importante. Elles dominent en termes de superficie. Elle réfère à une zone de plus forte densité ou des constructions importantes, comme des bâtiments commerciaux, des bureaux, ou infrastructures publiques.

Îlots moyens : Ces parcelles de taille moyenne sont réparties un peu partout dans la zone, mais elles sont plus concentrées vers le centre et le nord-est de la carte. Elles représentent une proportion notable de l'ensemble des parcelles, indiquant des espaces à usage mixte ou zones résidentielles.

Îlots petits : Les plus petites parcelles, elles sont dispersées parmi les îlots moyens et grands. Elles occupent une moindre superficie globale et sont dédiées à de petites structures, comme des commerces de proximité et des habitations individuelles.

Synthèse : la répartition hiérarchique des îlots crée un équilibre urbain, où chaque type de parcelle joue un rôle complémentaire pour répondre aux différents besoins de la zone.

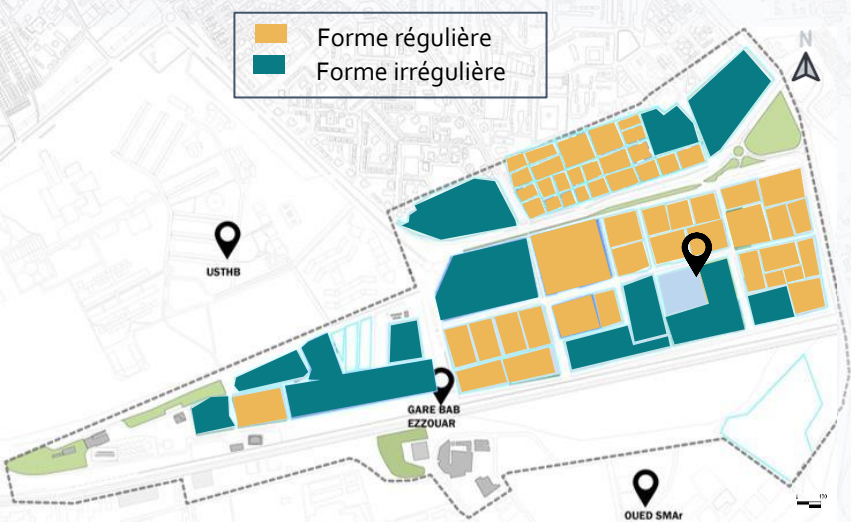
Les différentes formes des îlots :

Tableau 17: formes des îlots, source : auteur

Ilots :	Photo réelle :	Forme :	Dimension :	Synthèse :
		Forme en U ou en fer à cheval (Ilot ouvert)	Longueur : 34,14m Largeur : 52,67 m Surface : 1798,15m2	Ilot de forme en U entoure une cour centrale utilisée pour le stationnement, et offre à la fois une connexion extérieure et une certaine intimité pour les résidents.
		Îlot de forme irrégulière	Longueur : 44,97 m Largeur : 48,16m Surface : 2165,75m2	Forme irrégulière avec des bâtiments de tailles variées organisés autour d'une cour centrale semi-fermée. Sa structure n'est ni parfaitement carrée ni rectangulaire, avec une disposition asymétrique des bâtiments.
		Îlot traversant	Longueur : 44,28 m Largeur : 39,94m Surface : 1768,54m2	Facilite la circulation entre différentes zones, améliorent la connectivité et la qualité de vie en favorisant l'interaction sociale et répondant à des préoccupations écologiques.

Les parcelles régulières au centre suggèrent une organisation systématique pour des usages résidentiels ou commerciaux, facilitant une densité maîtrisée. En périphérie, les parcelles irrégulières s'adaptent aux contraintes locales, comme les infrastructures et les éléments naturels. Ce modèle mixte permet une utilisation efficace de l'espace tout en intégrant le contexte environnant.

Figure 79: Cartes formes des parcelles, (source : auteur)



Système bâti :

Accessibilités et points de repère :

Le site est à proximité d'une zone d'habitat, grand pôle universitaire plusieurs équipements de plusieurs fonctionnalités (commerce, affaires).



Figure 80: Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs A: USTHB, B: Hôtel mercure, C: Centre commercial, D: gare ferroviaire

Fonctions urbaines :

Plusieurs équipements aux fonctions variées sont présents à l'échelle communale, incluant des infrastructures commerciales, administratives, industrielles, sécuritaires et hôtelières.



Figure 81: Carte fonctions urbaines (source : auteur)

Typologies urbaines :

La présence d'habitat et d'équipements commerciaux et industriels. Il est préférable donc que la vocation de notre futur projet s'oriente vers les loisirs et la culture à cause du manque ou vers les affaires pour suivre l'orientation du quartier.

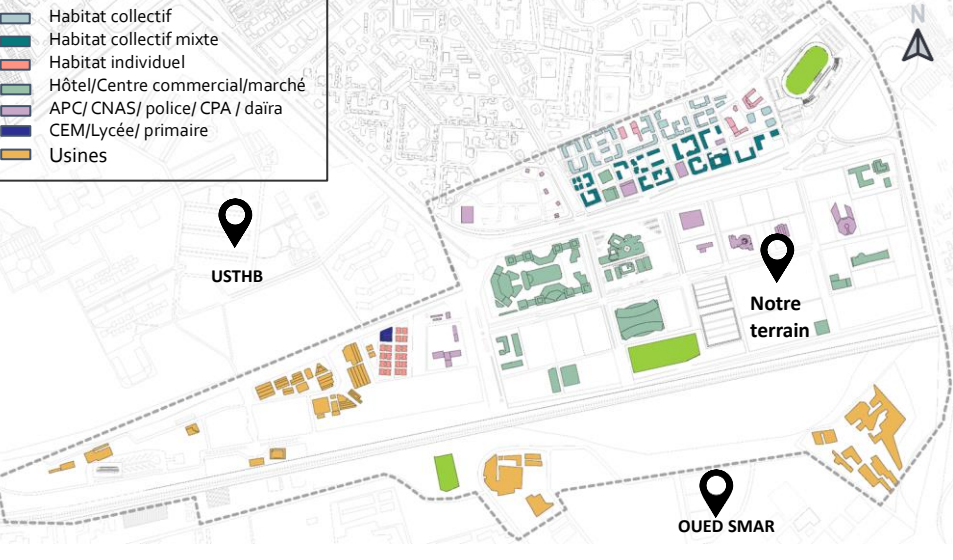


Figure 82: Typologies urbaines : Source : Carte du POS (état de fait) traitée par les auteurs

Gabarit :

Notre quartier est situé dans un environnement urbain, entouré de hauts bâtiments imposants. Cela pourrait nous inspirer dans le choix de notre gabarit.

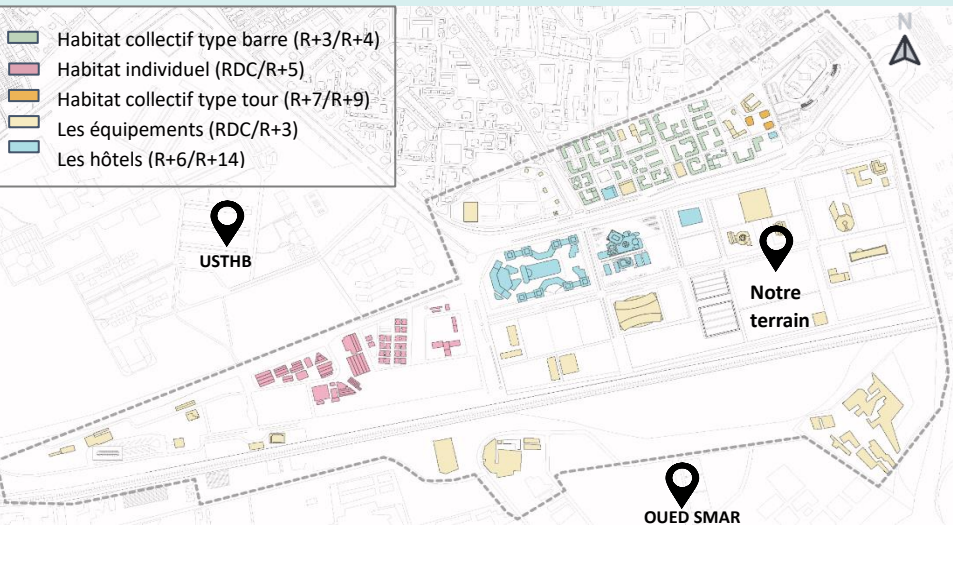


Figure 3. 1: Carte gabarit (source ; auteur)

Paysage urbain :

Calcul du prospect :

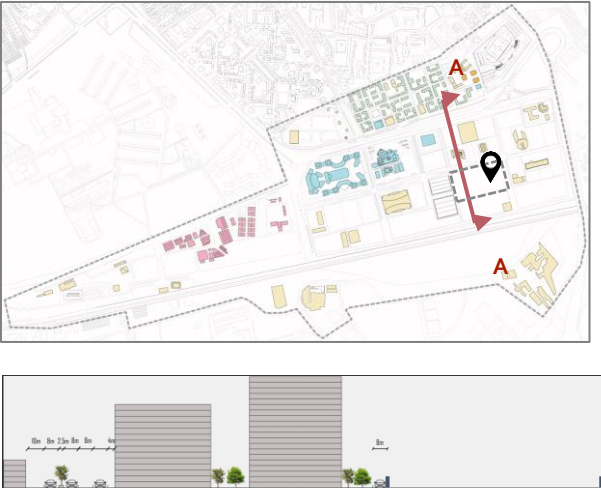


Figure 83: Coupe AA

H/L= 1.2m : Cela signifie que la distance minimale doit respecter la limite séparative qui est de 1.2 prospect, On doit donc se limiter en hauteur dans notre future construction afin de d'assurer le rapport H/L pour permette un accès solaire acceptable pour assurer un bon ensoleillement ; aération et ne pas écraser les constructions avoisinantes.

Skyline :

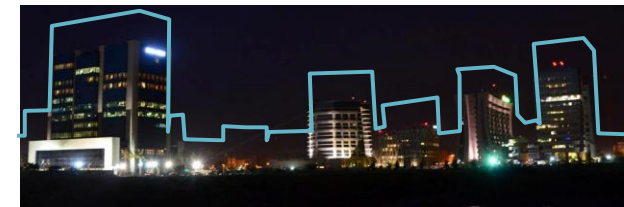
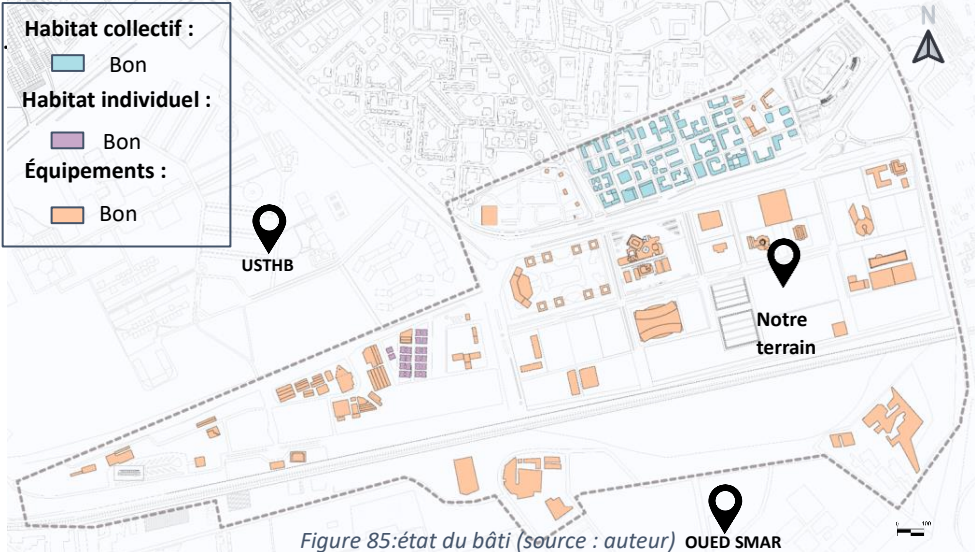


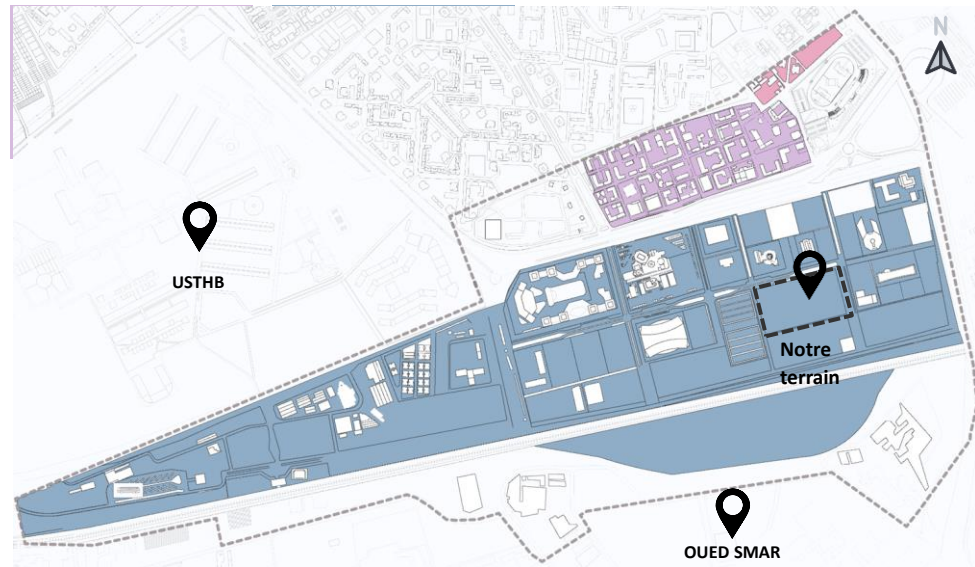
Figure 84: Skyline de Bâb Ezzouar traité par l'auteur

On remarque la présence d'un Skyline libre et non linéaire (c'est un Skyline typique d'un quartier d'affaires) s à cause de la variation des gabarits dans lesquels le bâtiment le plus haut atteint R+14.

Etat de bâti :



Le quartier présente un habitat récent composé principalement de grands ensembles en bon état. Les équipements, de haut standing, sont également en bon état, notamment les hôtels comme le Mercure (5 étoiles) et l'Ibis (3 étoiles), ce qui reflète la modernité du quartier d'affaires. Notre projet doit s'adapter et s'intégrer harmonieusement avec les autres projets autour.



La majeure partie du quartier est constituée d'espaces non bâtis (espaces verts, publics et terrains projetés). Il est essentiel de les valoriser pour améliorer cadre de vie, notamment par l'aménagement d'aires de jeux et d'espaces de rencontre.

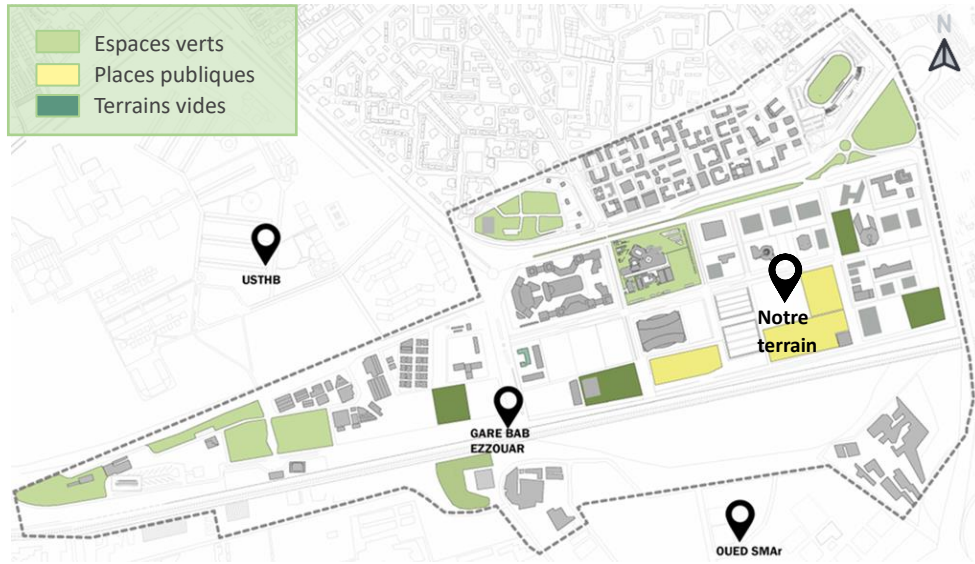
Espaces libres :

Spatialisation :



La surface non bâtie représente 63 % du quartier, contre 37 % pour la surface bâtie. Elle comprend les voies de circulation, les terrains inoccupés, les réserves foncières pour projets futurs et quelques espaces verts.

Espaces verts :



Le quartier souffre d'un manque d'espaces verts, de places publiques, d'aires de jeux et de stationnement, malgré la présence de nombreux terrains vacants. Le projet vise à valoriser ces espaces libres en y intégrant des zones vertes, des parcs, des jardins et des lieux de détente pour améliorer la qualité de vie et favoriser la biodiversité.

Alignement :

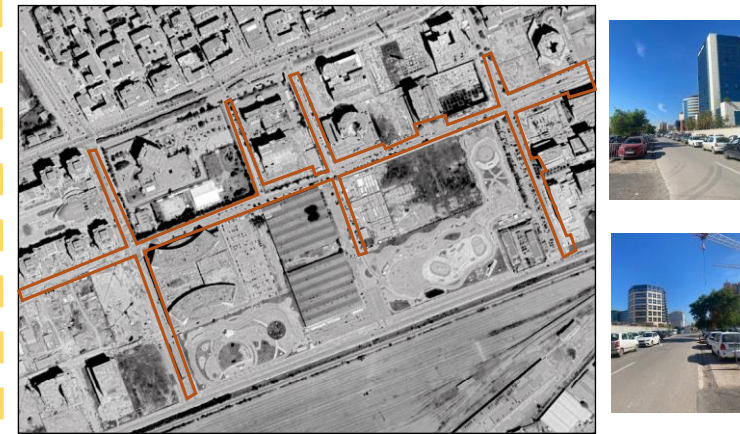


Figure 90: Alignement du bâti (source : auteur)

Le quartier d'affaires suit une organisation rectiligne et orthogonale. L'alignement des façades est principalement défini par les murs de clôture des bâtiments, entreprises et hôtels, bien que ce tracé soit parfois interrompu par des routes secondaires et le recul de certains bâtiments par rapport à la voie.

Façades et textures :

Les façades modernes, en acier et verre, offrent des espaces lumineux et reflètent une image professionnelle et durable. Les couleurs neutres comme le gris, le blanc et le bleu renforcent leur élégance et sobriété.

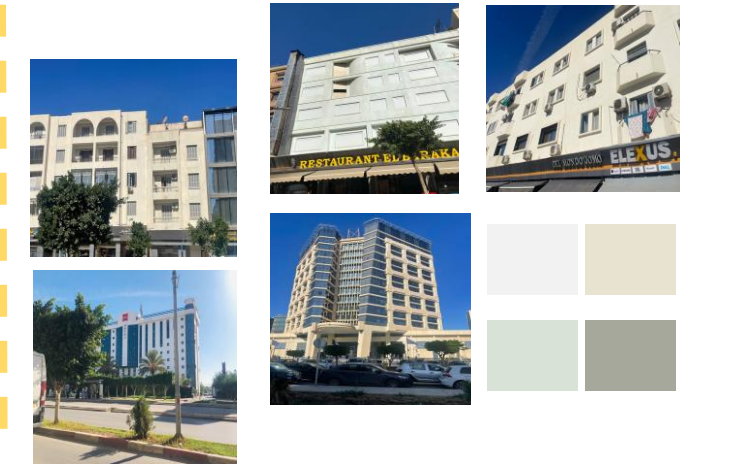


Figure 89: photos du quartier d'affaires de BabEzzouar, Source : auteurs

3.3.2. Analyse sensorielle de la ville de BabEzzouar :

3.3.2.1. *L’imagibilité* : Nous avons mené une enquête dans la ville de BabEzzouar lors d’une visite pour évaluer son imagibilité, et on a exprimé notre ressenti sous forme de cartes synthèses ; textes et dessins ; voir les images ci-dessous :

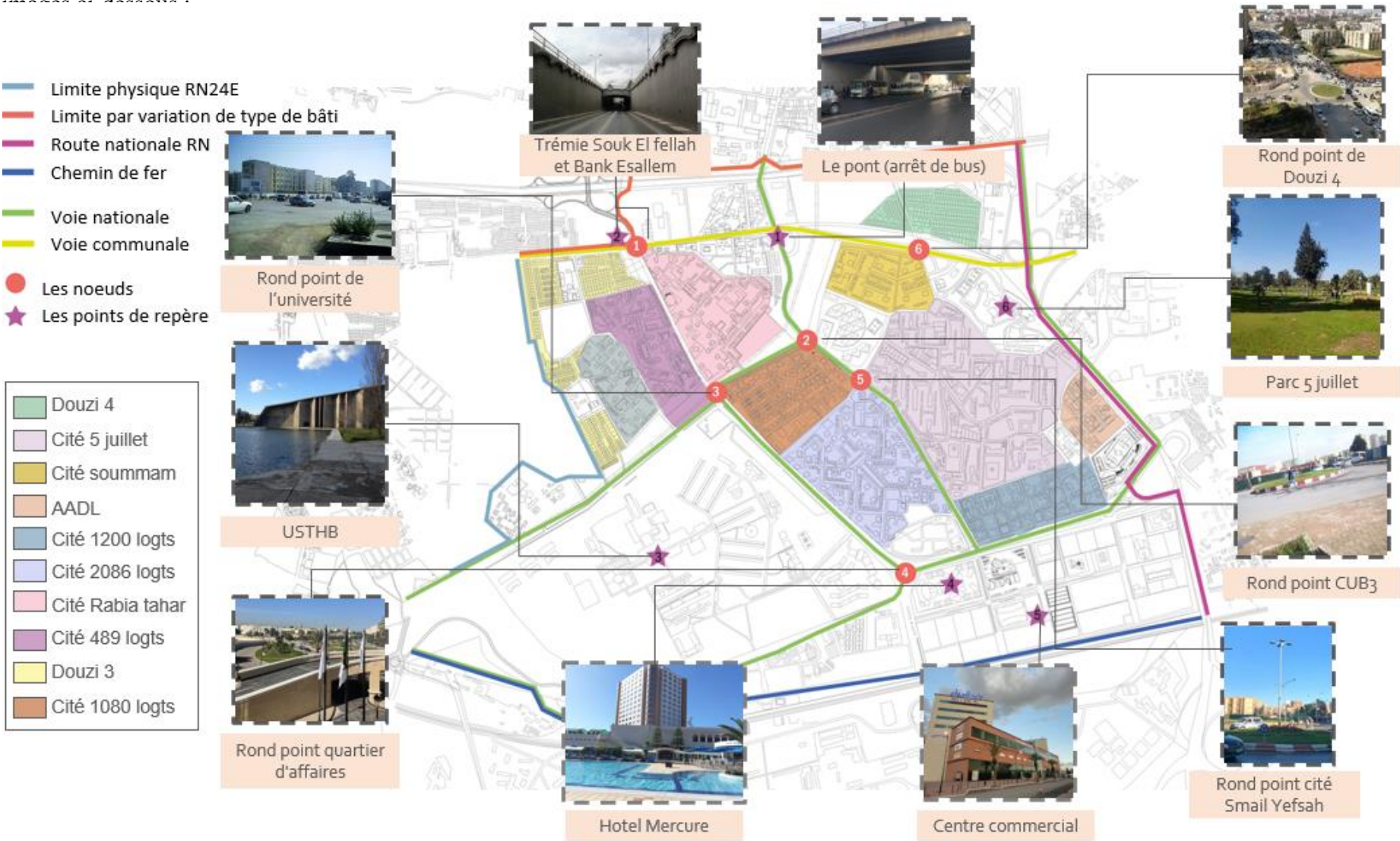


Figure 91: analyse de l'imagilte de BEZ, Source : auteur

3.3.2.2. *Image mentale* :

Nous avons demandés à plusieurs collègues de nous dessiner
Ce qui leurs venait à l’esprit dès qu’ils entendaient le mot BabEzzouar
Ensuite on a regroupé toutes leurs idées dans un seul dessin synthèse
Car a chaque fois c’était les mêmes idées et mêmes ressentis qui
Revenait à chaque fois :

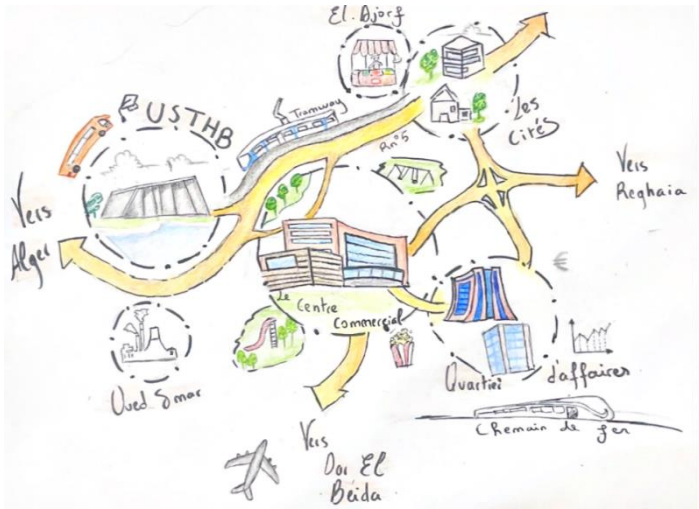


Figure 92:Image mentale de BEZ ; (Source : auteur)

La commune de Bab Ezzouar est bien limitée grâce à la présence de limites physiques bien déterminés qui sont

- la RN N 24 au nord
- la RN N 5 à L'est
- le chemin de fer au sud
- les bananiers, le cimetière El Alia et les terres agricole à l'ouest.
- L’Usthb comme limite sociale et aussi une limite à l'urbanisation.

La situation stratégique de Bab Ezzouar donne une bonne accessibilité à deux échelles :

- A l'échelle du territoire par l'autoroute Est et le chemin de fer.
- A l'échelle de la wilaya d'Alger par les deux axes nationaux (La RN5 et la RN24), ainsi que l'axe de transition de l'aéroport

Bab Ezzouar à une bonne imagibilité à cause des grands équipements et points de repères il est facile de se retrouver dans la commune ; Elle est aussi très bien démarquée par ses limites, mais on ressent la division entre l'habitat et les équipements et il y’a un fort ressenti de transit à cause de la présence de mur de clôture, on pourrait donc rendre les parois urbaines plus dynamiques pour minimiser cet aspect.

3.3.2.3. Analyse séquentielle :

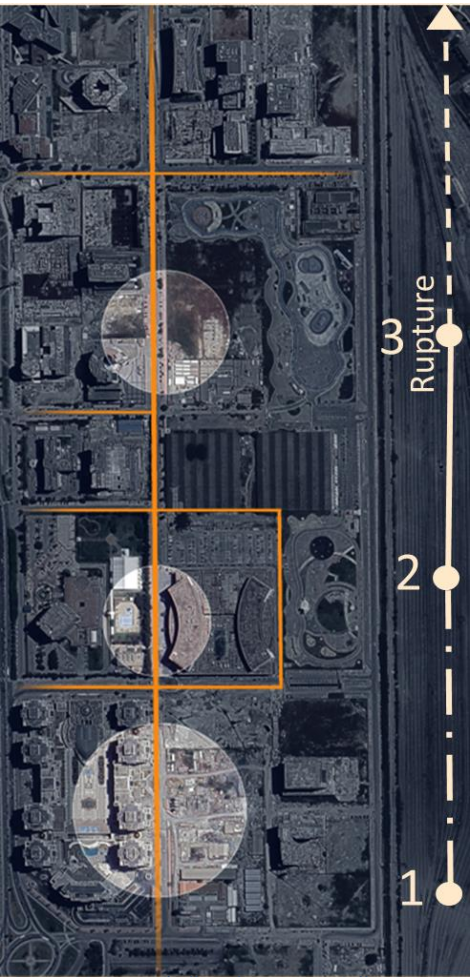


Figure 93: Carte de l'analyse sensorielle, Source : auteurs

3.Séquence en mutation :

Cette zone est caractérisée par des chantiers en construction et des espaces de stockage, avec quelques bureaux administratifs. L'environnement est dominé par des machines et des véhicules lourds, rendant l'accès piéton dangereux. Les allées étroites et la circulation intense des engins mettent en avant l'importance de la sécurité, ce qui décourage les piétons d'accéder à cette zone.

2.Sequence de loisir et hébergement :

Bien qu'elle attire un large public pour le commerce et les loisirs, les espaces piétonniers sont délaissés laissant prédominer la circulation des véhicules. Ce phénomène crée une atmosphère où les automobilistes dominent l'espace urbain, rendant la promenade désagréable pour les habitants et les voyageurs.

1.Zone mixte :

Contraste entre le luxe de l'hôtel et le bruit et la poussière, et les structures inachevées des chantiers. Le ressenti d'un certain inconfort, avec des routes souvent encombrées de véhicules. Il y'a un manque d'espaces sécurisés pour les piétons. L'absence de verdure et d'espaces de détente rend l'atmosphère encore plus dure.



Figure 95: photos du quartier d'affaires de BabEzzouar Séquence 3, Source : auteurs



Figure 94 : photos du quartier d'affaires de BabEzzouar Séquence 1, Source : auteurs



Figure 96: photos du quartier d'affaires de BabEzzouar Séquence 2, Source : auteurs

3.3.3. Analyse « AFOM » :

3.3.3.1. Définition de la méthode « AFOM » : La méthode AFOM ou SWOT est un outil de planification stratégique permettant d'analyser l'environnement interne et externe d'un projet en préparant son diagnostic. L'objectif de la stratégie est de listé l'ensemble des caractéristiques d'un territoire étudié (commune, quartier, ville,) ; sous forme d'atouts ; faiblesses ; opportunités et menaces ; afin de définir les axes prioritaires de la planification et les actions les plus urgentes à établir ; dans notre cas dans notre zone d'intervention à l'alentour du quartier d'affaires a Ba Ezzouar

Tableau 18:synthese analyse "SWOT"

Atouts :	Opportunités :
-Existence d'équipements d'une importance internationale (hôtel mercure, hôtel IBIS), et à l'échelle national comme le centre commercial. -La bonne perméabilité physique assuré par (RN 5 et 24, Autoroute de l'Est, métro, la voie ferrée ; l'Aéroport). -Mixité sociale et fonctionnelle -Présence du parc urbain à proximité. -Existence d'une bonne partie de terrains constructibles. -La zone est bien limités.	-Le quartier bénéficiera du projet d'extension du métro. -Le quartier d'affaire représente un nouveau moteur de développement socioéconomique. -La mixité fonctionnelle peut servir comme un moteur de développement de la vie sociale (amélioration des réseaux de télécommunication s, et des conditions de vie). -Existence des poches vides (terrains libres, zones de servitudes). -Existence des ressources naturels (nappes phréatiques) -Élaboration d'un programme de délocalisation des installations industrielles à risques majeurs
Faiblesses :	Menaces :
-Manque d'équipements de loisir et de détente. -Absence des aires de stationnement aménagés et surveillés. -Manque de trottoirs dans certains endroits. -Manque d'équipements socioculturels à grande échelle. -Nuisance atmosphérique (pollution). -Gaspillage des ressources en eau (fuite de 40%) -Central électrique qui se trouve à proximité des cités résidentiels. -La ligne de la haute tension qui traverse la commune de Bâb Ezzouar, la voie ferre, la zone industrielle, les route à grande capacité sont tous des risques qui non pas été pris en considération dans l'aménagement urbain de la commune.	-Une ville dominée par la voiture. -Manque d'articulation entre le quartier d'affaire et les différentes cités (zoning sans connectivité). -Régression des espaces naturels. -Menace de l'abandon de l'activité agricole. -Risque de stress hydrique en cas de sécheresse et menace d'inondation en cas de forte précipitation. -Proximité de la zone industriel Oued Smar. -Existence d'une ligne électrique de haute tension. -Le risque de séisme. -Central électrique.

Tableau 19:analyse "SWOT"

ATOUTS	Quartier	-Une position stratégique, représente la porte d'Est d'Alger. -Existence des équipements d'une échelle international (hôtel mercure, hôtel IBIS) et national comme le centre commercial.	-Le flux attiré par le quartier d'affaire peut représenter une solution pour le développement (économique) de toute la commune et être bénéfique pour notre futur projet.	Quartier	OPPORTUNITES
	Système viaire	-Les 02 routes nationales n°5, et n°24 relient Bâb Ezzouar avec des communes importantes (Dar el Beïda, Bordj el Kiffan et l'aéroport). -Réseau de voirie très important (02 autoroutes, la voie ferroviaire, ligne de tramway).	-La ligne de métro qui va diminuer le problème d'encombrement et de nuisance sonores l'intérieur de la commune.	Système viaire	
	Système bâti	-Capacité de regrouper un nombre important des habitants grâce aux tours et aux barres (R+9 ; R+4). -Une mixité fonctionnelle (Les équipements et les habitations).	-Projet lancé pour l'aménagement des espaces verts et des parkings. -Ouverture du parc urbain (Skate Parc) dans le Quartier d'affaire.	Système bâti	
	Système parcellaire	-Un aménagement des parcelles ((en grille)) pour maximiser l'utilisation de l'espace, faciliter la circulation, et optimiser les réseaux d'infrastructure.	-La disposition des parcelles suggère un potentiel usage mixte. -Les parcelles sont alignées le long des voies principales et secondaires, créant ainsi un découpage ordonné et une homogénéité dans l'agencement des bâtiments.	Système parcellaire	
	Espaces verts	-Existence du Parc Urbain (Skate Parc) au quartier d'affaire.	-Présence de terrain non exploité qui pourront accueillir de nouvelles activités.	Espaces verts	
	Analyse séquentielle	-Un environnement urbain marqué par des bâtiments et infrastructures récentes, témoignant d'une croissance rapide et d'une évolution vers une architecture contemporaine.	-Présence de séquence institutionnelle et de détente ajoutant un équilibre entre espaces bâtis et ouverts avec un terrain vide qu'on pourrait aménager, témoignant de la croissance et de la diversité fonctionnelle de cette zone urbaine.	Analyse séquentielle	
FAIBLESSES	Quartier	-L'absence de la qualité urbaine et architectural dans certains endroits. -Bâb Ezzouar présente des tissus fragmentés (le zoning). -Ressenti de transite et de division à cause de la présence de murs de clôtures.	-Nuisance sonores. -Le problème de l'encombrement, l'hygiène l'insécurité routière peut influencer négativement sur l'image du centre de la commune.	Quartier	MENACES
	Système viaire	-Insuffisance de voie piétonnes. -Manques d'espaces de stationnement (stationnement sauvage et anarchiques)	-Le piéton est indésirable -La nuisance qui va influer sur le confort Acoustique -La pollution aérienne (la fumé).	Système viaire	
	Système bâti	-Une forte densité urbaine ; mais un manque d'équipements. -Mauvaise exploitation des espaces non bâti. -Le bâti est rupturé par l'autoroute et la Ligne des poteaux électriques.	-Risque de surpopulation et surcharge des quartiers. -Le bon sol est en profondeur de 35m, ce qui nécessite un coût important et un risque d'inondation foncière.	Système bâti	
	Système parcellaire	-Présence de certains îlots de forme irrégulière leurs structure crée une disposition asymétrique des bâtiments.	-La disposition asymétrique des bâtiments crée par les parcelles irrégulières qui créera un manque d'homogénéité et unité urbaine.	Système parcellaire	
	Espaces verts	-Insuffisance quantitative et qualitative des espaces verts et des plantations et des aires de jeux.	-l'absence d'espaces de détente de végétation et moments de pause crée un manque de mobilité piétonne et ainsi une certaine insécurité.	Espaces verts	
	Analyse séquentielle	-La voie ferrée, la zone industrielle, les route à grande capacité (séquence industrielle) sont tous des risques qui n'ont pas été pris en considération dans l'aménagement urbain de la commune.	-La séquence industrielle représente un risque et influence négativement ('urbanisme) l'aménagement urbain de la commune.	Analyse séquentielle	

3.3.3.2. Conclusions et recommandations :

La stratégie globale :

« Amélioration de la qualité urbaine » en intégrant la dimension humaine ; en se basant sur des projets urbains et des initiatives de développement durable en mettant en avant l’aspect écologique et environnemental afin d’assurer le développement économique ; culturel et social de la commune.

Tableau 20:les actions de l'analyse "SWOT », auteur

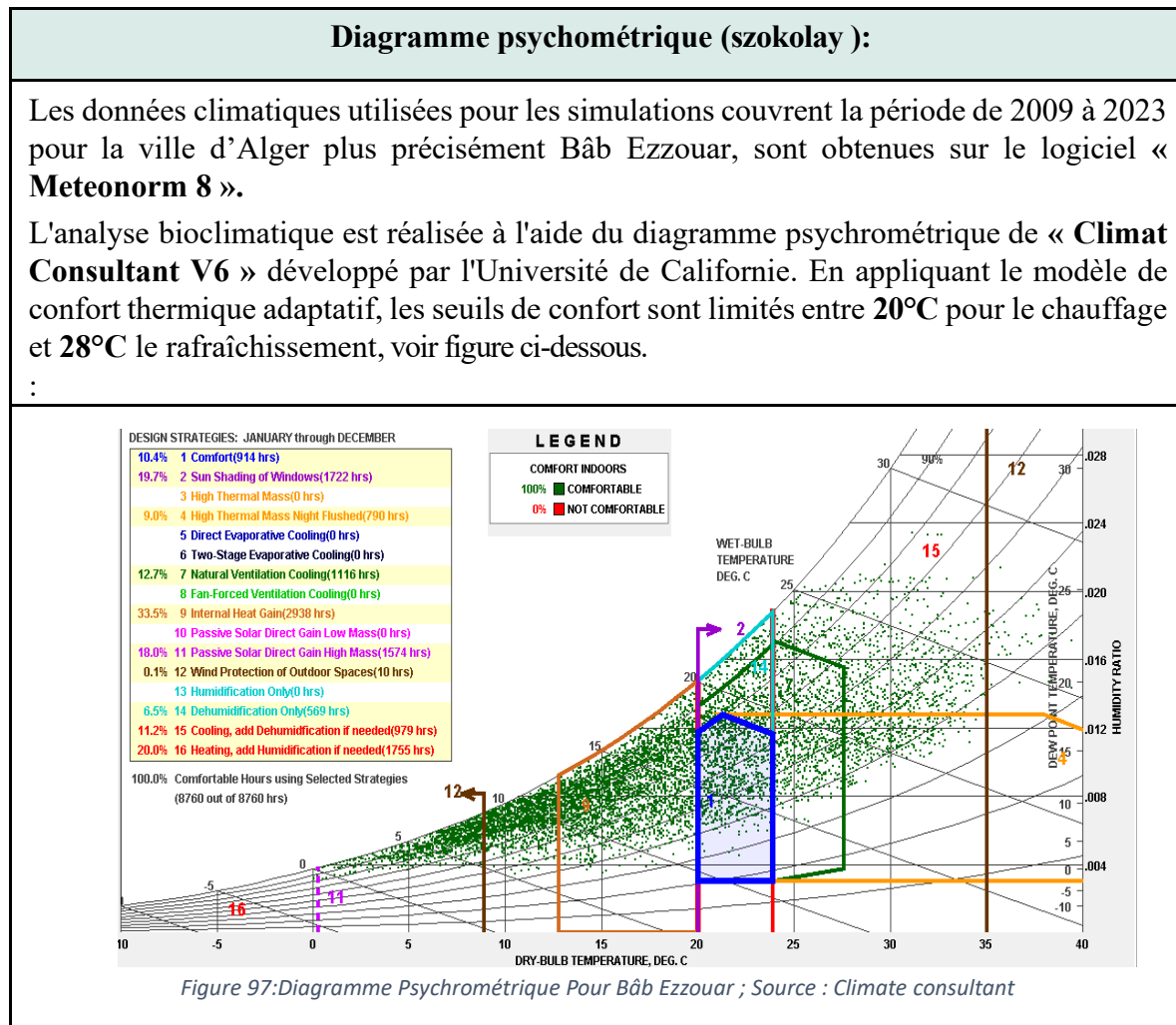
Système :	Les actions :
Quartier :	-Projection d’équipements administratifs, culturel, de loisir et de services pour renforcer le centre unificateur (le quartier d’affaire), et assurer son développement (économique ; urbain...).
	-Gérer le flux attiré par le quartier d’affaire pour développer la vie sociale et économique de la commune.
	-Prévoir de stratégie pour créer une commune résiliente durable.
Système viaire :	-Prolonger la ligne du tramway et renforcer le transport public afin de réduire l’utilisation des voitures.
	-Créer des aires de stationnement (parking sous terrain ou à étages).
	-Rénover les trottoirs en créant des circulations agréables et sûres pour les promeneurs et des moments de pauses.
	-Créer une piste cyclable.
	-Installation de plaques de signalisations ou utiliser la signalisation à travers la végétation.
Système bâti :	-Injection d’équipement d’une manière rationnelle pour créer un équilibre entre les différents quartiers de la commune (la mixité des Activités).
	-Exploiter les friches urbaines pour créer de grands équipements qui manquent.
	-Créer des équipements d’accompagnement de culture et de loisir ; tout en respectant le milieu urbain (gabarit...).
Système parcellaire :	-Profiter des parcelles en « grille » ou en « îlots » (y construire) pour maximiser l’utilisation de l’espace, faciliter la circulation, optimiser les réseaux d’infrastructure, et crée une certaine unité urbaine.
Espaces verts :	-Création d’espaces verts qui constituent un facteur de protection contre les agressions naturelles et artificielles.
	-Favoriser la chaîne du confort d’été sur l’espace public (végétalisation des toitures terrasses, végétalisation des cœurs d’îlot en pleine terre...)
	-Aménagement des espaces extérieurs et de rencontre en mobilier urbains (bancs...ex) ;(exploiter les terrains vide) pour assurer une mobilité piétonne et sécurité ; et régler les problèmes d’assainissement et d’éclairage public.
Analyse séquentielle :	-Créer un mur végétal qui sépare la zone industrielle d’oued smar, la voie ferrée et la commune de Bâb Ezzouar afin de diminuer la nuisance et la pollution aérienne et couvrir la séquence industrielle qui gâche le paysage urbain.
	-Créer un environnement urbain dynamique marqué par des bâtiments modernes et des infrastructures récentes, pour assurer la continuité de la séquence moderne avec une architecture contemporaine ; les immeubles de grande hauteur et les routes bien aménagées avec une vue dégagée et organisée, accentuant le caractère urbain du secteur.

Conclusion : En somme, une stratégie globale pour améliorer la qualité urbaine à Bab Ezzouar doit combiner le développement d'infrastructures, la revitalisation urbaine et culturelle, une gestion durable des espaces publics, aménagements extérieurs ainsi qu'une meilleure connectivité avec le reste de la métropole.

Ces initiatives doivent être soutenues par une forte implication communautaire afin d'assurer leur durabilité et leur succès à long terme.

3.4. Analyse climatique :

Tableau 21: analyse du diagramme psychométrique



3.4.1. Lecture du diagramme :

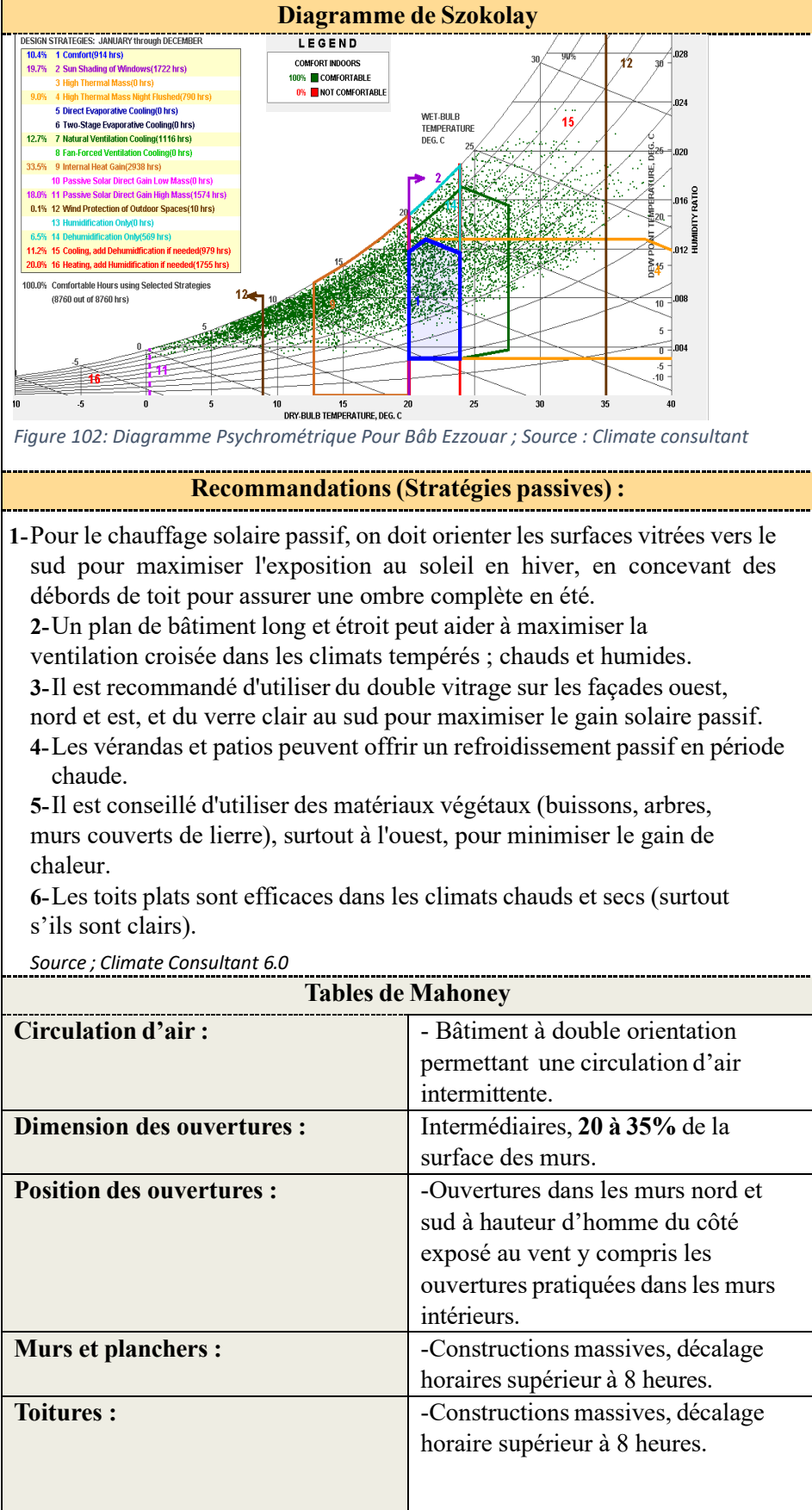
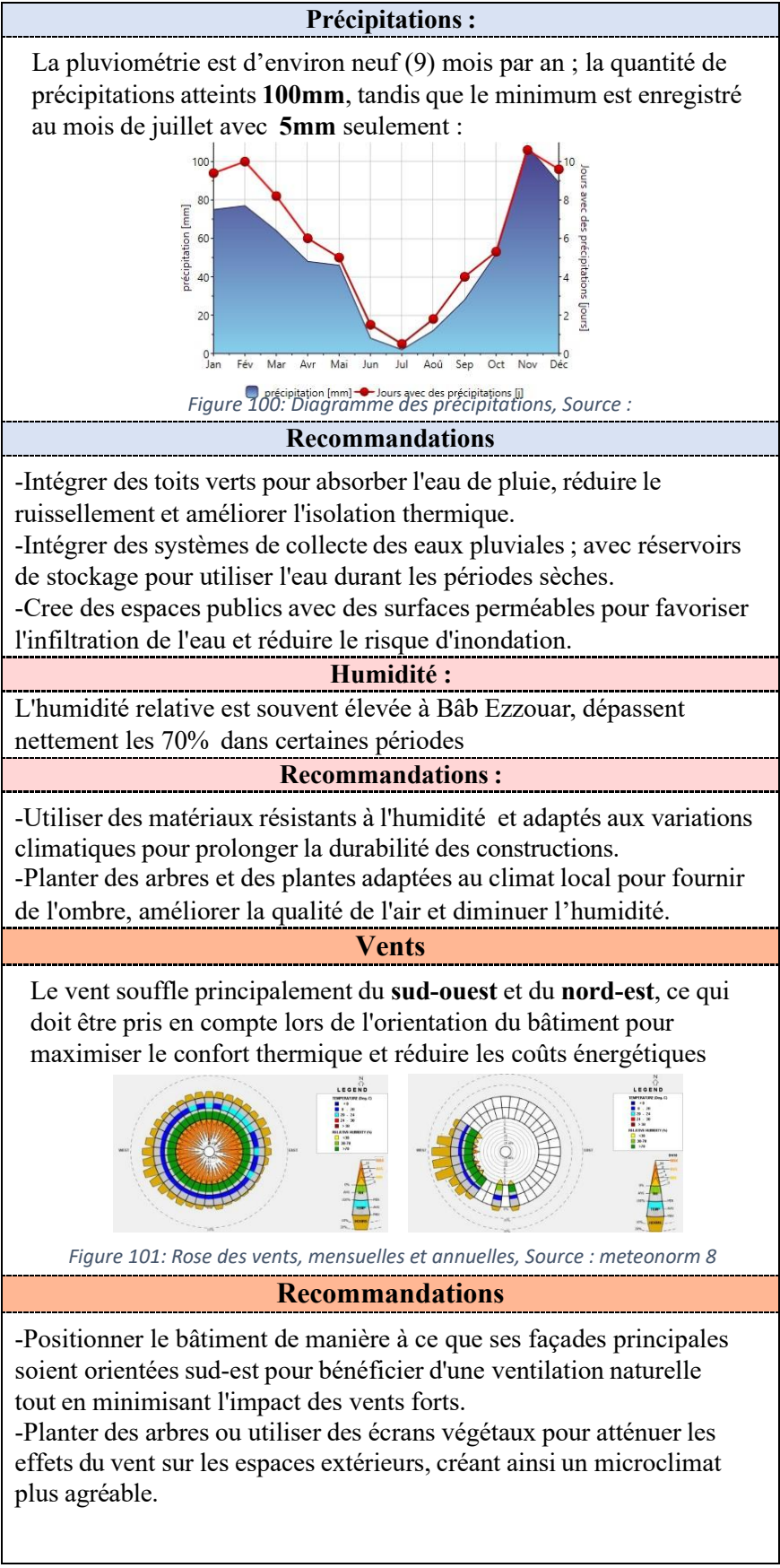
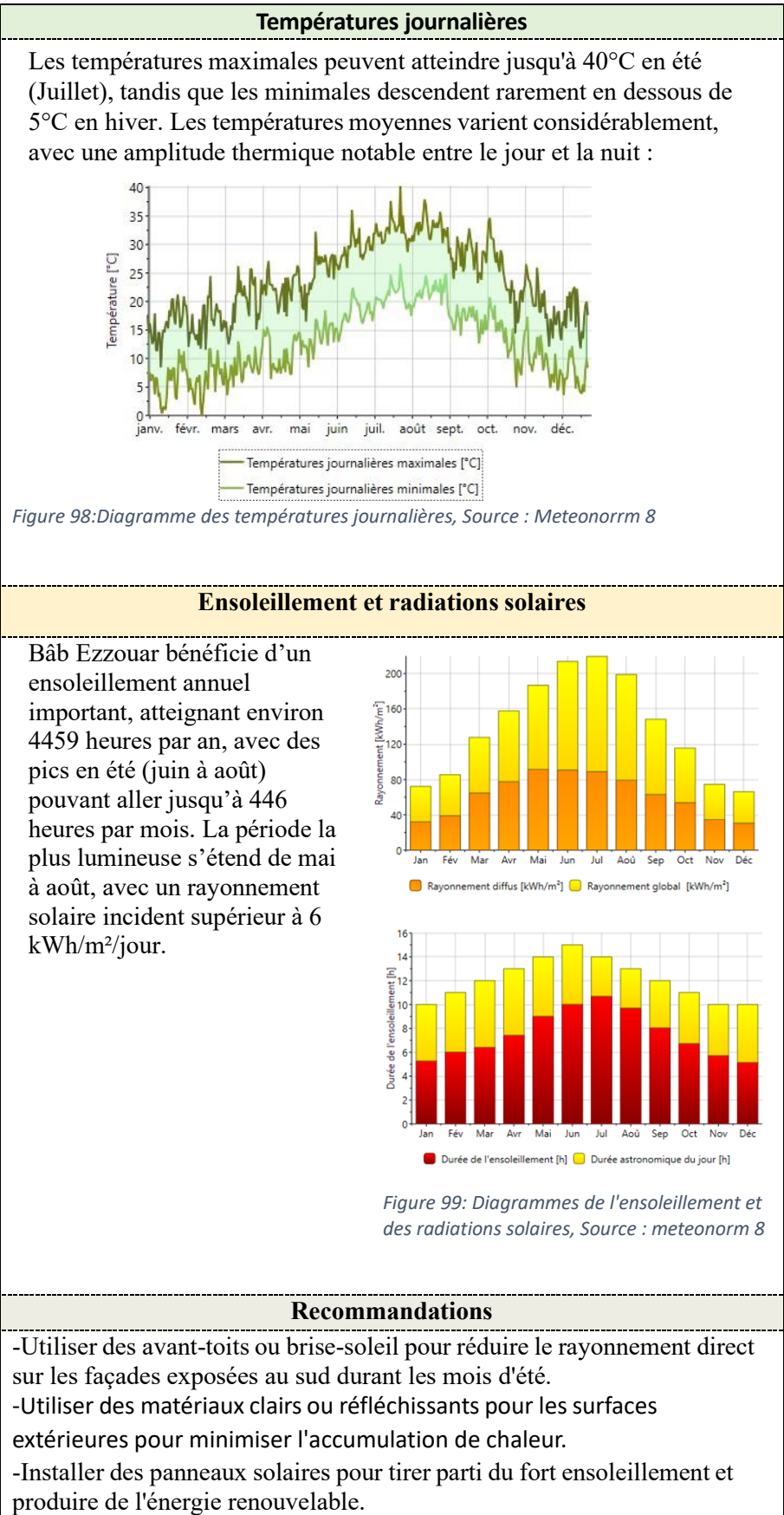
Le diagramme psychométrique indique que le climat de Bâb Ezzouar est thermiquement **confortable** pendant **68,8%** de l'année.

Avec **11,2 %** de climatisation Et **20%** de chauffage (**31,2%**).

Le facteur le plus significatif est le gain de chaleur interne, représentant 33,5% (2938 heures) ; les gains solaires passifs direct à haute masse eux pourraient améliorer le confort jusqu'à 18% (1574 heures) et la masse thermique élevée avec ventilation nocturne de 9% (790 heures). L'ombrage des fenêtres et la ventilation naturelle contribuent à réduire la demande de refroidissement respectivement de 19,7 % (1722 heures) et 12,7 % (1116 heures) ; la déshumidification elle améliore le confort de 6,5 % (569 heures).

Toutes les stratégies de conception passive mentionnées ci-dessus pourraient fournir un confort thermique de **100%** de l'année plus, toutes les stratégies proposées par le modèle autour de la ventilation naturelle, comme la ventilation croisée, et de la protection solaire par des débords ou l'utilisation de vitrages à haute performance ; tel que double vitrage.

Tableau 22: synthèse de l'analyse climatique



3.5. Analyse du site :

3.5.1. Présentation de l'aire d'étude :

Situation : Notre site d'intervention se trouve au sud de la commune de Bab Ezzouar, dans le quartier d'affaires, et s'intègre dans le POS U50. Le site est limité par : Au nord par le siège de SAA et de CMA CGM, à l'est par la banque NATIXIS et ABC au sud par le parc urbain et l'ouest : par l'AGEFA.



Figure 103: Situation du site (source : auteur)

3.5.2 Accessibilité :

L'accès au site se fait par des voies secondaires à l'intérieur du quartier d'affaire, ce dernier peut être desservi par trois voies principales :

- Le boulevard de l'université de Bab Ezzouar.
- La route de Dar El Beida.
- Pénétration de l'Aéroport Houari Boumediene.

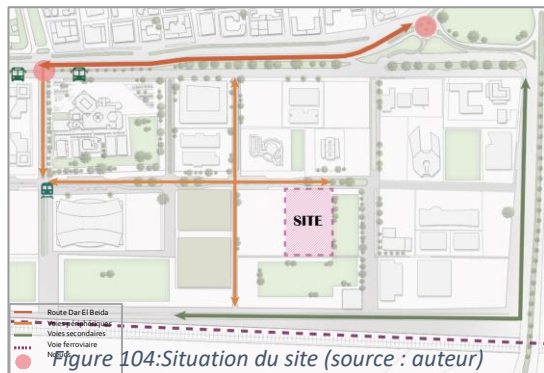


Figure 104: Situation du site (source : auteur)

3.5.3 Caractéristiques du terrain :

Forme et dimensions :

Le terrain est plat d'une forme rectangulaire, allongée sur l'axe Est- Ouest avec une superficie de 1.1ha, une longueur de 116 m et une largeur de 94 m.

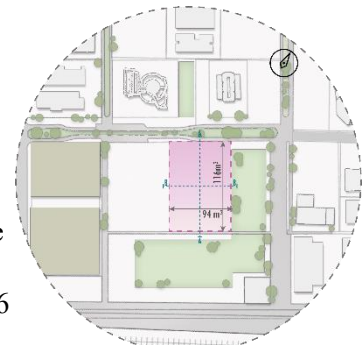


Figure 105: Forme et dimensions du site, Source : auteur

Ensoleillement et vents

Le terrain, situé en périphérie du quartier d'affaires, bénéficie d'un bon ensoleillement. Les vents dominants

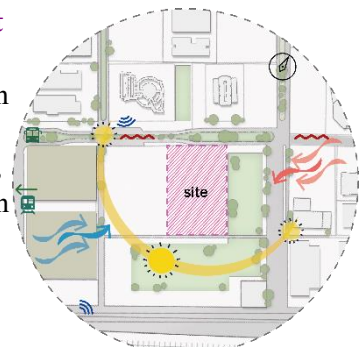


Figure 106: Ensoleillement et vents du vent Source : auteur

Atouts du site :

La présence d'un parc urbain du côté sud du terrain réduit les nuisances sonores, la pollution de l'air et aide à purifier l'atmosphère.

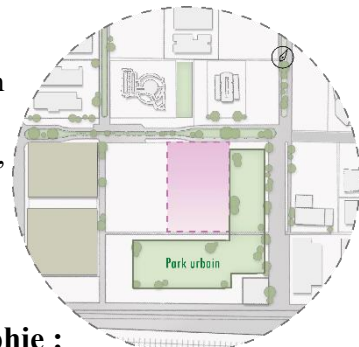


Figure 107: Atouts du site, Source : auteur

3.5.4 Topographie :

Le terrain est pratiquement plat, avec une légère pente de 0.01%. Les variations d'altitude sont négligeables et la surface est uniforme.



Figure 108: Coupe de la topographie du site, Source : auteur

3.6. Concepts fondamentaux du projet :

3.6.1. Pourquoi ce projet ? (Centre d'échange culturel et d'animation) :

On a choisi de concevoir ce centre qui est un centre communautaire multifonctionnel dans cette zone car après une analyse urbaine et du site approfondies on est arrivé au résultat qu'il manquait énormément un équipement de loisir et en même temps d'éducation qui reste animé et attire les usagers à toute heure de la journée dans ce secteur, car mise à part le centre commercial et le parc urbain il n'y a rien ; ce qui améliorera la qualité de vie et introduira l'échelle humaine et le piéton au quartier qui est un des plus gros problèmes de cette zone .

3.6.2. Pourquoi cette thématique ? : (L'amélioration de l'habitabilité et du confort hygrothermique dans l'espace public à travers l'architecture végétale) :

A travers l'analyse climatique ; on est arrivé aux résultats que Bab Ezzouar est une région très humide ; on se doit donc d'améliorer le confort hygrothermique dans notre projet en intégrant des espaces publics avec de la végétation qui est un des paramètres régulateurs du microclimat ; principalement des toitures et terrasses végétalisées et d'autres éléments afin de répondre à notre stratégie globale.

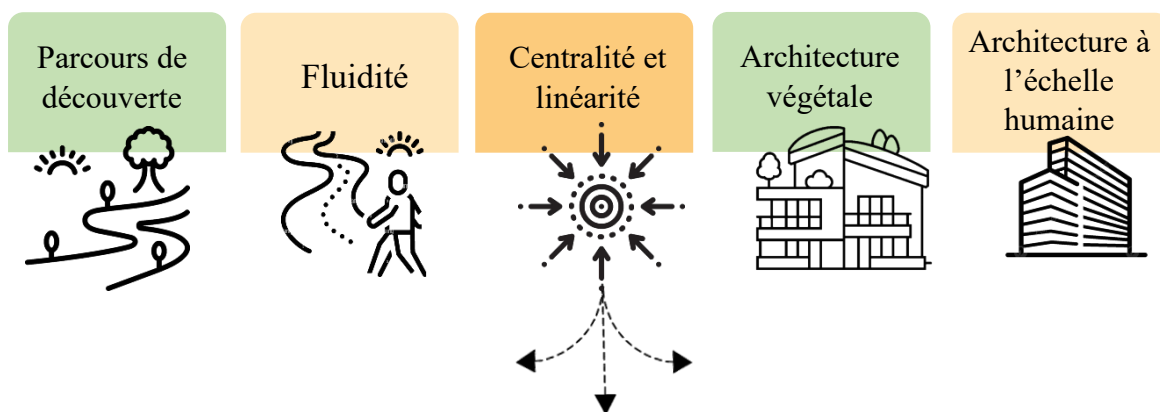
3.6.3. Type d'implantation :

On a choisi d'implanter notre projet par **contraste** par rapport à son environnement immédiat ; car il a une fonction différente de presque tout le bâti qui l'entoure dans sa zone là où la plupart des bâtiments ont une vocation d'affaires afin de se démarquer et être facilement visible, ce qui améliorera son attractivité.

Avantages de l'implantation par contraste :

- Valorisation du projet en se démarquant de son environnement, le bâtiment attire alors l'attention et devient un **repère visuel fort**.
- Une architecture contrastée peut jouer un rôle dans la **requalification urbaine**, en redynamisant une zone peu attractive.
- Le contraste permet de **marquer une identité** propre au projet, en accord avec une vision architecturale affirmée.

3.6.4. Concepts architecturaux :

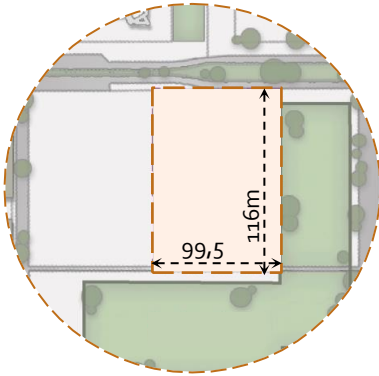


L'amélioration de l'habitabilité dans l'espace public

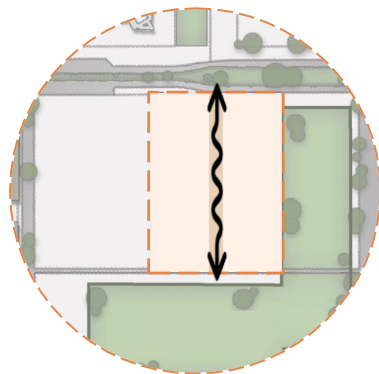
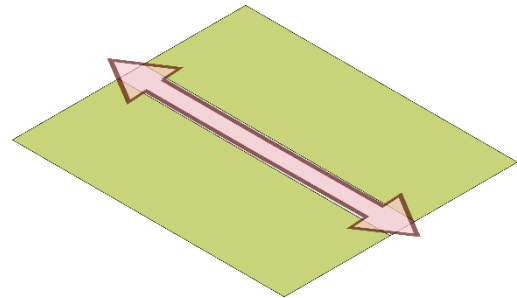
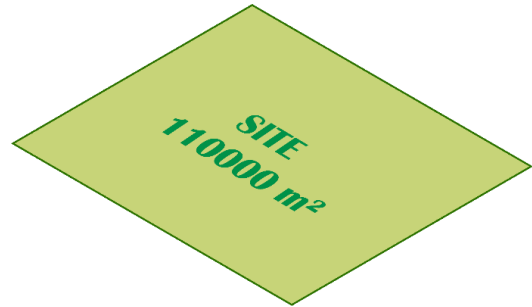
Figure 109: schéma des concepts architecturaux, Source : auteur

3.7. Développement de la forme architecturale : (la genèse) :

1) Percer l'axe central

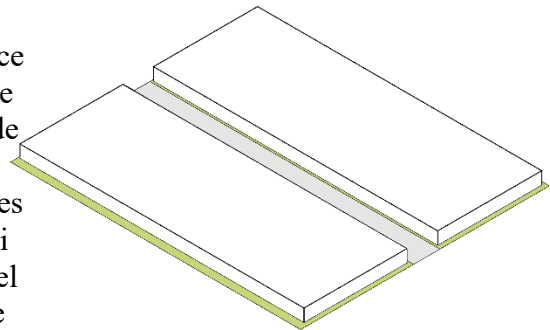
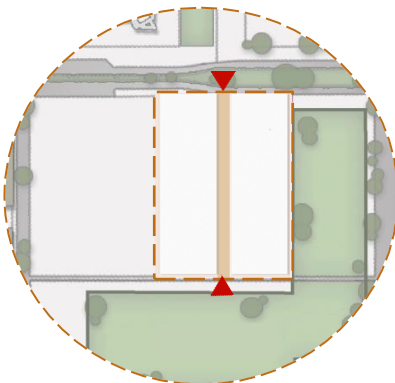


Pour créer un parcours de découverte ou un chemin vert qui permet de traverser tout le projet allant de la voie principale jusqu'au parc urbain ; pour une meilleure attractivité.

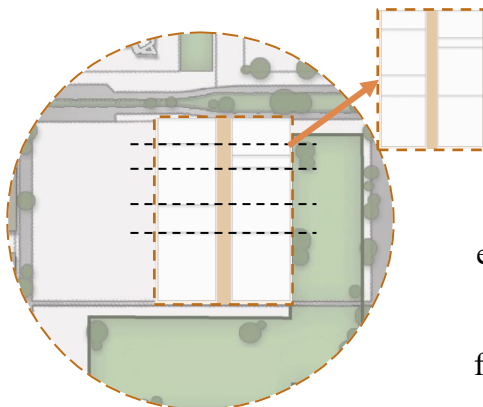


2) Disposer le bâti autour de l'axe central vertical :

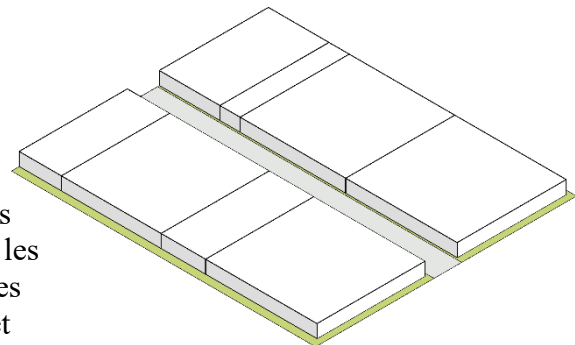
Pour mieux structurer l'espace ; permettent une circulation fluide et des accès principaux clairs renforcent ainsi l'équilibre visuel et la cohérence architecturale.

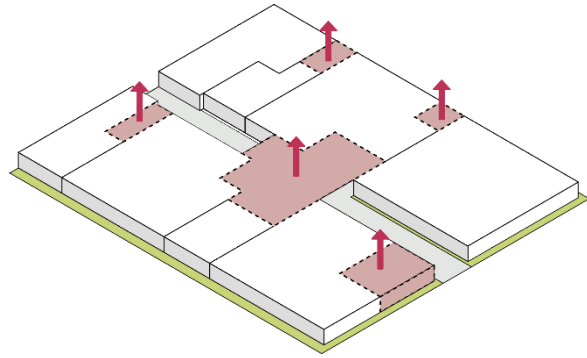
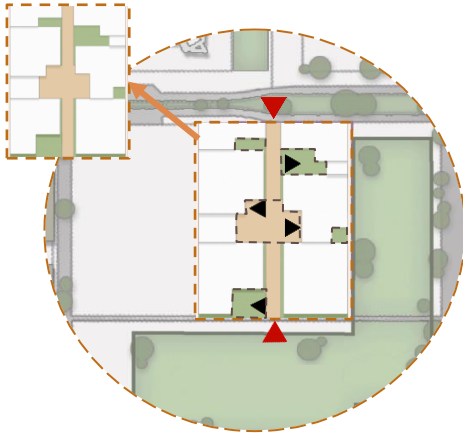


3) Division des deux blocs de bâti :

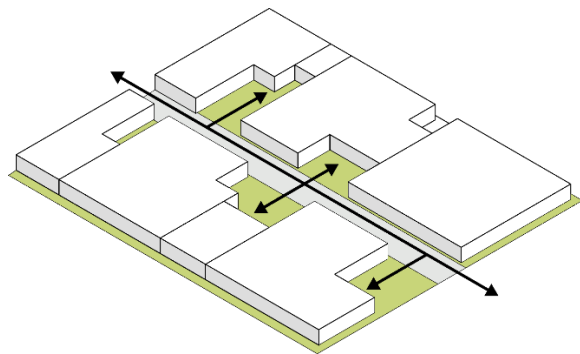
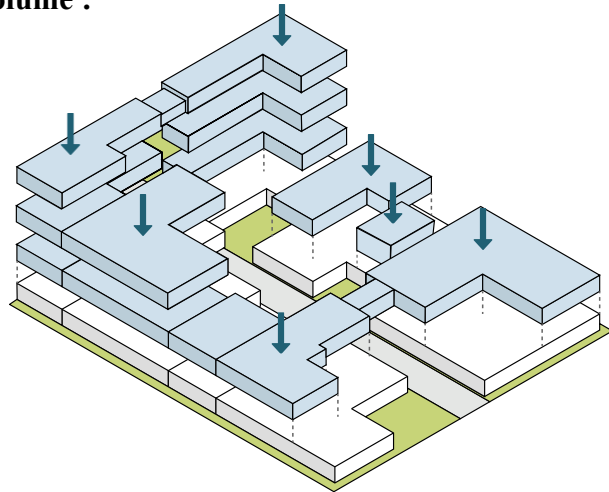
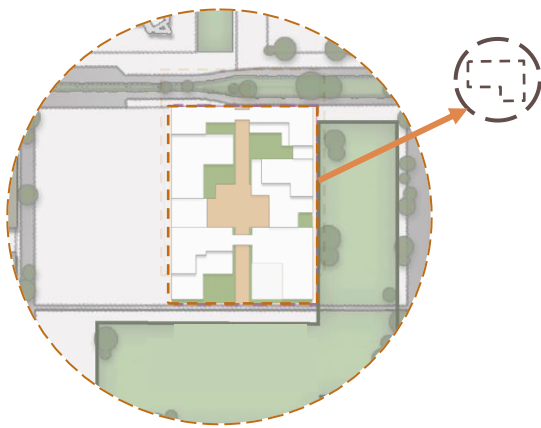


Selon les espaces et les différentes entités et fonctions (sur les axes horizontaux).

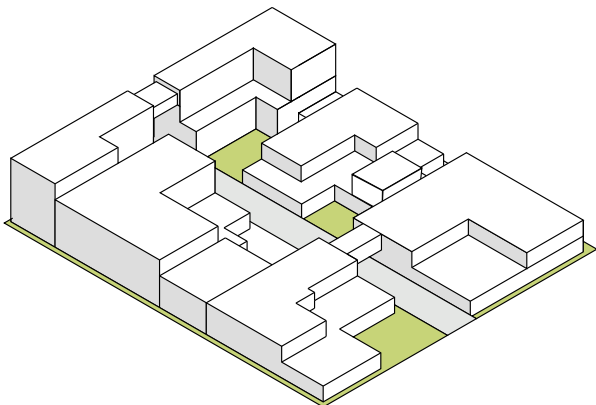


4)Soustraire :

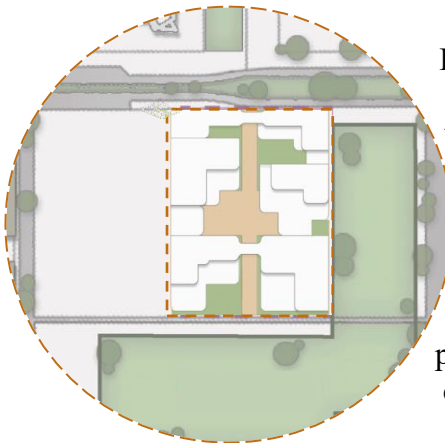
Pour créer des espaces extérieurs publics ; autour desquels s'organisent les entités ; et libérer des accès à ces dernières (Les accès secondaires se greffent perpendiculairement à l'axe centrale pour desservir les différentes fonctions sans perturber la logique du parcours principal).

**5)Répéter et superposer le volume :**

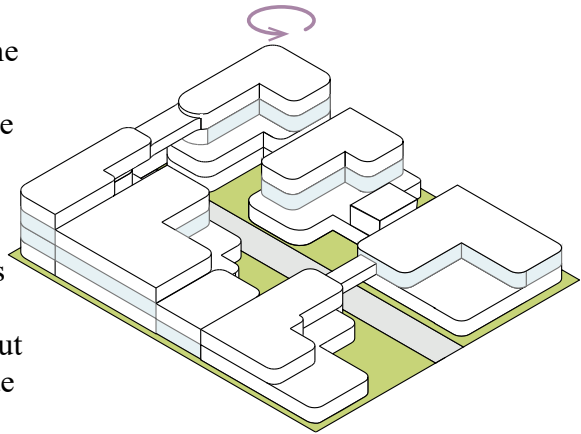
Répéter et superposer le même volume qu'on a obtenue par la soustraction à plusieurs reprises ; en s'inspirant du principe de la géométrie fractale ; pour créer d'autres espaces et niveaux supérieurs ; en créant une hiérarchisation (dégradation) d'hauteurs, pour créer des terrasses (jardins suspendus) ; qui sont un des éléments forts du projet.



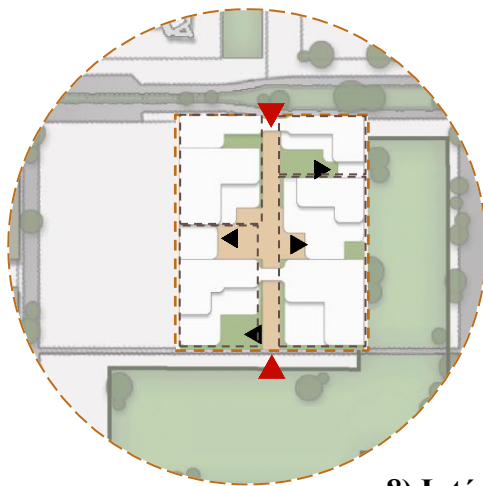
6) Arrondir les angles et créer des passerelles :



Pour assurer une connexion et transition fluide entre les différentes entités, permettant des déplacements plus directs ; tout en changeant de ressentis et d'ambiances entre une entités et une autres.

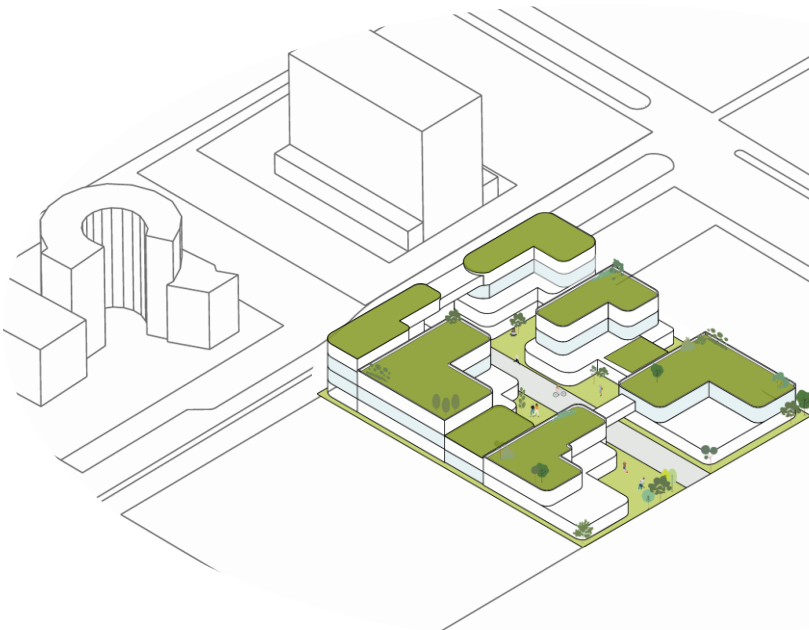


7) Création d'une dégradation sur l'axe centrale :



Par superposition des étages en allant de la voie principale (R+3) au parc urbain RDC ; pour **accentuer la perspective** ; offrent une transition graduelle entre le paysage naturel et l'espace bâti. Avec des petits volumes s'adaptent à l'échelle humaine et favorisent le piéton.

8) Intégration de toitures et terrasses végétalisées :



Améliorent ainsi le microclimat et créent un îlot de fraîcheur par l'introduction de l'architecture végétale ; Permettent de répondre à notre thématique de l'amélioration de l'habitabilité et du confort dans l'espace public.

3.8. Organisation spatiale :

Après avoir élaboré une conception inspirée des concepts et principes mentionnés précédemment (P82), caractérisée par une disposition en gradins et percée par un parcours de découverte au centre évoquant un sentiment d'exploration pour améliorer l'attractivité et encouragé la marche piétonne dans le quartier, tout en assurant une adaptabilité au climat, pour une meilleure habitabilité ; notre objectif est de donner au projet de la vitalité et de la diversité, par l'intégration de fonctions reposant sur trois dimensions fondamentales (fig). Ces dimensions sont « l'échange culturelle et l'interaction sociale », « l'éducation », et « l'animation et les loisirs » et d'autres dimensions secondaires tel que la dimension administrative, l'orientation et le commerce organisé principale sur la voie principale ; ainsi que la détente offerte par les multiples terrasses et jardins qui marquent l'identité du projet ; et autres services annexes... Elles constituent collectivement les forces motrices du projet, chacune contribuant harmonieusement à l'esthétique et à la fonctionnalité globales de celui-ci.



3.8.1. Logique d'organisation :

Notre projet s'organise autour d'un axe principal qui structure la circulation et relie les différentes entités. Il est composé de quatre pôles : échange culturel, animation et loisirs, éducation et enfin administration et orientation.

Les entités de loisirs, « échange culturel et animation » sont implantées du côté du parc urbain au sud du terrain pour favoriser l'ouverture et l'interaction. Les deux autres celles de l'éducation et de l'administration sont elles

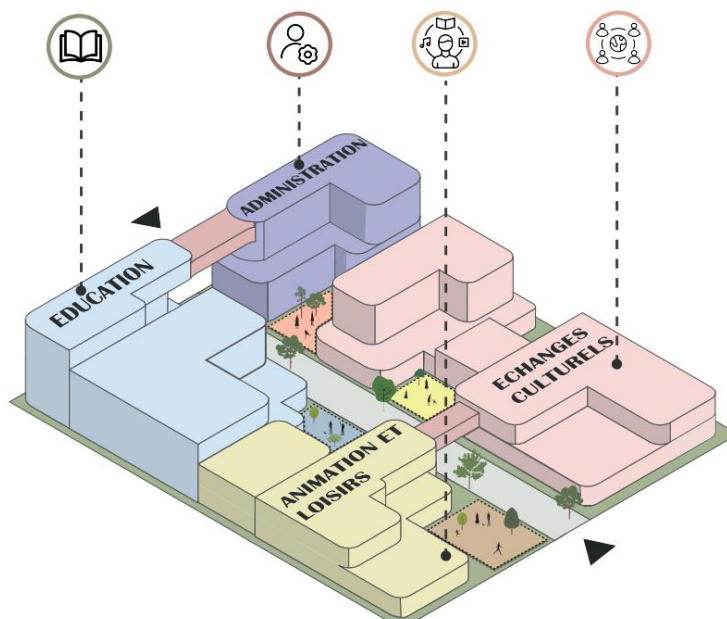


Figure 110: Logique d'implantation des entités ; Source : auteur

Disposées au nord, le long de la voie principale, avec un accès direct depuis l'entrée principale aux espaces d'accueil et d'orientation ; les entités qui nécessitent une connexion entre elles, sont reliées par des passerelles. Cette organisation claire permet une circulation fluide et une complémentarité des fonctions, en ancrant le projet dans son environnement.

Toutes les entités du projet partagent un mode de fonctionnement similaire, chacune disposant d'un bloc d'entrée rectangulaire. Ce bloc comprend un hall d'accueil avec un espace d'exposition en lien avec la fonction de l'entité, ainsi qu'un noyau de circulation verticale (escaliers et ascenseurs) positionnés en face de l'entrée et un bloc sanitaire. Cette

organisation vise à simplifier les déplacements et à offrir une lecture claire du fonctionnement du centre pour les usagers.

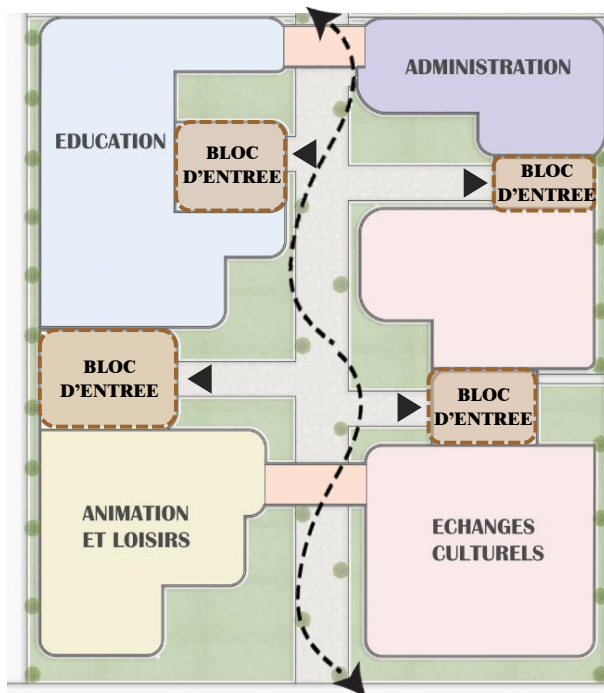


Figure 112: Logique d'implantation des blocs de circulation

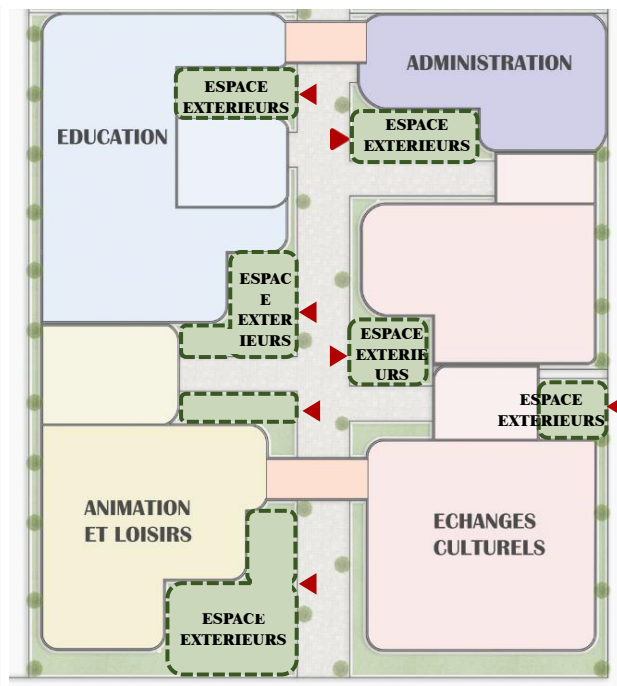


Figure 111: Logique d'implantation des espaces extérieurs

3.8.2. Logique d'organisation des espaces extérieurs :

Chaque entité dispose d'un ou plusieurs espaces extérieurs verts, appelés « jardins », proposant des activités en lien direct avec l'entité qui les entourent. Chaque jardin porte un nom propre à lui, reflétant l'usage ou l'ambiance qu'il offre, renforçant ainsi l'identité du projet et l'habitabilité de l'espace public. Ce même concept se prolonge aux niveaux supérieurs à travers des terrasses-jardins disposées en gradins, offrant des lieux de détente et de rencontre tout en enrichissant la dimension paysagère du centre.



Figure 113: jardins thématiques, Source : auteur



Figure 115: jardin thématique, Source : auteur



Figure 114: Terrasses ; Source : Auteur



3.8.3. Circulation horizontale :

Comme mentionné précédemment, notre circulation horizontale extérieure repose principalement sur une ligne directrice centrale, complétée par des voies secondaires qui mènent vers les entités. Cependant, à l'intérieur de ces dernières la circulation horizontale commence par l'accès au bloc d'entrée (fig.116) qui mène vers des couloirs autour desquels s'organisent les différents espaces de l'entité d'une manière fluide et claire. Notre approche de la circulation intérieure met également l'accent sur la découverte et l'exploration par ces longs couloirs qui éveillent la curiosité et incite à aller plus loin pour découvrir ce qui nous attend.

3.8.4. Circulation verticale :

Chacun des blocs d'entrée citée précédemment dispose d'une circulation verticale assurée par une cage d'escaliers et des ascenseurs, (Figure.) répartis de manière fluide conformément aux normes de sécurité ; disposé juste en face des entrées des entités pour faciliter leurs repérages et ainsi la circulation aux usagers.

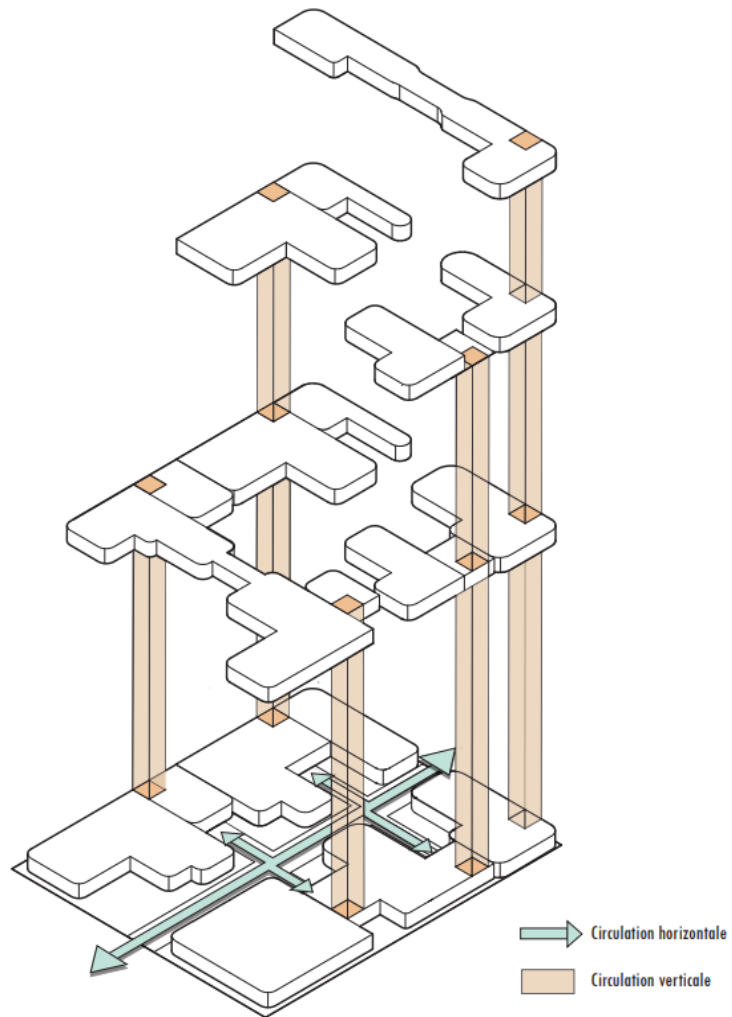


Figure 116: Circulation horizontale et verticale dans le projet ; Source ; par l'auteur



Figure 117: Parcours central du projet, Source : auteur

3.9. Jardins et terrasses :

3.9.1. Types d'arbres :

Tipuana tipu (Tipuana) : Arbre à feuillage caduc, atteignant une hauteur de 8 à 12 mètres. Il présente une floraison jaune abondante en été et une croissance rapide.

Albizia julibrissin (Arbre à soie) : Arbre à feuillage caduc, de 6 à 9 mètres de hauteur. Il possède un feuillage léger, finement découpé, et une floraison estivale en pompons roses.

Jacaranda mimosifolia (Jacaranda) : Arbre caduc atteignant 8 à 10 mètres de hauteur. Il se distingue par sa floraison violette spectaculaire au printemps et son feuillage délicat.

Olea europaea (Olivier) : Arbre persistant mesurant entre 6 et 8 mètres. Il possède un feuillage gris-vert dense et s'adapte aux climats chauds et secs.

3.9.2. Type de buisson :

Rosmarinus officinalis (Romarin) : Arbuste persistant mesurant entre 0,8 et 1,2 mètre. Il se caractérise par un feuillage vert foncé, linéaire et aromatique, ainsi qu'une floraison bleu pâle.

Nerium oleander nain (Laurier-rose nain) : Buisson compact atteignant environ 1 mètre de hauteur. Il produit des fleurs abondantes de différentes couleurs selon la variété. Il possède un feuillage persistant vert foncé et résiste bien aux fortes chaleurs.

Pittosporum tobira 'nana' (Pittosporum nain) : Arbuste persistant de 0,8 à 1 mètre de hauteur. Il présente un feuillage dense, vert brillant, légèrement arrondi.

Teucrium chamaedrys (Germandrée) : Plante basse formant un petit buisson de 0,4 à 0,6 mètre. Elle possède un feuillage vert foncé aromatique et une floraison rose ou mauve.

3.9.3. Plantes décoratives et bacs à fleurs :

Santolina chamaecyparissus (Santoline) : Plante vivace basse formant un petit buisson arrondi de 0,5 à 0,8 mètre. Elle possède un feuillage argenté très finement découpé et dégage une odeur aromatique. Elle produit des fleurs jaunes en été et résiste bien à la chaleur et à la sécheresse.

Lonicera nitida (Chèvrefeuille arbustif) : Arbuste compact à feuillage persistant atteignant environ 1 mètre de hauteur. Il présente de petites feuilles vert foncé et peut être taillé en forme régulière.

Aspidistra elatior (Aspidistra) : Plante à feuillage persistant atteignant entre 0,5 et 0,8 mètre. Elle possède de grandes feuilles vert foncé, lustrées et dressées.

Fougères (genre Nephrolepis ou Dryopteris) : Plantes à feuillage finement découpé formant une touffe dense. Hauteur variable entre 0,4 et 1 mètre selon l'espèce. **Alocasia ou Colocasia (Oreilles d'éléphant)** : Plantes à larges feuilles en forme de cœur ou de flèche, mesurant entre 0,8 et 1,5 mètre. Leur feuillage décoratif est souvent vert brillant ou panaché.



Figure 118: Tipuana tipu (fr.wikipedia.org)



Figure 119: Olea europaea (en.todoarboles.com)



Figure 120: Rosmarinus officinalis (innocentiemangonipianta.it)



Figure 121: Nerium oleander nain (monstera-app.com)



Figure 122: Pittosporum tobira (monstera-app.com)



Figure 126: Phlomis fruticosa (pepinieredelarabine.com)



Figure 125: Fougères (jardin-et-ecotourisme.fr)



Figure 124: Teucrium chamaedrys (rareroots.com)



Figure 123: Santolina chamaecyparissus (crocus.co.uk)



Figure 127: Lonicera nitida (jardinpourvous.com)



Figure 129: Alocasia ou Colocasia (larevuevertu.com)



Figure 128: Aspidistra elatior (picturethisai.com)

3.9.4. Activités extérieures :

En plus de l'effet sur le microclimat des espaces extérieurs verts, c'est aussi des endroits pour diverses activités, pour différents événements, quotidiens ou occasionnels, et pour tous les âges, afin d'équilibrer le mode de vie nocturne dans la zone ; parmi ces activités :

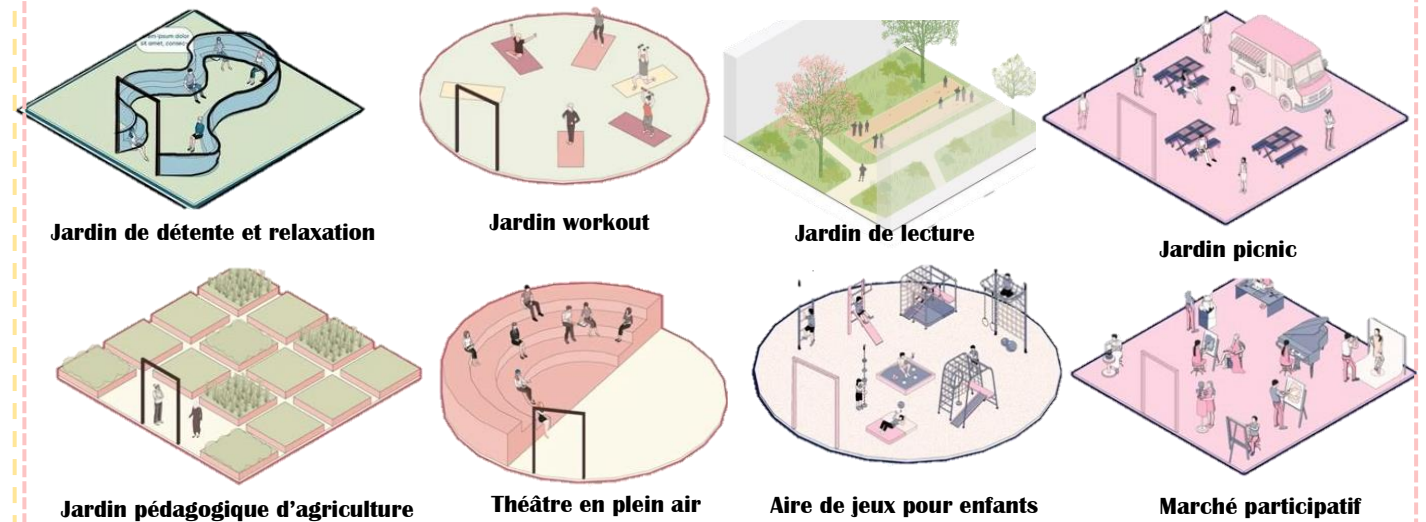


Figure 131: Activités extérieures ; Source : <https://fr.pinterest.com/pin/10414642882416899/>

3.9.5. Aménagement et mobilier urbain :

Chaque espace a été doté d'aménagement adapté à sa fonction et en accord avec l'esthétique du projet ; mais il y a un aménagement qu'on retrouve dans le parcours principal et qui revient à chaque fois tel que :

Revêtement des sols : Tables et bancs : Panneau de repérage : Poubelles de recyclage : Lampadaires :



Figure 132: Mobilier urbains utilisés dans le projet, Source : auteur

3.10. Analyse des façades :

3.10.1. Façades extérieures :

On a commencé le processus de conception de ces façades par la réalisation de croquis à la main afin de mieux comprendre le résultat auquel on voulait arriver et avoir une idée globale avant de commencer leurs modélisations sur logiciel :



Figure 133:roquis de la façade principale (nord) ; Source : auteur

Notre bute primaire lors de la conception des façades était « d’accentuer l’effet de la perspective » de la disposition en gradin des différents niveaux du projet afin de mettre en valeur et rendre plus visible les jardins et terrasses suspendus qui sont l’élément identitaire de ce projet ; pour accentuer cet effet on s’est basé principalement sur :

- 1-l’introduction de l’élément horizontal
- 2-La variation d’échelle : réduction progressive de la taille des éléments architecturaux en s’éloignant de l’observateur
- 3-Superposition et rythme : répétitions d’éléments architecturaux avec un espacement décroissant
- 4-Couleurs et textures : atténuation progressive des contrastes en fonction de la distance

Le deuxième but était d’introduire l’élément végétal dans les façades car toute nôtre thématique s’appuie sur l’introduction de l’architecture végétale et son influence bénéfique sur le microclimat ; et enfin trouver un équilibre entre le plein et vide pour gérer l’éclairage naturel et offrir une protection par des brise-soleil en bois.

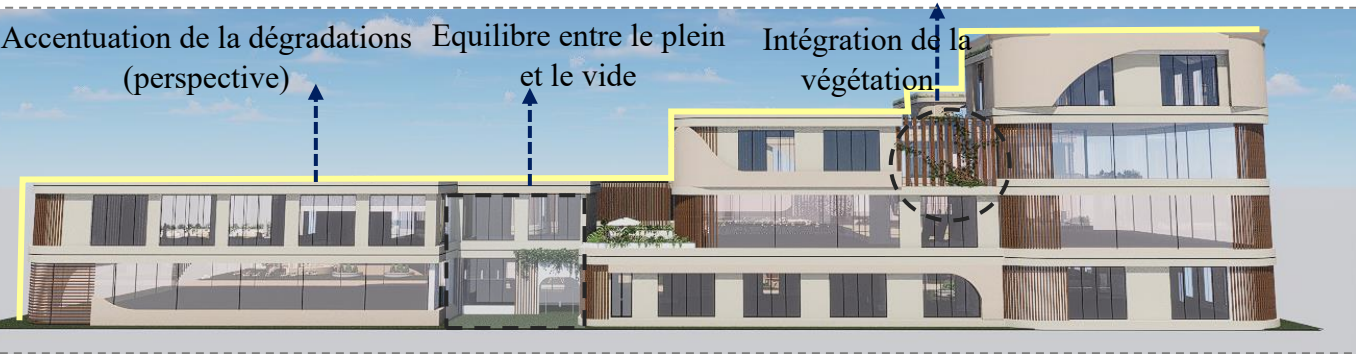


Figure 134:Principes utilisés dans les façades (façade est) ; source : Inscape ; traitée par l'auteur

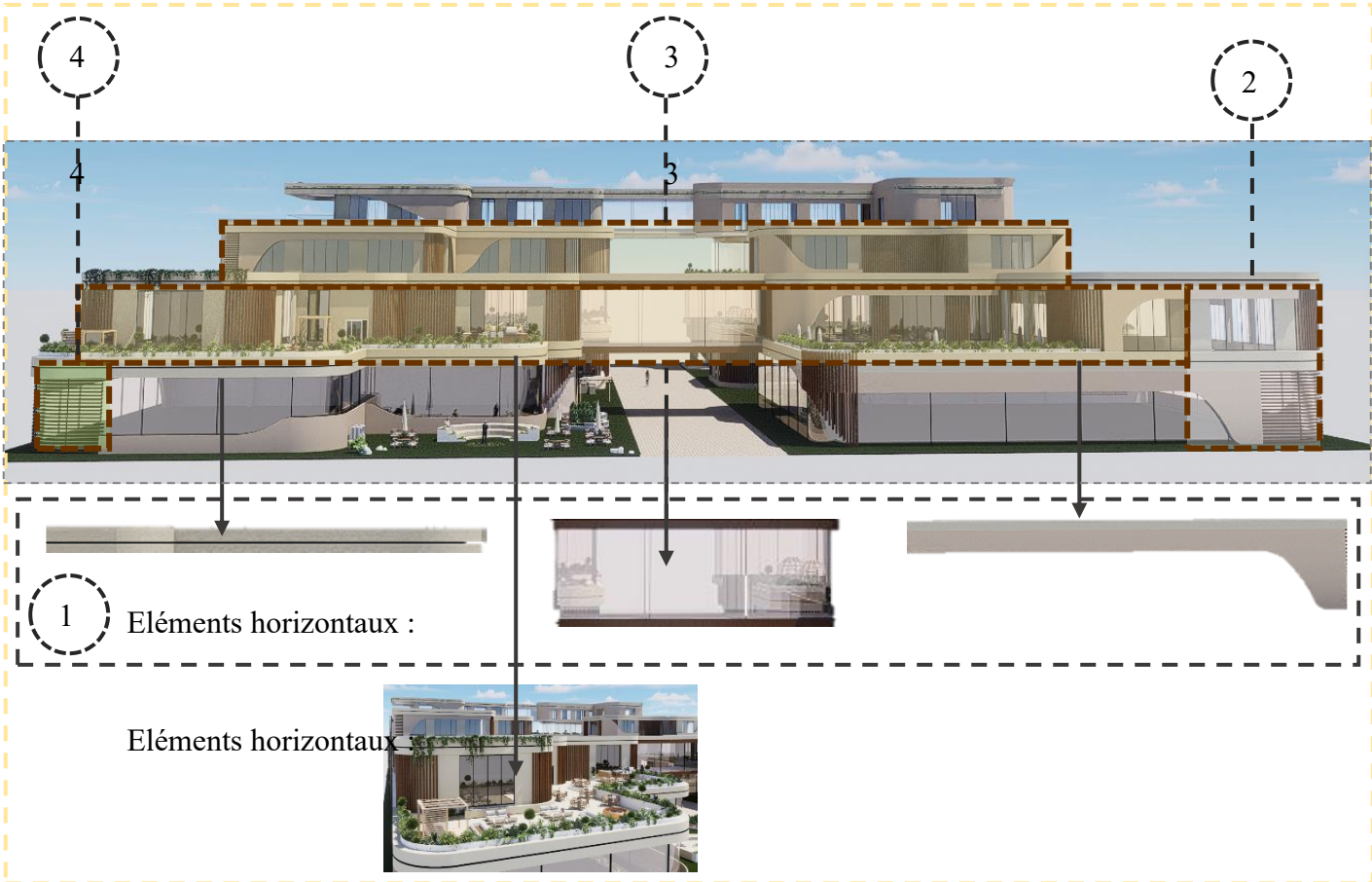


Figure 135:Principes utilisés pour accentuer la perspective (façade sud) source : auteur

3.10.2. Façade principale :

La façade principale est la façade nord c’est pour ça qu’elle comporte deux niveaux en mur rideaux et un têt de vitrage élevé pour maximiser l’éclairage naturel ; pour marquer l’accès on a créé une sorte de prote urbaine avec l’effet de la passerelle pour rappeler "BabEzzouar" et bien dégager le parcours pour améliorer l’attractivité et attirer un maximum de visiteurs.



Figure 136:Principes utilisés dans la façade principale (façade nord) ; source : auteur

3.10.3 Façades intérieures :

Les façades intérieures suivent le même principe que les façades extérieures ; elle un peu plus introvertie et offre des vues sur les divers espaces extérieurs du projet.

3.11. Analyse de l'enveloppe :

3.11.1 Matériaux :

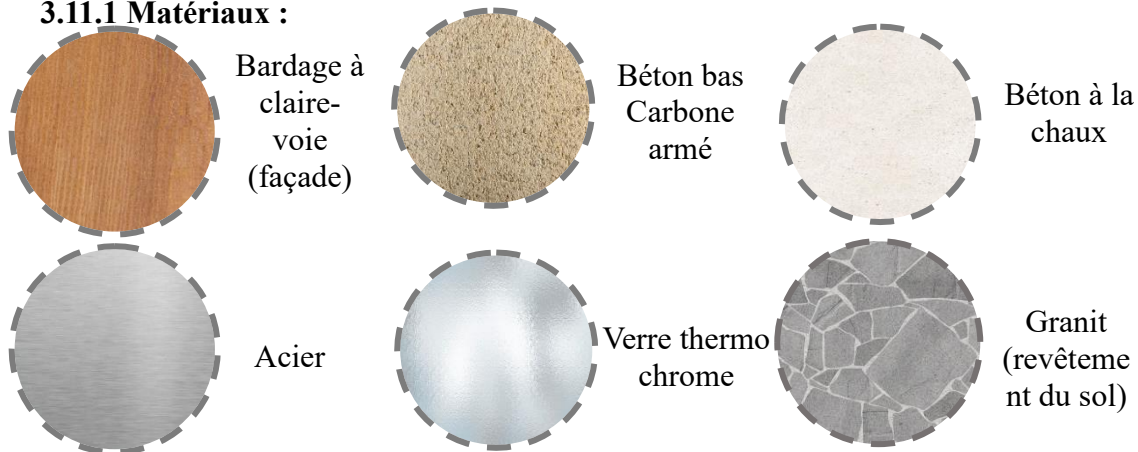


Figure 138: Matériaux de construction, source : auteur

3.11.2 Structure et système de construction :

Le projet repose sur une structure mixte métallique habillée en béton armé il comprend des poteaux métalliques de 50x50cm, poutres métalliques de 70cm de hauteur ; suivent une trame de base de (7mx12m) mais qui change et qui s'adapte en fonction des modifications nécessaires apportées au projet ; il comporte aussi des planchers collaborant métalliques de 21cm et une dalle en béton armé de 10cm au RDC. Chaque étage mesure 6m de haut dont 1m dédiée à un faux plafond technique assurant une hauteur libre de 5m. Le projet intègre également des passerelles en porte-à-faux réalisées avec le même système de plancher métallique. Ce système permet de grandes portées et répond efficacement aux exigences climatiques et fonctionnelles du projet.

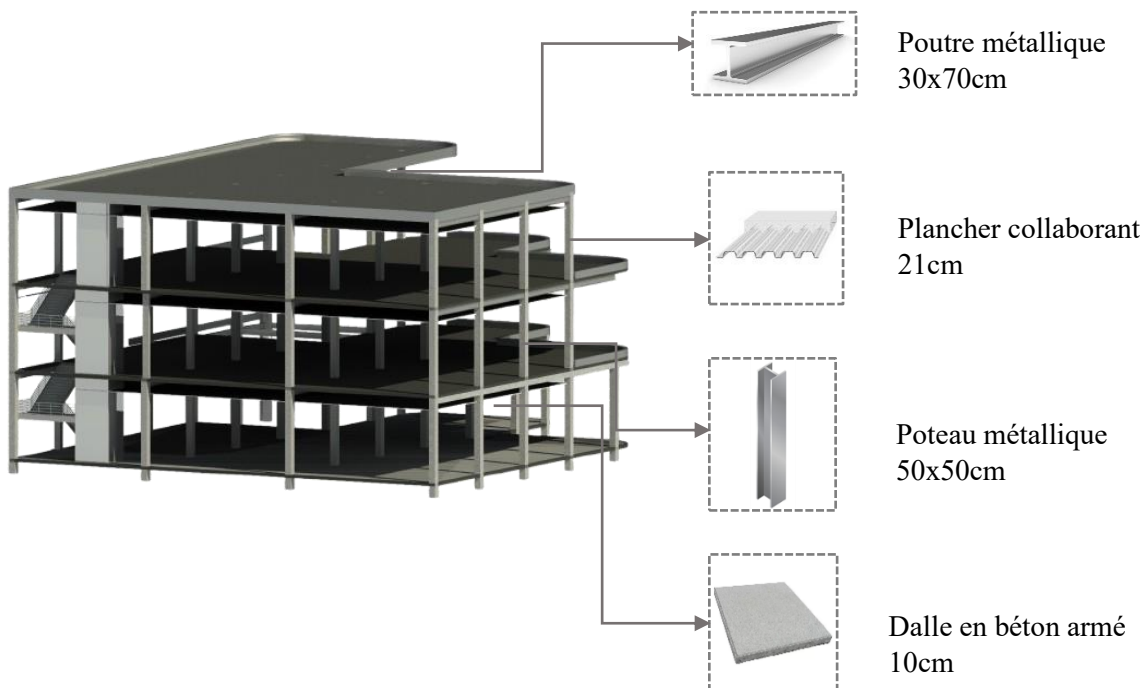


Figure 139: système structurel du projet ; Source : auteur

3.12. Ambiances et qualités spatiales :

Configuration spatiale éclatée et séquencée :

L'organisation spatiale du projet repose sur une composition éclatée mais lisible, divisée en quatre entités principales. Chaque entité incarne une fonction spécifique, tout en participant à un ensemble cohérent. Cette configuration favorise une articulation fluide entre les entités qui sont reliées entre elles par des passerelles, renforçant la complémentarité des usages.



Figure 140: Configuration spatiale du projet, Source : auteur

Parcours de découverte traversant :

Un parcours de découverte traverse l'ensemble du projet, tel un fil conducteur qui relie les différentes entités entre elles. Ce cheminement, à la fois linéaire et organique, invite les usagers à une exploration progressive du lieu. Il alterne séquences ouvertes et resserrées, et offre des vues cadrées sur les jardins et les terrasses.



Figure 141: Parcours de découverte du projet, Source : auteur

Jardins thématiques à ciel ouvert :

Tout au long de ce parcours se déploie une série de jardins extérieurs, chacun dédié à une activité spécifique et conçue pour offrir une ambiance unique. Le jardin de lecture par exemple, favorise l'échange intellectuel autour d'installations de détente pédagogiques ; le jardin marché participatif propose des dispositifs interactifs pour petits et grands... Ces espaces, bien que distincts, sont reliés entre eux par un langage paysager commun, jouant sur les textures végétales, les sons naturels et les matériaux locaux.



Figure 142: marché participatif, Source : auteur

Jardins suspendus et terrasses végétalisées :

Les terrasses et jardins suspendus, constituent l'un des éléments phares du projet. Situées en toiture des différentes entités, elles permettent d'exploiter la verticalité du site pour créer des espaces de détente, ou de contemplation. Elles améliorent également les performances climatiques du bâtiment et le microclimat et donc l'habitabilité de notre espace extérieures.



Figure 143: et terrasses végétalisées, source : auteur

Scénographie de la circulation :

Le cheminement n'est pas uniquement fonctionnel, il est pensé comme une véritable expérience spatiale. Le traitement des sols, les jeux d'ombres et de lumière, les changements d'échelle et de hauteurs, pour annoncer un changement d'activité.



Figure 144: théâtre en plein air, source : auteur

3.13. Stratégies environnementales :



Figure 145:Stratégies environnementales utilisées dans notre projet ; Source

Environnement :

L'intégration de l'architecture végétale est la stratégie environnementale primaire du projet, visant à améliorer le confort hygrothermique, renforcer le microclimat local et réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain :

- Le projet comprend des toitures végétalisées extensives et intensives qui favorisent l'évapotranspiration, améliorent l'isolation thermique, et réduisent la température ambiante.
- Des espaces extérieurs verts (jardins thématiques) et points d'eau sont disposés tout au long du parcours central, créant des poches de fraîcheur naturelles.
- Les arbres et bacs à fleurs installés sur les terrasses et jardins suspendus participent à la régulation thermique.
- L'usage de plantes grimpantes sur les façades joue un rôle de protection solaire et de régulateur hygrométrique en limitant le rayonnement direct et en favorisant la ventilation naturelle des parois.
- Aucun parking pour voitures n'est prévu en surface, afin de valoriser les modes de déplacement doux, notamment la marche et les circulations piétonnes ombragées.

Forme :

- Le bâtiment adopte une morphologie en gradins, permettant une meilleure intégration paysagère et une optimisation de l'ensoleillement et de l'ombrage croisé entre les différents niveaux.
- Cette disposition favorise l'installation de jardins suspendus accessibles au public et contribue à la création de couches végétalisées superposées, agissant comme tampon thermique.
- Les angles arrondis du bâtiment permettent de réduire les concentrations de chaleur en périphérie et d'adoucir les courants d'air aux abords du projet, tout en améliorant le confort piéton à l'échelle micro-urbaine.
- Le parcours central paysagé traverse le site, renforçant la ventilation naturelle entre les entités du projet, tout en servant d'axe structurant pour la promenade et les rencontres.
- L'installation de mobilier urbain ombragé (pergolas, bancs couverts, assises intégrées à la végétation) contribue au confort d'usage en période estivale.

Enveloppe :

- Le projet met en œuvre une enveloppe respirante et bioclimatique, combinant des matériaux innovants et écologiques avec couleurs claires pour bénéficier d'un albédo élevé et d'une faible absorption thermique. :
 - Bardage à claire-voie permettant la ventilation naturelle des façades tout en filtrant la lumière.
 - Béton bas carbone armé et béton à la chaux, choisis pour leur faible impact environnemental et leurs propriétés d'inertie thermique.
 - Acier utilisé en structure pour les éléments secondaires.
 - Vitrage thermochrome et double vitrage pour un contrôle optimisé des apports solaires et un confort visuel toute l'année.
 - Granite naturel pour les revêtements de sol extérieurs, assurant une grande durabilité et une faible accumulation thermique.

L'ajout de végétation en façade agit comme une peau végétale vivante, réduisant l'échauffement des parois exposées et favorisant l'évapotranspiration.

3.14. Simulation hygrothermique du microclimat : de l'espace extérieur du projet par Envi-met v3.1 :

3.14.1. Présentation de l'outil de simulation : Envi-Met est un outil de simulation environnementale largement employé dans les domaines de la conception urbaine durable, de l'aménagement paysager, de l'architecture et de l'évaluation de l'impact environnemental. Cet outil permet de modéliser et d'analyser les conditions climatiques et environnementales à une échelle microclimatique précise.

3.14.2. Protocole de simulation :

Après avoir défini les problématiques, les objectifs et les hypothèses, nous avons identifié les variables influençant le microclimat dans l'espace extérieur de notre projet, Notre objectif principal était de tester l'impact de la végétation plus précisément des toitures et terrasses végétalisées dans l'amélioration de ce dernier ; atténuent ainsi l'effet de l'îlot de chaleur urbain et la création d'un îlot de fraîcheur.

Nous avons cherché à identifier les conditions microclimatiques optimales pour le confort thermique extérieur. Pour le faire, nous avons utilisé les logiciels ENVI-met (3.1) en créent divers scenarios et en les analysent pour choisir le meilleur à la fin.

Paramètres d'entrée pour les simulations :

- 1- La superficie totale utilisée pour l'analyse dans ENVI-met : **116m x 99,5 m**
- 2- Une image BMP du plan de masse du projet (Bati + espace extérieur) a été utilisée pour l'analyse dans ENVI-met.
- 3- Murs extérieurs : **30 cm** de briques (15 cm, 5 cm, 10 cm).
- 4- Façade : Avec un double vitrage (thermochromique).

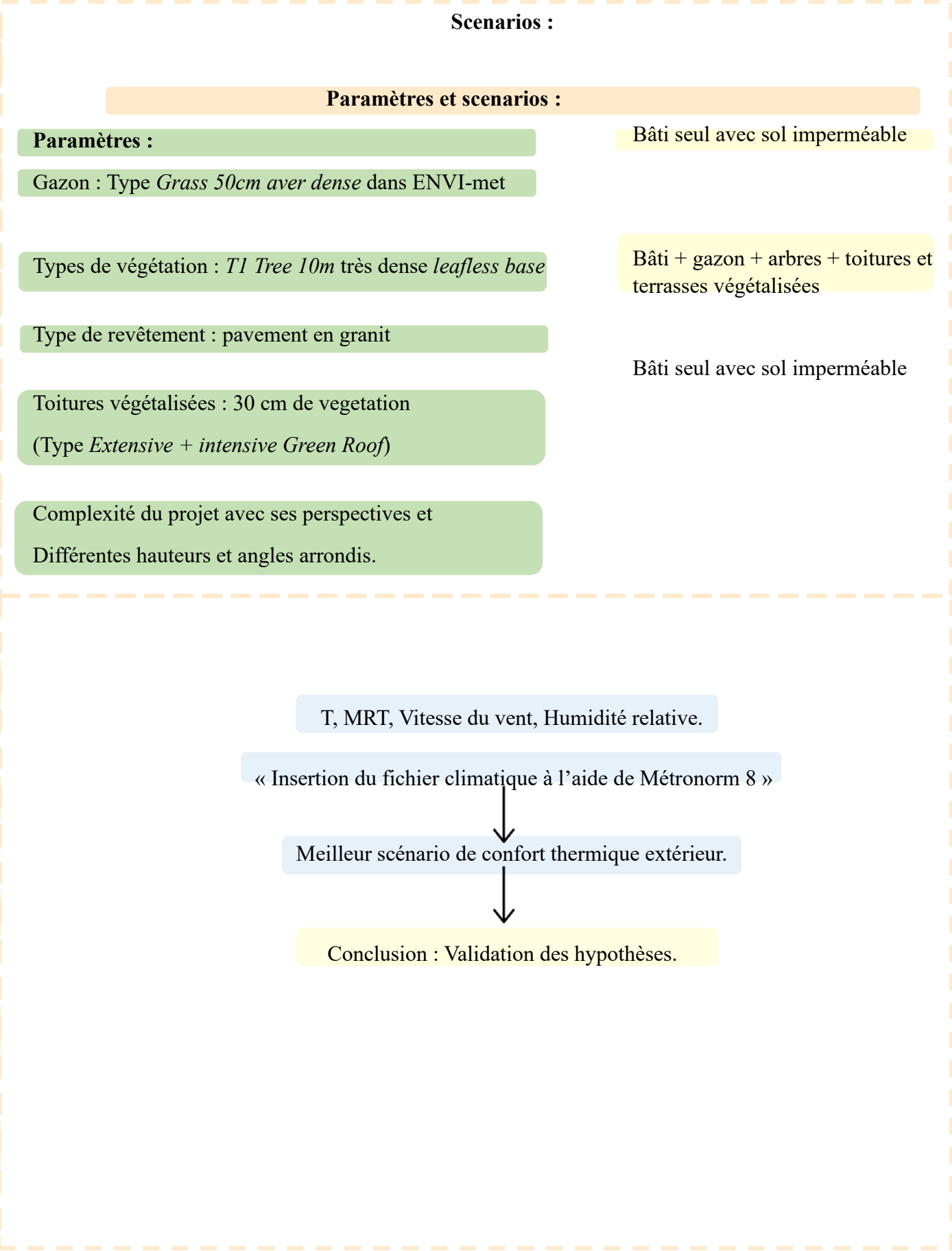


Figure 146: volumétrie du projet, Source : auteur

3.14.3. L'analyse d'ENVI-met pour le confort thermique extérieur :

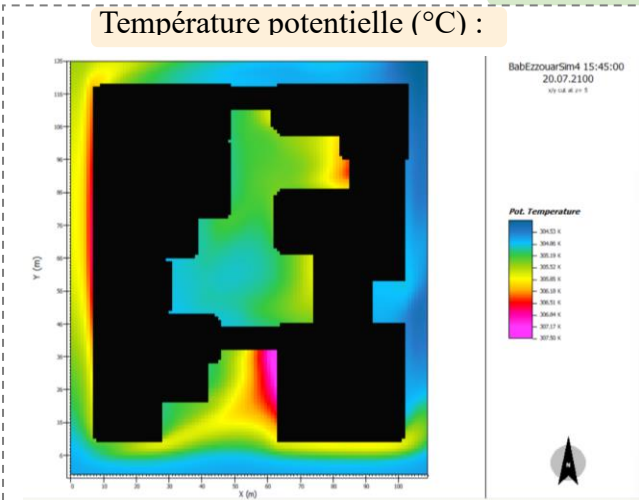
D'après « Meteonorm » le jour le plus chaud de l'année est le 21 juillet ; alors on procèdera à la simulation en ce jour même :

Date de simulation :	21 juillet
Heure de simulation :	15h
Durée de simulation :	1h

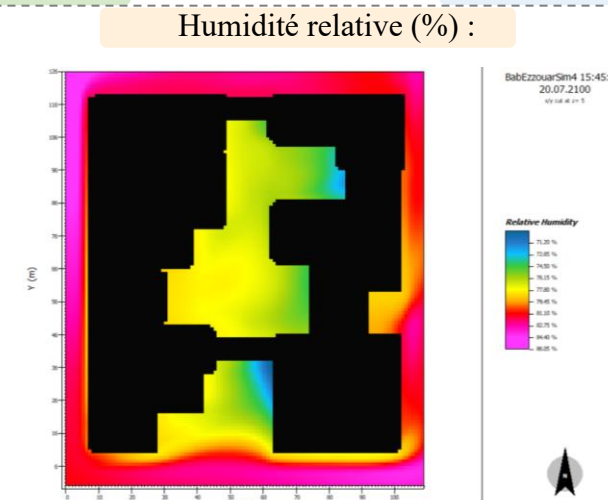
Scenario A : à 1 mètre :

Scenario A : Sans végétation :

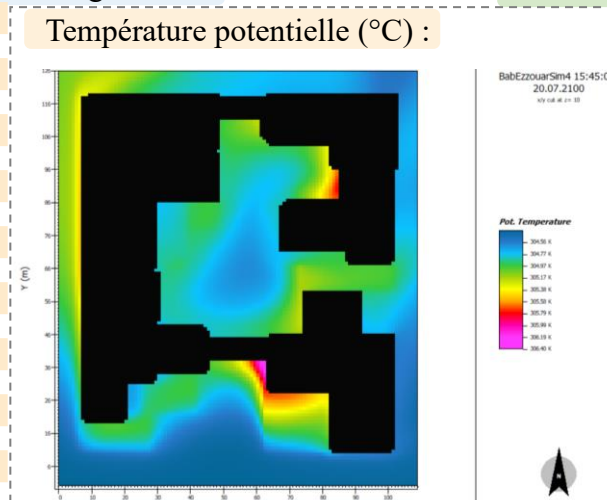
Scenario A : à 6 mètres :



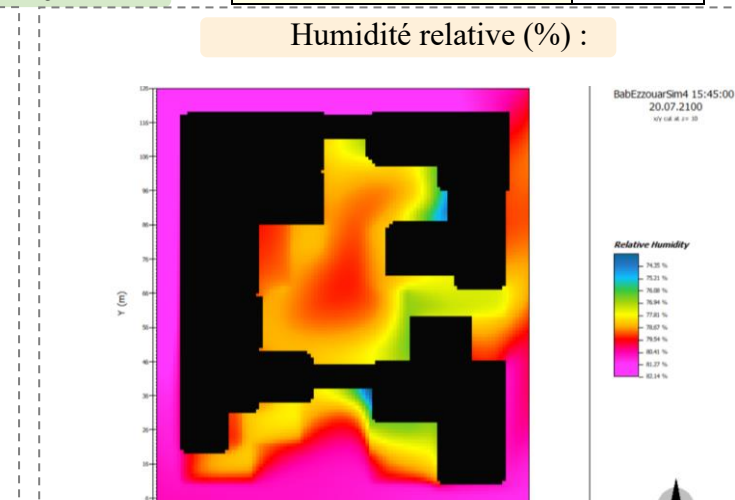
La température potentielle à 1 m varie entre 32.1 °C et 34.0 °C. Les zones les plus exposées au rayonnement solaire, affichent des valeurs élevées proches de 34 °C. Les abords des bâtiments montrent une légère atténuation de la température ; grâce à l'effet de la forme arrondies des angles du projet.



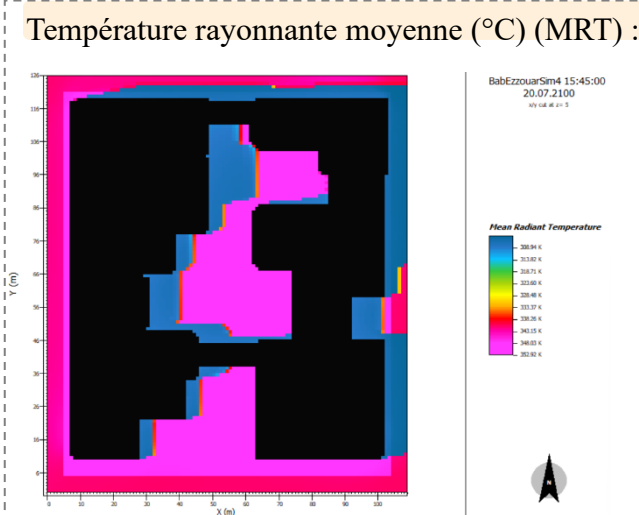
L'humidité relative à 1 m oscille entre 75.17 % et 82.53 %. Elle est plus élevée dans les zones ombragées ou fermées. Cependant, cette humidité élevée peut accentuer l'inconfort thermique lorsqu'elle est combinée à des températures élevées.



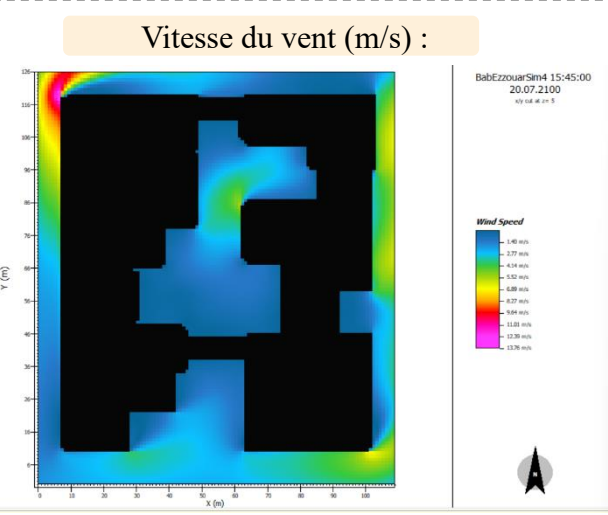
La température potentielle mesurée à 6 m dans le scénario A varie entre 31.4 °C et 33.0 °C. Les zones centrales sont relativement plus fraîches (bleu foncé), tandis que les périphéries sud et sud-est atteignent les valeurs les plus élevées, accentuant l'effet de surchauffe dans les zones exposées au rayonnement solaire direct.



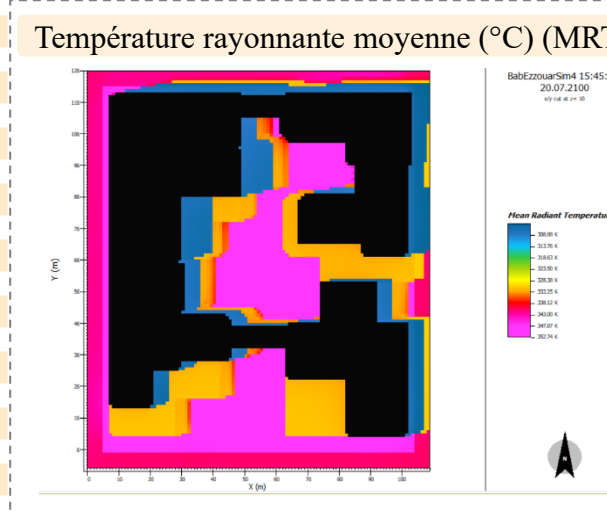
L'humidité relative varie entre 74.35 % et 81.27 %. Le centre du site est modérément humide (76–80 %), tandis que les extrémités sud affichent des pics d'humidité. L'absence de végétation empêche l'évapotranspiration, entraînant une accumulation d'humidité dans les zones peu ventilées.



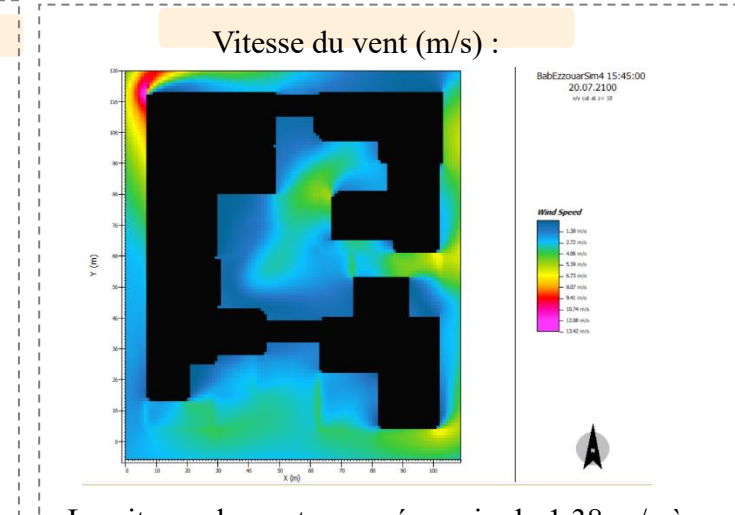
La température rayonnante est très importante, entre 37.3 °C et 76.3 °C. Certaines zones exposées atteignent des pics thermiques extrêmes, illustrant l'effet d'accumulation thermique au niveau du sol urbain, sans protection végétale ni ombrage.



À 1 m de hauteur, la vitesse du vent est comprise entre 1.05 m/s et 3.68 m/s. Elle reste faible dans les zones centrales, ce qui limite le rafraîchissement naturel et accentue l'accumulation de chaleur et d'humidité.



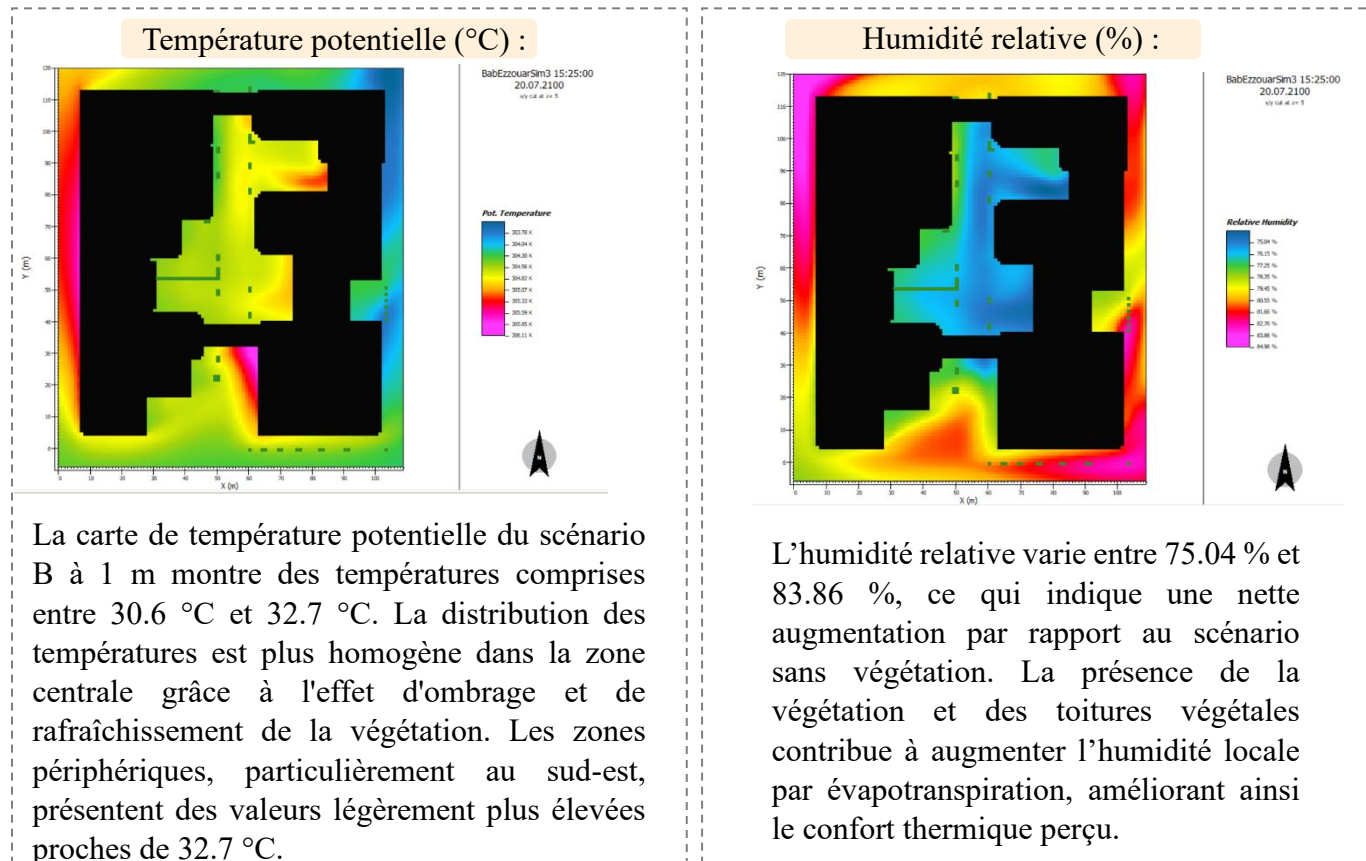
La MRT est extrêmement élevée dans ce scénario, variant de 35.7 °C à 74.7 °C. Les zones centrales et ouvertes dépassent largement les seuils de confort (>60 °C), rendant l'environnement fortement inconfortable à cette hauteur.



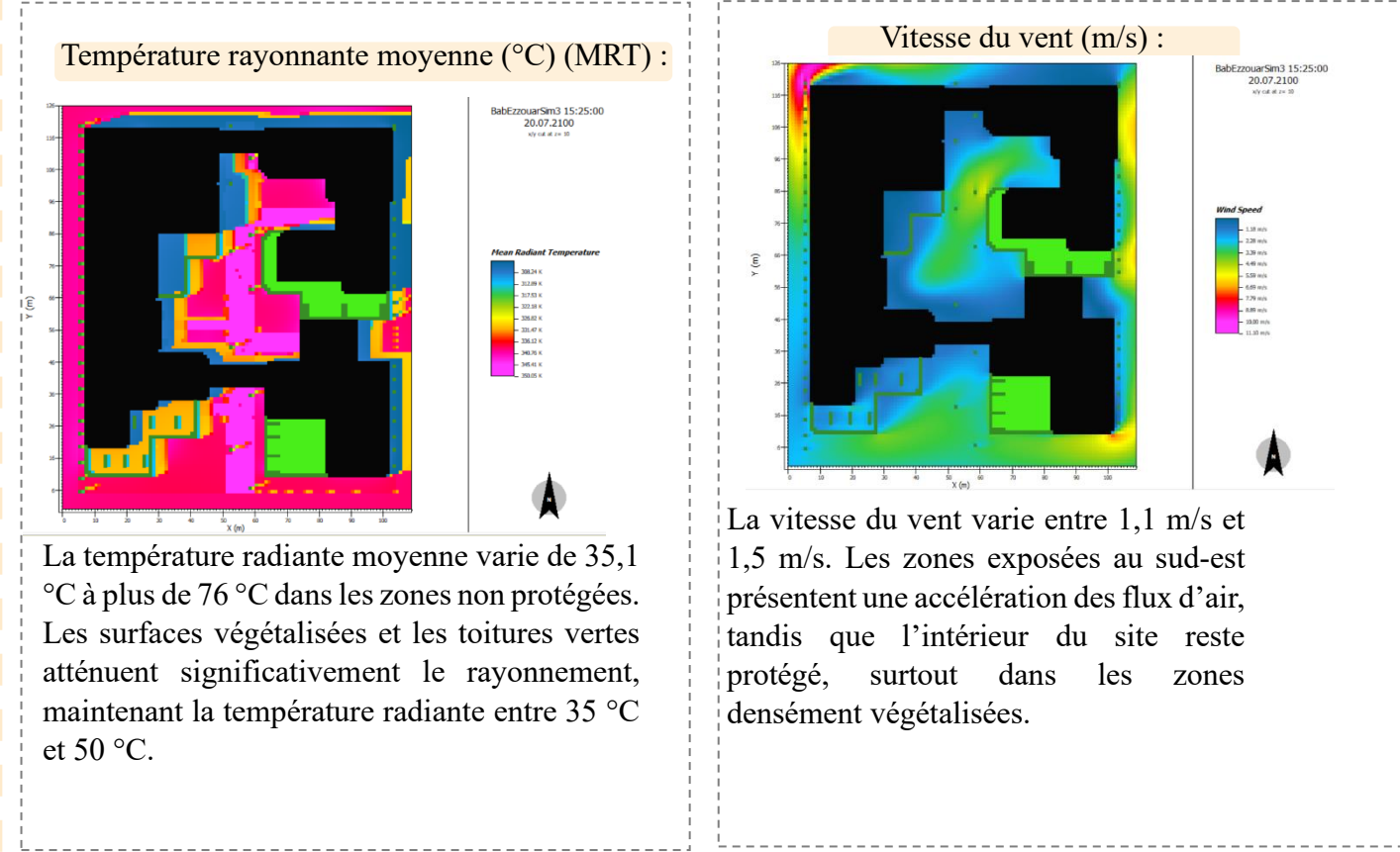
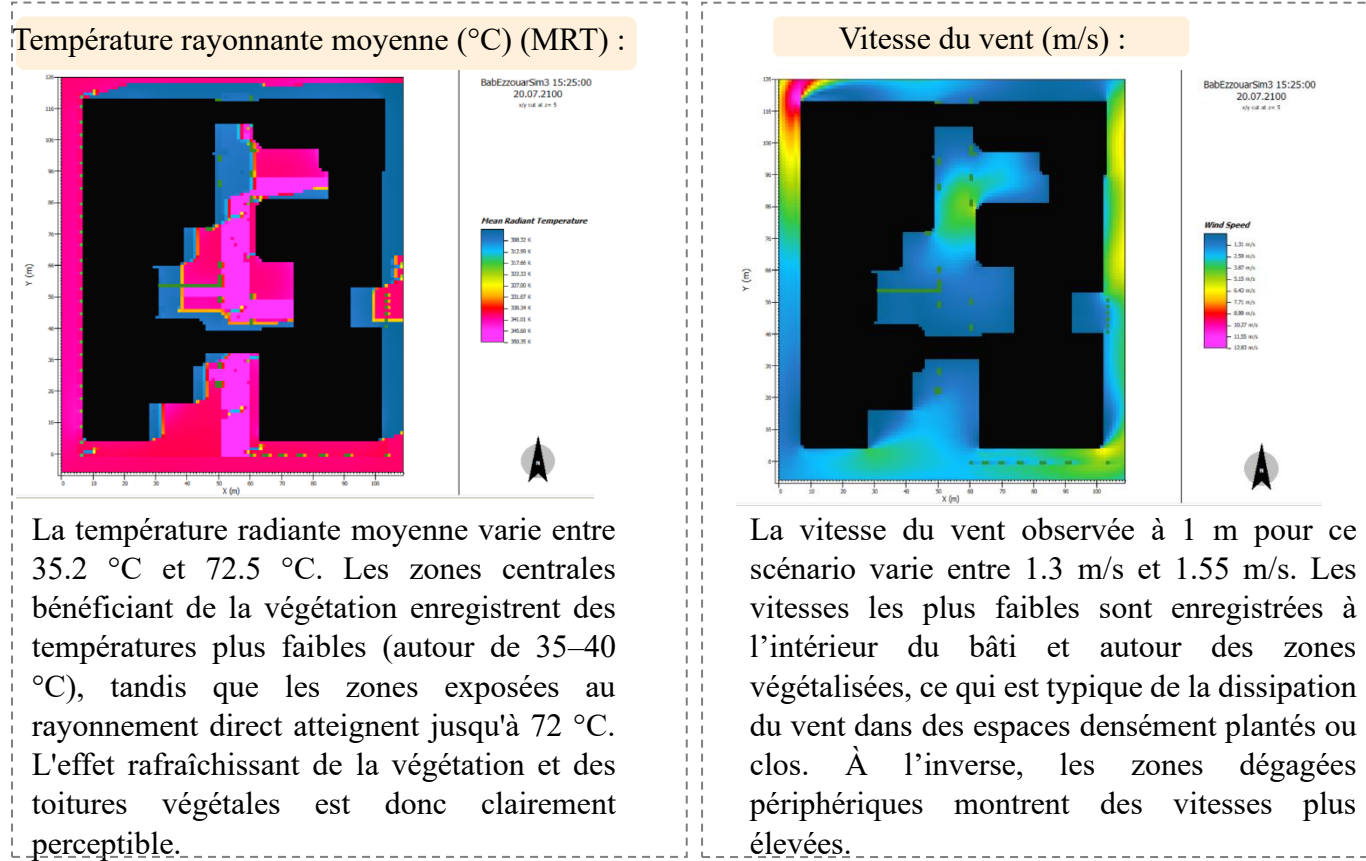
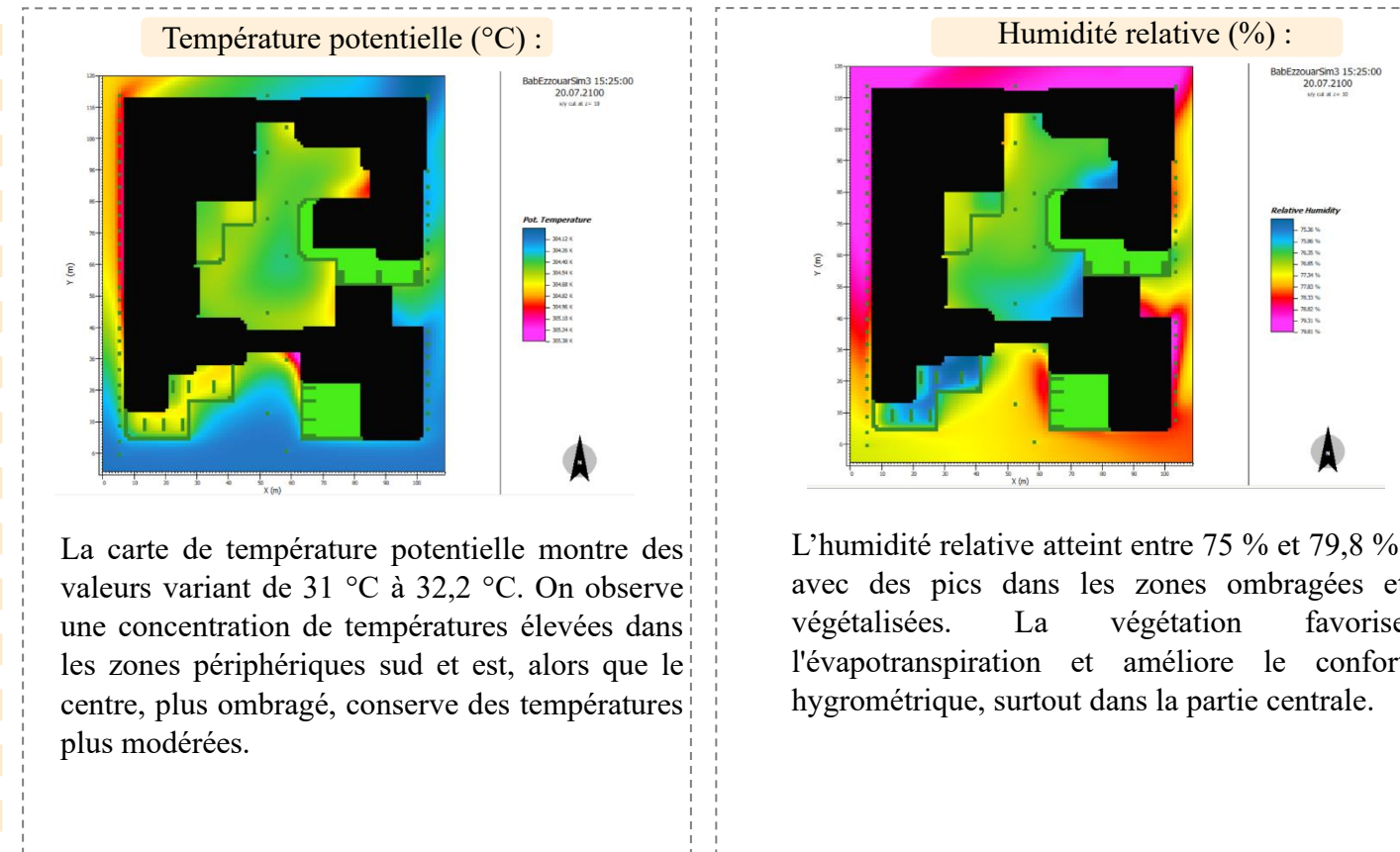
La vitesse du vent mesurée varie de 1.38 m/s à 5.39 m/s. Bien que quelques couloirs facilitent une circulation modérée de l'air, la majorité du site montre une faible ventilation, particulièrement dans les zones denses, ce qui contribue à l'accumulation thermique et à l'augmentation de l'humidité relative.

Scenario B : Avec végétation et toitures végétales) :

Scenario B : à 1 mètre :



Scenario B : à 6 mètres :



CHAPITRE 4 : CONCLUSION GENERALE :

4.1. Conclusion générale :

Dans le cadre de la spécialité « Architecture, Environnement et Technologies », notre recherche s'est attachée à répondre aux enjeux climatiques et urbains du quartier d'affaires de Bab Ezzouar, à Alger. Ce territoire, caractérisé par une urbanisation dense et minérale, souffre d'un déséquilibre microclimatique à cause de l'humidité marquée par des effets d'îlot de chaleur urbain. Nous avons ainsi axé notre réflexion sur des solutions durables et écoresponsables, fondées sur l'introduction de l'architecture végétale.

Nous avons mené une étude croisée entre analyse urbaine, morphologique, et environnementale et une analyse « SWOT », en intégrant des outils de simulation et une approche sensible du terrain. Cette démarche a abouti à la définition du thème de notre projet : un centre d'échanges culturels et d'animation, conçu comme un espace hybride de culture, de détente et de climat urbain réparateur.

Le projet reprend une organisation linéaire, traversée par un parcours central piéton, qui relie quatre entités principales à travers une série de jardins extérieurs à thème et des terrasses suspendues. La forme en gradins aux angles arrondis favorise la ventilation naturelle, l'ombrage, et réduit les surchauffes en milieu urbain. L'absence de parking et l'encouragement à la marche participent d'une logique de ville plus humaine et respirable.

Sur le plan technique, le projet intègre des toitures végétalisées, des façades plantées, des terrasses arborées, ainsi que des matériaux à faible impact environnemental : béton bas carbone, béton à la chaux, bardage à claire-voie, vitrage thermochrome, et granite naturel au sol. Ces choix visent une optimisation du confort hygrothermique tout en réduisant les besoins en énergie.

Les simulations confirment notre hypothèse : l'architecture végétale améliore sensiblement le microclimat local et le confort thermique extérieur. Cela valide l'idée que des stratégies climatiques passives peuvent transformer des milieux urbains denses en espaces plus durables, habitables et inclusifs.

Les résultats obtenus encouragent donc à poursuivre les recherches sur l'architecture végétale comme levier d'adaptation climatique, en particulier dans les zones métropolitaines d'Afrique du Nord, où l'urgence environnementale se conjugue à de fortes dynamiques urbaines.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES :

Références :

Sites web :

- <https://fr.pinterest.com/pin/10414642882416899/>
- <https://gallica.bnf.fr>. Bibliothèque nationale de France
- <https://hal.science/hal-05022475v1>
- <https://maison-monde.com/portes-de-casbah-dalger/>
- <https://merveilledalgerie.centerblog.net/m/3.html>
- <https://online.anyflip.com/vniz/rzyh/files/basic-html/page78.html>
- <https://pin.it/3GOUzQzfT>
- <https://pin.it/5obydMa39> (Consulté le : 28/11/2024)
- <https://www.alamy.com/stock-photo/Casbah.html?sortBy=relevant>
- <https://www.archdaily.com/774237/community-centre-in-billere-bandapar-architecture> (Consulté le : 28/11/2024)
- <https://www.archdaily.com/780576/villa-la-mediterranee-stefano-boeri-architetti>
- <https://www.archdaily.com/935611/the-kings-school-international-college-walters-and-cohen-architects/5e6d66acb357653dd3000250-the-kings-school-international-college-walters-and-cohen-architects-first-floor-plan>
- <https://www.arrowstreet.com/portfolio/king-open-cambridge-upper-street-schools-community-complex/>
- <https://www.grotte-cosquer.com/villa-mediterranee/>
- <https://www.nevers.fr/vivre-a-nevers/environnement>
- Commission européenne. 2024. *Causes du changement climatique*. https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_fr (Consulté le : 04/01/2025). Alger.
- Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables. 2024. *Changements climatiques*. <https://www.me.gov.dz/fr/changements-climatiques/#> (Consulté le : 04/01/2025). Alger.

Livres :

- Earth Pledge Foundation. 2005. *Green Roofs : Ecological Design and Construction*. Atglen, PA : Schiffer Publishing.
- Givoni, B. 1978. *L'homme, l'architecture et le climat*. Paris : Éditions du Moniteur.

- Izard, J. L. 2000. *Architecture d'été : construire pour le confort d'été*. Paris : Éditions du Moniteur.
- Izard, J. L. 2000. *Maîtrise de l'énergie et conception bioclimatique*. Paris : Éditions du Moniteur.
- Merlin, P., & Choay, F. 2013. *Introduction*. In : *Hypothèses*, (1), 11. Paris : Éditions de l'EHESS.
- Rogers, R., & Gumuchdjian, P. 2008. *Des villes durables pour une petite planète*. Paris.
- Scudo, G., Rogora, A. et Dessì, V. 2002. *Évaluation des conditions de rayonnement*. Paris.
- Snodgrass, E. & McIntyre, L. 2010. *The Green Roof Manual : A Professional Guide to Design, Installation, and Maintenance*. Portland, Oregon : Timber Press.
- Van der Ryn, S., & Cowan, S. 1996. *Ecological Design*. Washington, DC : Island Press.
- Weiler, S., & Scholz-Barth, K. 2009. *Green Roof Systèmes : A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure*. Hoboken, NJ : Wiley.

Articles et revues :

- Anissa Mami. 2024. *Le bâti colonial algérien, un patrimoine affirmé ou nié ? Dossier Le patrimoine colonial urbain, une histoire mémorielle (1945-2024)*. <https://journals.openedition.org/rhc/12276>
- Benhadji, L. & Bencherif, M. 2013. *Identification des valeurs architecturales de l'urbanisme colonial : Cas du front de mer de la ville d'Oran*, Journée d'étude sur "Le patrimoine du XXème siècle" à Tlemcen, Algérie. https://www.researchgate.net/publication/366696360_Identification_des_valeurs_architecturales_de_l'urbanisme_colonial_Cas_du_front_de_mer_de_la_ville_d'Oran
- Delabarre, M. 2022. *La réciprocité des savoirs, une entrée opératoire dans le dess(e)in de l'habitabilité des espaces publics contemporains*. *Méditerranée*, 134. Mis en ligne le 20 juillet 2022, consulté le 21 janvier 2025. <http://journals.openedition.org/mediterranee/12879>
- Delabarre, M., & Marry, S. 2012. *Habitabilité et nature urbaines : vers un outil d'évaluation des projets urbains*. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12-2, septembre. Mis en ligne le 09 novembre 2012. Consulté le 24 janvier 2025. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12683>

- Delabarre, M., & Vignal, B. 2023. *Acclimatation : paradigme dominant pour l'activité de projet de landscape urbanism*. Una Éditions. <https://una-editions.fr/acclimatation-paradigme-dominant-pour-lactivite-de-projet-de-landscape-urbanism/>
- Guide d'aménagement des espaces publics. FNAU. 2022. https://www.fnau.org/wp-content/uploads/2022/02/gaep_volet_2_web.pdf
- Hadji, L. 2012. *Méthode d'évaluation de la qualité des espaces publics dans un projet d'aménagement durable à Alger*. *Revue d'économie régionale et urbaine*, n°5, pp. 857–874. <https://shs.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2012-5-page-857?lang=fr>

Thèses et mémoires :

- Abdessemed-Foufa, Amina. *Le manuel de réhabilitation comme outil de conservation dans le cadre du plan permanent de sauvegarde de la Casbah d'Alger*. Département d'Architecture, Université de Blida, Algérie. <https://www.rehabimed.net/wp-content/uploads/2011/02/3.2.ABDESSEMED%20FOUFA%20Amina%20%3D%20Manuel%20de%20r%C3%A9habilitation%20comme%20outil%20de%20conservation%20%C2%A0%20Alger.pdf>
- Abderrazak, A. 2010. *Évaluation de l'efficacité de rafraîchissement passif d'une toiture végétale sous un climat semi-aride*. Mémoire de Magistère, Université de Constantine, Algérie.
- Atik, T. 2011. *Les toitures végétalisées à Alger, pour une contribution à l'amélioration du microclimat urbain méditerranéen*. Mémoire de Magistère, École Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Algérie. https://www.researchgate.net/publication/362569083_Les_toitures_vegetalisees_a_Alger_pour_une_contribution_a_lamelioration_du_microclimat_urbain_Mediterraneen_-_Green_roofs_in_Algers_a_contribution_to_ameliorate_Mediterranean_urban_microclimate
- Ballout, A. 2010. *Le rôle de la végétation et de l'eau dans la création d'un microclimat urbain : cas de la place de Ain El Fouara à Sétif*. Mémoire de Magistère, Université de Sétif, Algérie.

- <https://dspace.univ-constantine3.dz/jspui/bitstream/123456789/710/1/THESE%20DE%20DOCTORAT.pdf>
- Benameur, Amina Hadia. 2010. *Pour une approche de renouvellement urbain : Cas de la ZHUN de Bab Ezzouar*. <https://theses-algerie.comcas> De La Zhun De Bab Ezzouar
 - Benhalilou, K. 2008. *Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrométrique estival du bâtiment*. Mémoire, Architecture, Algérie. https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_6438.pdf
 - Fergani, Radja. 2023. *L'habitat en tant que mode de fabrication de la ville ... Cas de Bab Ezzouar, Alger*. Thèse de doctorat, Urbanisme, Université Constantine 3, Algérie. <https://dspace.univ-constantine3.dz/jspui/handle/123456789/4861>
 - Hadjilah, Asma. 2016. *L'architecture des premières maisons européennes d'Alger, 1830-1865*. École Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger. <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1080&context=artlas>
 - Labreche, S. 2014. *Forme architecturale et confort hygrothermique dans les bâtiments éducatifs, cas des infrastructures d'enseignement supérieur en régions arides*. Mémoire de Magistère, Université de Biskra, Algérie. <https://www.univ-biskra.dz/1761/1/62765.pdf>
 - Mazari, M. 2012. *Étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)*. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie. <http://bucket.theses-algerie.com/files/repositories-dz/1848397554863487.pdf>
 - Mebarka, M. 2012. *L'effet modérateur du végétal sur l'îlot de chaleur, création d'un microclimat urbain*. Mémoire, Université Constantine 3, Algérie. <https://dspace.univ-constantine3.dz/jspui/bitstream/123456789/710/1/THESE%20DE%20DOCTORAT.pdf>
 - Noël, P. 2018. *Évaluation du confort thermique à la suite d'abaissements de la température de consigne des thermostats en mode chauffage à l'aide de données mesurées in situ et de simulations*. Mémoire de maîtrise, École de technologie

supérieure, Montréal, Canada.
http://espace.etsmtl.ca/id/eprint/2117/1/NO%C3%8EL_Pam%C3%A9la.pdf

- Ouadfel, Latifa & Rachedi, Sabrina. 2016. *Centre d'échange culturel et scientifique maghrébin à Alger*. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/10515/1/Ms.Arc.RACHEDI%2B%20OUADFEL.pdf>
- Vinet, J. 2000. *Modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain*. Thèse, École Polytechnique de l'Université de Nantes, France. <https://theses.hal.science/file/index/docid/490049/filename/vinet.pdf>

Cours :

- Dr. Boukarta, S. 2024. Identification du potentiel énergétique du site : La ventilation urbaine. Cours, Département d'Architecture, Institut D'architecture Et D'urbanisme Université Saad Dahleb Blida, Algérie.

Logiciels :

- Autocad 2025
- Climat Consultant 6.0
- D5 Render 2025
- Envi-MET 3.1
- Illustrator 2024
- InDesign 2023
- Métronome 7
- Photoshop 2023
- Revit 2025
- Sketchup 2023

ANNEXES :

Programme quantitatif et qualitatif :

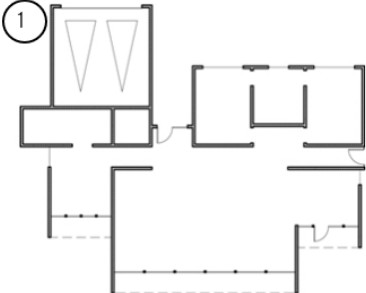
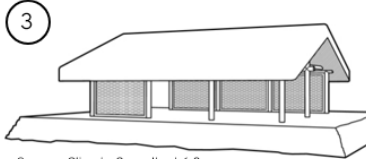
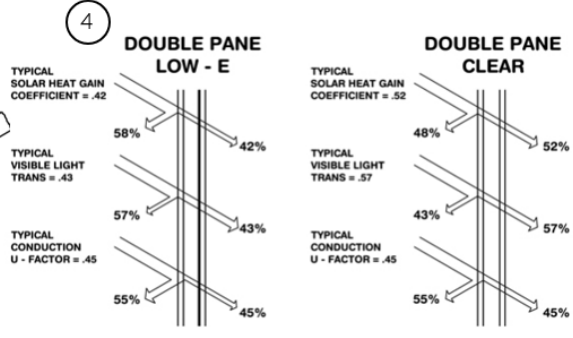
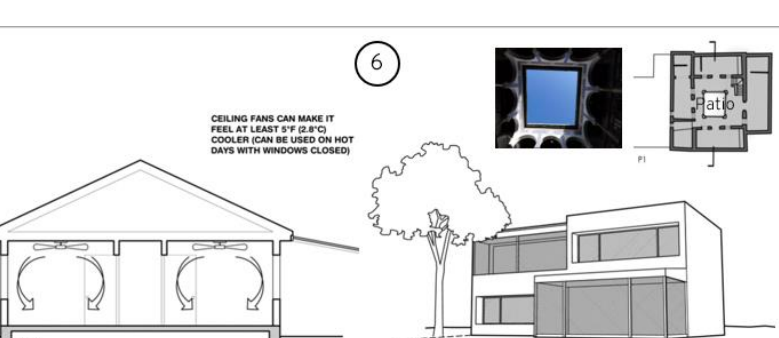
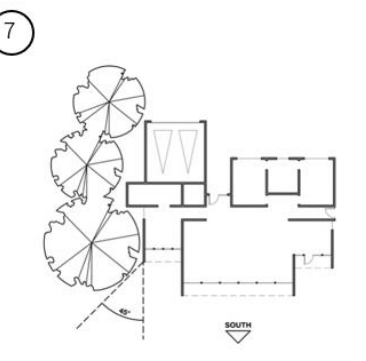
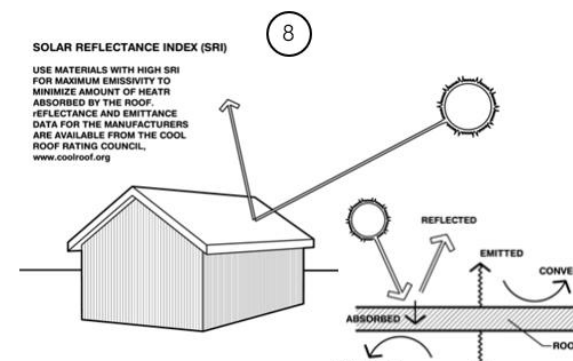
Programme quantitatif et qualitatif :					
Entités :	Espaces :	Surfaces :	Niveau :	Surface totale :	Pourcentage :
Echanges culturels :	Hall d'accueil	140 m²	RDC	1920 m²	34%
	Boutique souvenirs	76 m²			
	Boutique artisanale	87 m²			
	Boutique plantes	29 m²			
	Atelier poterie	51 m²			
	Atelier peinture	51 m²			
	Atelier dessin	64 m²			
	Atelier ceramique	58 m²			
	Atelier bougie	58 m²			
	Atelier cake-design	77 m²			
	Atelier maquette	55 m²			
	Bricothèque	42 m²			
	Espace associatif x2	87 m²			
	Espace montage-démontage	90 m²			
	Salle d'exposition temporaire	272 m²			
	Salle d'exposition permanente	171 m²			
	Stockage des œuvres d'arts	117 m²			
	Espace evenementiel	208 m²			
	Bureau de location	69 m²			
	Photomaten	30 m²			
	Jardin pedagogique d'agriculture	146 m²			
	Atelier photographie	68 m²	R+1	1122 m²	
	Atelier couture	74 m²			
	Atelier creation de bijoux	80 m²			
	Atelier creation BD et manga	77 m²			
	Cafette traditionnel	67 m²			
	Solarium	53 m²			
	Club d'histoire	58 m²			
	Club mathematique	52 m²			
	Club d' ecriture creative	53 m²			
	Club de debat et eloquence	90 m²			
	Club de lecture	88 m²			

	Club d' echecs	45 m²			
	Club de theatre	55 m²			
	Club musique	40 m²			
	Club danse	40 m²			
	Club arts plastiques	55 m²			
	Club d' ecologie et des sciences	45 m²			
	Club de codage-robotique	82 m²			
	Terrasse	335 m²			
	Espace seniors	45 m²			
	Espace jeunes	45 m²			
	Espace parents-enfants	75 m²			
	Salle polyvalente	67 m²			
Coworking space	130 m²	R+2	697 m²	24,7%	
Education :	Gaming store	126 m²	RDC		1540 m²
	Photocopie-tirage et 3D printing	112 m²			
	Librairie	232 m²			
	Magasin de fournitures scolaires et jeux éducatifs	168 m²			
	Hall pédagogique	422 m²			
	Atelier créatif (FabLab) x2	127 m²			
	Laboratoire scientifique x3	87 m²			
	Salle de repos	40 m²			
	Café littéraire	118 m²			
	Jardin de lecture	105 m²			
	Espace d'apprentissage et de formation	168 m²	R+1		1022 m²
	Cabines d'apprentissage individuels	129 m²			
	Studio d'apprentissage audio-visuel	114 m²			
	Espace d'expérimentation écologique	108 m²			
	Auditorium	150 m²			
	Salle d'exposition pédagogique	135 m²			
	Foyer	98 m²			
	Salle d'activités éducatives pour enfants	120 m²			

	Bibliothèque (rayonnage + salle de lecture)	270 m²	R+2	880 m²	
	Documentation-pret	32 m²			
	Salle de conférences	70 m²			
	Club de langues x5	45 m²			
	Salle d'enseignants	28 m²			
	Salle de révision	42 m²			
	Salle informatique (médiathèque)	82 m²			
	Coworking space	129 m²			
	Terrasse pédagogique	80 m²			
	Terrasse écologique	100 m²			
Animation et loisirs :	Hall technologique	277 m²	RDC	1947 m²	16,3 %
	Billetterie	47 m²			
	Arcade	355 m²			
	Salle gaming	102 m²			
	Salle de billard	75 m²			
	Salle karaoke	37 m²			
	Ludothèque	87 m²			
	Salle de jeux d'enfants	87 m²			
	Café theatre	125 m²			
	Theatre en plein air	500 m²			
	Aire de jeux pour enfants	135 m²			
	Jardin workout	170 m²			
	Salle de jeux	100 m²	R+1	860 m²	
	Cinema x2	90 m²			
	Fast food x2	100 m²			
	Restaurant	100 m²			
Resto-terasse	300 m²				
Orientation et administration :	Hall d'accueil	288 m²	RDC (Orientation)	730 m²	9,4%
	Experiance VR	65 m²			
	Salle d'exposition	95 m²			
	Surveillance enfants	104 m²			
	Kiosque	68 m²			
	Foyer prive	108 m²			
	Bureau renseignement	42 m²	R+1 (Administration)	225 m²	
	Bureau d'inscription	45 m²			
	Bureau de location	63 m²			

	Salle de reunion 3	46 m²	R+2 (Administration)	288 m²	
	Bureau telesurveillance	29 m²			
	Salle de coordination	62 m²			
	Bureau de programmation	63 m²			
	Bureau du personnel x2	42 m²			
	Salle d'attente	58 m²			
	Bureau du directeur	36 m²			
	Secretariat	27 m²			
	Bureau du comptable	27 m²	R+3 (Administration)	1140 m²	
	Documentation-pret	68 m²			
	Bureau archiviste	55 m²			
	Bureau gestionnaire	69 m²			
	Coworking space interne	60 m²			
	Espace de formation administrative	70 m²			
	Cafe terrasse x2	210m²-580 m²			
Services annexes :	Sanitaires Femmes	25 m²			RDC-R+3
	Sanitaires Hommes	25 m²			
	Depots/stockage	30 m²			
	Local entretien	10 m²			
	Locaux techniques	25 m²			
	Circulation	12 % de la surface bati			
Totale :	/	/	Niveaux : RDC-R+3	Surface totale : 11000 m²	Pourcentage totale : 100%

Stratégies passives de l'analyse climatique :

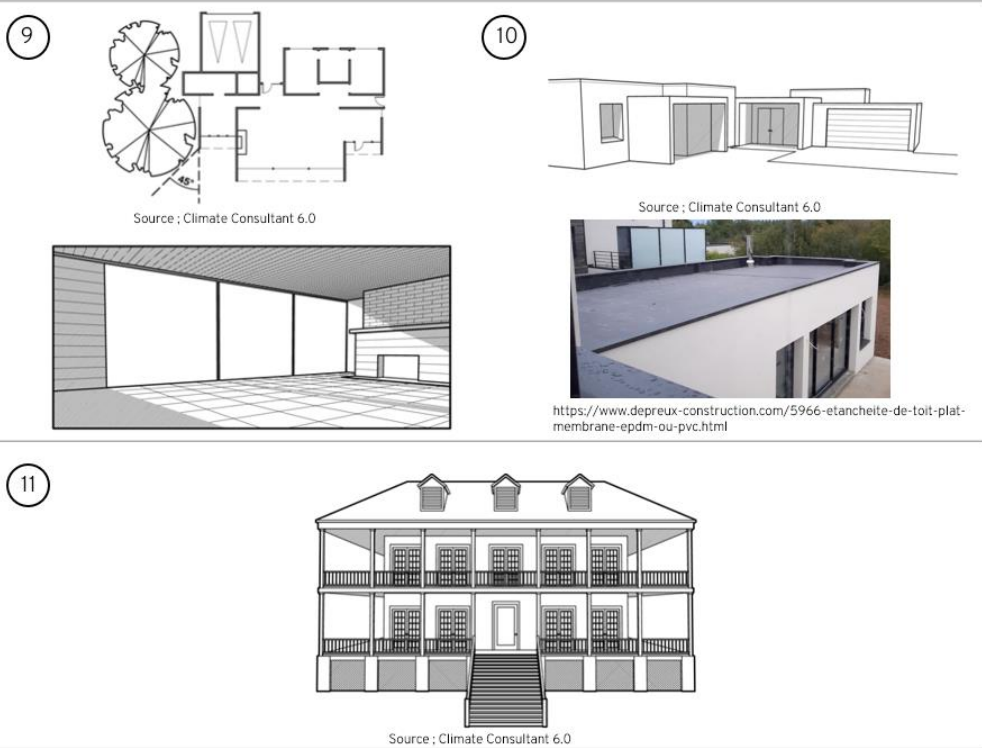
STRATÉGIES PASSIVES :	SCHEMAS :
1-Pour le chauffage solaire passif, on doit orienter les surfaces vitrées vers le sud afin de maximiser l'exposition au soleil en hiver, en concevant des débords de toit pour assurer une ombre complète en été. 2-Un plan de bâtiment long et étroit peut aider à maximiser la ventilation croisée dans les climats tempérés ;chauds et humides.	①  Source ; Climate Consultant 6.0 ②  Source ; Climate Consultant 6.0
3-Les maisons passives traditionnelles dans les climats tempérés utilisaient une construction légère avec une dalle sur sol ;des murs mobiles , ainsi que des espaces extérieurs ombragés. 4-Il est recommandé d'utiliser du double vitrage sur les façades ouest, nord et est, et du verre clair au sud pour maximiser le gain solaire passif.	③  Source ; Climate Consultant 6.0 ④  Source ; Climate Consultant 6.0
5-Les ventilateurs de plafond ou le mouvement de l'air intérieur peuvent donner l'impression qu'il fait plus frais de (2,8 °C) ou plus, réduisant ainsi le besoin de climatisation. 6-Les vérandas et patios peuvent offrir un refroidissement passif en période chaude.	⑤  Source ; Climate Consultant 6.0 ⑥  Source ; Climate Consultant 6.0
7-Il est conseillé d'utiliser des matériaux végétaux (buissons, arbres, murs couverts de lierre), surtout à l'ouest, pour minimiser le gain de chaleur. 8-L'utilisation de matériaux de construction et de toits clairs (avec une haute émissivité) pour minimiser le gain thermique par conduction.	⑦  Source ; Climate Consultant 6.0 ⑧  Source ; Climate Consultant 6.0

ANNEXES :

9-Il est important d'organiser le plan du bâtiment pour que le soleil d'hiver pénètre dans les espaces utilisés durant la journée avec des fonctions spécifiques.

10- Les **toits plats** sont efficaces dans les climats chauds et secs (surtout s'ils sont clairs).

11- Les maisons passives traditionnelles dans les climats chauds et humides utilisaient des **plafonds hauts** et **fenêtres hautes ouvrables** (fenêtres françaises) protégées par de profonds débords et des vérandas.



Les tables de Mahoney :

⁰ T °C	Jan.	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	haut e	TAM Moyenn e annuelle
Max	15,5	15.7	18.4	20.8	24.1	29	32.4	32.7	29.2	26	19.6	16.4	32.7	19.59
min	7.3	7.2	9	11	13.8	17.4	20.5	21.3	19.1	16.2	11.6	8.7	7.2	25.5
⁰ T moy	11	11,2	13.5	15.9	29	23.3	26.5	26.9	23.8	20.6	15.2	12.2	basse	EAT, écart de temp

Mois	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	jui	juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
Humidité moyenne(%)	79,6	76,6	72,5	70,5	69,0	58,2	52,1	50,4	60,2	69,0	75,8	79,5	67,8
Groupe d'humidité	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	dec	Moyenne annuelle
Pluviométrie moyenne (mm)	60.5	56.9	43.6	40.1	30.3	8.9	2.5	6.8	23.8	40.9	64.1	67.8	446.2
Vents dominants	S/O	S/O	O	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	S/O	S/O	S/O	
Vents secondaire	O	O	O	S/O	N	N	N	N	N	N	O	O	

Groupe d'humidité	Humidité relative	AMT over 20 °C AMT 15-20 °C AMT below 15 °C Comfort limits Humidity groups Day Night Day Night Day Night											
Groupe 1	Rh inférieur à 30%	1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21					
Groupe 2	RH entre 30% et 50%	2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20					
		3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19					
Groupe 3	RH entre 50% et 70%	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18					
Groupe 4	RH supérieur à 70%												

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy mens max	15,5	15.7	18.4	20.8	24.1	29	32.4	32.7	29.2	26	19.6	16.4
TCJ max	25	25	25	25	28	28	28	28	28	28	25	25
TCJ min	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	20	20
Moy men min	7.3	7.2	9	11	13.8	17.4	20.5	21.3	19.1	16.2	11.6	8.7
TCJ max	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	20	20
TCJ min	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Jour	F	F	F	/	/	C	C	C	C	/	F	F

ANNEXES :

nuît	F	F	F	F	F	/	F	C	F	F	F	F
Groupe d'humidité	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4

Indicateurs :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
H1 ventilation essentielles													0
H2 ventilation désirable				X									1
H3 protection pluie													0
A1 Inertie thermique					X	X	X	X	X	X			6
A2 dormir dehors													0
A3 prob saison froide	X	X	X								X	X	5

	Stress Thermique	G.H.	EDT	Pluie
H1	C.diurne	4		
	C.diurne	2 - 3	-10°	
H2	/, diurne	4		
H3				+200
A1		1- 2- 3	+10°	
A2	C.nocturne	1- 2		
	C.diurne	1- 2	+10°	
	C.nocturne			
A3	F.diurne			
	F.nocturne			

Recommandations :

						Plan de masse:
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
0	0	0	6	0	5	
			0-10			Bâtiment orienté selon un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil
			11 ou 12		5-12	Plan compacte avec des cours intérieurs
					0-4	

						Espacements entre les bâtiments:
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
0	0	0	6	0	5	
11 ou 12						Grands espacements pour favoriser la pénétration du vent
2-10						Comme ci-dessus mais avec protection contre vent chaud/froid
0 ou 1						Plans compacts

						Circulation d'air:
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
0	0	0	6	0	8	
3 ou 12						Bâtiment à simple orientation. disposition permettant une circulation d'air permanente.
1 ou 2	2-12		0-5			
			6-12			Bâtiment à double orientation permettant une circulation d'air intermittente.
0	0 ou 1					Circulation d'air inutile.

						Position des ouvertures:
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
0	0	0	6	0	5	
3 -12						Ouvertures dans les murs nord et sud, à hauteur d'homme du côté exposé au vent.
1 ou 2	2 -12		0- 5			
			6-12			Comme ci-dessus mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs
0	0 ou 1					

ANNEXES :

Position des ouvertures					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	6	0	5
3 -12					Ouvertures dans les murs nord et sud, à hauteur d'homme du côté exposé au vent.
1 ou 2	2 -12		0- 5		
			6-12		Comme ci-dessus mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs
0	0 ou 1				

Position des ouvertures					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	6	0	5
					0-2
Se protéger de l'ensoleillement direct.					
			2-12		
Prévoir une protection contre la pluie.					

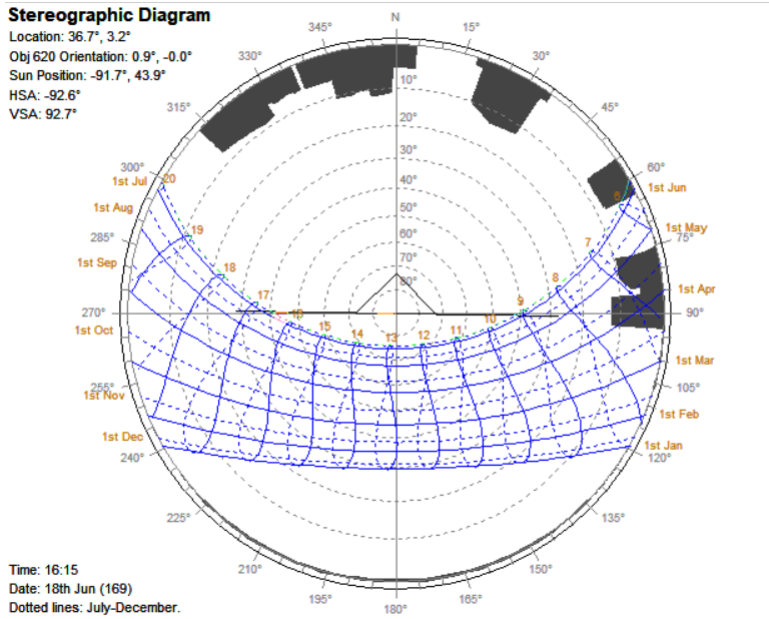
Murs et planchers					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	6	0	5
			0-2		
Constructions légères, faible inertie thermique.					
			3- 12		
Constructions massives, décalage horaires supérieur à 8 heures.					

Toitures					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	6	0	5
10-12			0-2		
Constructions légères, couvertures à revêtement réfléchissant et vide d'air.					
			3- 12		
Légères et bien isolée.					
0- 9			0-5		
			6-12		
Constructions massives, décalage horaires supérieurs à 8 heures.					

Dimensions des ouvertures:					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	6	0	5
			0 ou 1		0
Grandes, 40 à 80% des façades nord et sud.					
					1-12
Moyennes, 25 à 40% de la surface des murs.					
			2- 5		
			6-10		
Intermédiaires, 20 à 35% de la surface des murs.					
			11 ou 12		0-3
Petites, 15 à 25% de la surface des murs.					
					4-12
Moyennes, 25 à 40% de la surface des murs.					

ANALYSE DE DIAGRAMME SOLAIRE :

Le diagramme solaire montre la trajectoire solaire sur le site en fonctions des saisons, il indique les positions du soleil tout au long de l'année avec des lignes continues pour la période de janvier à juin et des lignes pointillées pour juillet à décembre.



Ensoleillement saisonnier :

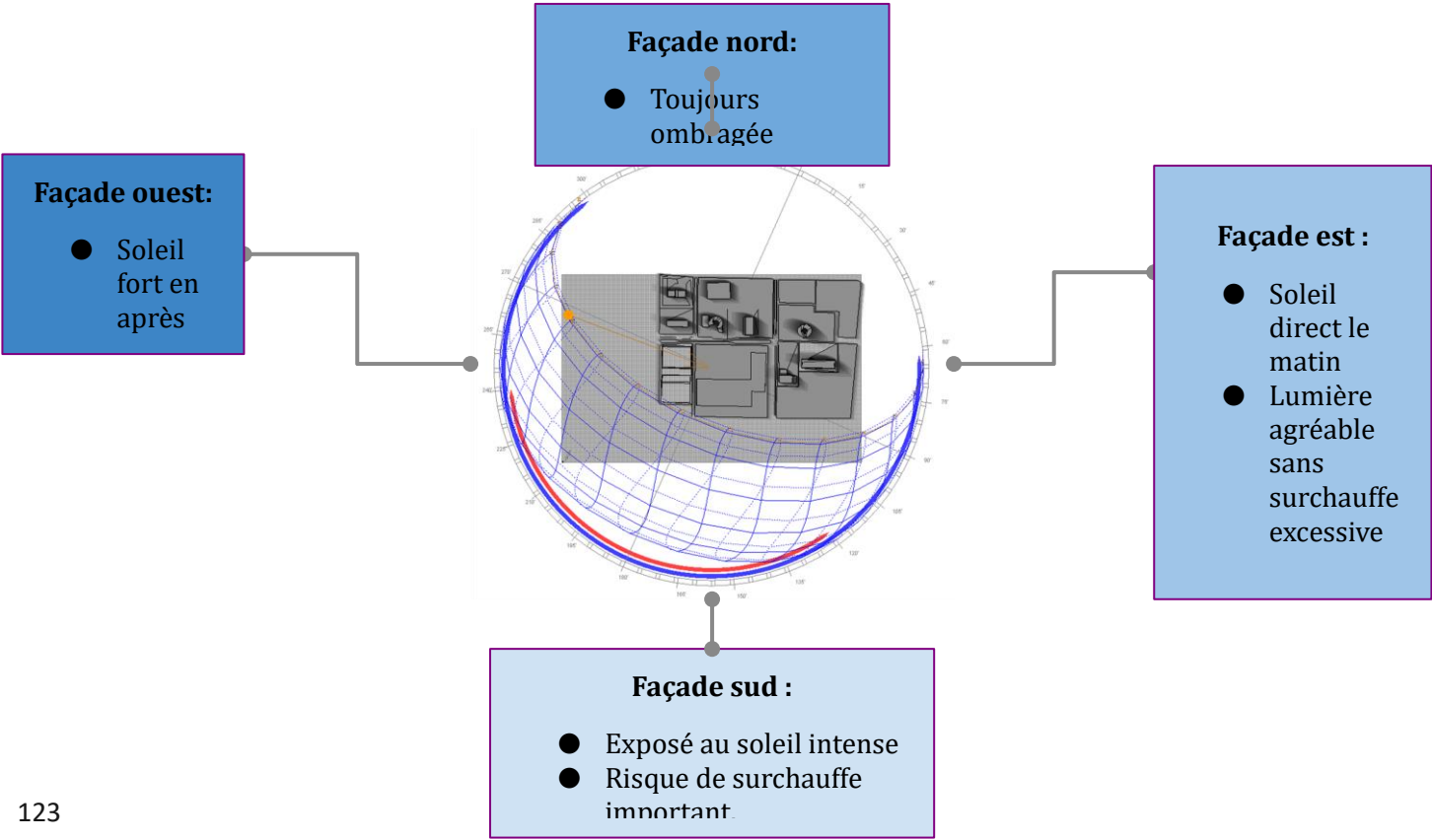
En hiver : le soleil suit une trajectoire basse concentrant la lumière sur la façade sud. Cela signifie que les façades nord resteront dans l'ombre presque toute la journée

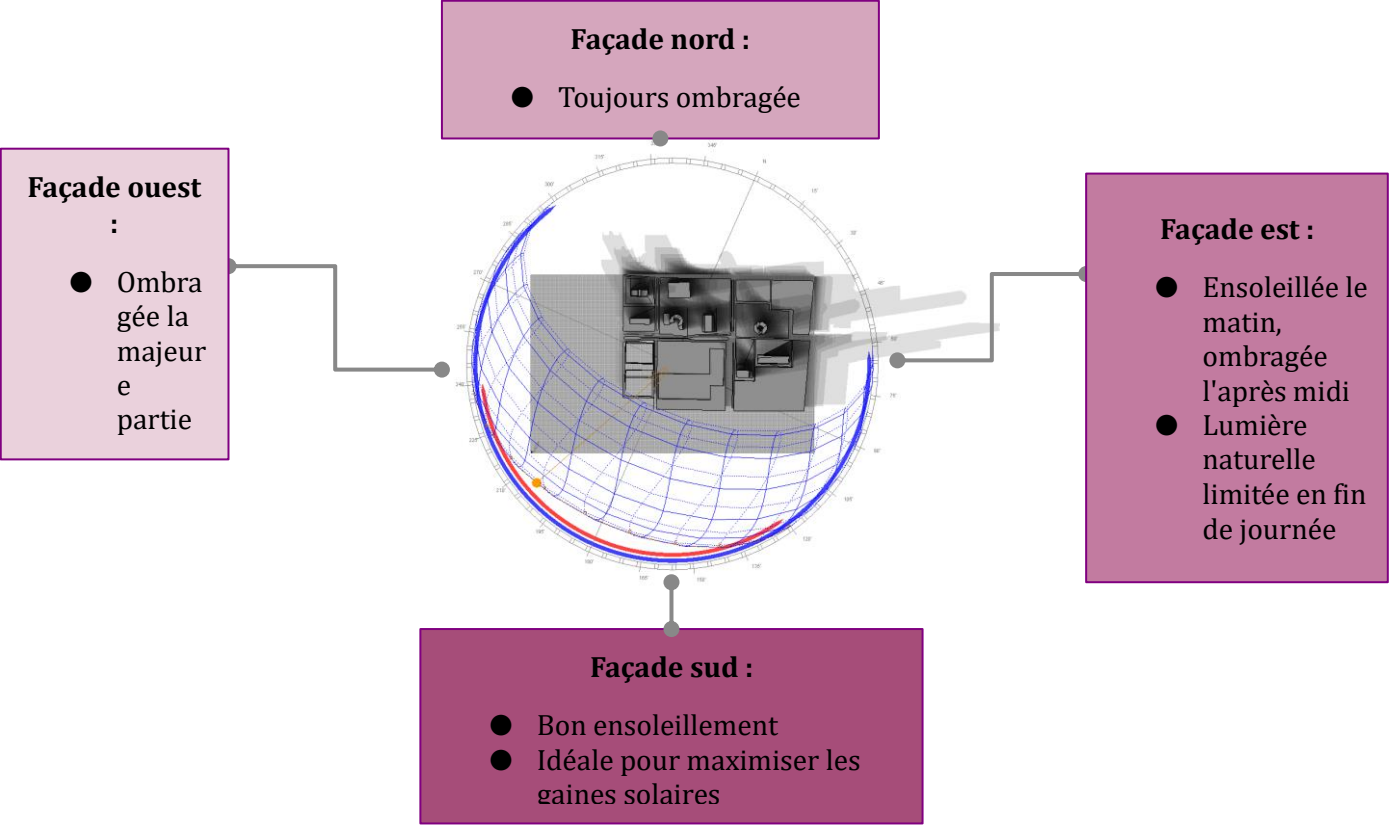
En été : le soleil est haut dans le ciel, apportant une forte exposition aux façades est, sud et ouest avec un risque de surchauffe.

Impact des bâtiments environnants :

Les ombres portées par les bâtiments environnants affectants principalement les orientations nord et est. Ces obstructions peuvent réduire l'ensoleillement en matinée et limiter l'apport lumineux sur certaines façades.

La façade sud reste relativement dégagée, ce qui est un atout pour capter la lumière naturelle en hiver.





ANALYSE DE TABLEAU DES DEGRÉS-JOURS (HDD) ET (CDD) :

	Heated DD	Cold DD
Janvier	297.1	0.0
Février	253.6	0.0
Mars	209.7	0.0
Avril	146.1	0.0
Mai	79.7	1.8
Juin	23.8	14.0
Juillet	2.3	54.2
Août	1.0	56.7
Septembre	15.2	18.4
Octobre	53.8	8.4
Novembre	166.2	0.0
Décembre	257.7	0.0
Total	1506.2	153.5

Analyse des données :

Chauffage (heated DD) : la période d’hiver présente des besoins significatifs en chauffage avec des pics en janvier (297.1 HDD) et février (253.6 HDD), les besoins diminuent progressivement au printemps et sont inexistantes en été.

Climatisation (Cold DD) : Les besoins en climatisation sont concentrés sur la période estivale, avec des valeurs élevées en juillet (54.2 CDD) et août (56.7 CDD), la climatisation est nécessaire principalement en juin, juillet, août et septembre mais relativement faible comparée aux besoins de chauffage.

Il est recommandé de prioriser les besoins du chauffage dans la conception du bâtiment. La climatisation doit être prise en compte pour les mois d’été mais avec des solutions passives pour réduire la consommation énergétique.

Analyse thématique : Recommandations :

Recommandations:

Echelle environnementale	Forme		Enveloppe	Réponse climatique
Concept urbain	concept architectural	concept du programme	Aspect structurel	
1-Privilégier des aménagements facilitant les déplacements à pied, à vélo et l'accès aux transports en commun. 2-Sécuriser les accès piétons aux parties communes et privées. 3-Les cheminements piétonniers doivent être clairement délimités et sans changement brusque dans le niveau du sol. 4-Prévoir des rampes avec des pentes douces pour les PMR (ne doit pas dépasser 5%). 5-Prévoir des zones de déposes Pour les véhicules de livraison ; camions... 6-Lutter contre l'îlot de chaleur urbain par un aménagement urbain adéquat	1-respecter les règles de l'urbanisme tout en répondant à la demande de diversité et de flexibilité des espaces dans un quartier d'affaires. 2-Créer un espace central autour duquel s'articulent les différents espaces, favorisant les rencontres et les échanges. 4-Proposer des espaces de détente, d'apprentissage et de jeu en plein air. 5-Volumes à échelle réduite traversé par des allées ; places...pour une humanisation afin de répondre à notre stratégie globale. 6-Façades variées et texture dynamique et intégration dans l'environnement immédiat.	1-Adopter une approche polyvalente avec des espaces multifonctionnels, transformables selon les besoins. FONCTIONS MÈRES (ENTITÉS): L'échang (35%) Animation et détente (30%) Education (20%) Administration et services (15%) 2- Aménager des espaces ouverts ou des circulations vitrées pour créer des liens visuels entre les différents espaces. 3.Créer un environnement dynamique en favorisant l'interaction entre les usagers grâce à des espaces de loisirs accessibles toute la journée. 4-Prévoir environ 20% de la surface du projet pour la circulation intérieure 5-Utilisation de l'espace public comme élément central : Intègre des espaces publics vivants et interactifs, comme des jardins, ou des aire jeu, au cœur du projet, pour favoriser les interactions sociales pour les visiteurs du quartier d'affaires.	1-Utiliser du béton brut pour optimiser les coûts tout en garantissant durabilité temporelle et résistance pour la structure des espace à surface réduite, et envisager des matériaux locaux comme la pierre et les blocs de terre cuite, écologiques et adaptés aux conditions climatiques, pour les éléments extérieurs et structurels. 2-Opter pour une structure légère et modulable avec des panneaux préfabriqués, offrant flexibilité pour l'aménagement des espaces intérieurs. 3-Utiliser une structure en acier ou en métal léger pour créer de grands espaces ouverts sans colonnes internes, maximisant ainsi l'espace utile et offrant une meilleure résistance aux séismes.	Actives: 1- Intégrer de l'aménagement extérieur et des toitures végétalisées et des isolants naturels pour répondre aux enjeux environnementaux, réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain et favoriser la gestion des eaux pluviales. 2-Utiliser des panneaux photovoltaïques légers et économiques, faciles à installer et adaptables à la façade ou la toiture, pour produire de l'électricité propre et renouvelable. 3- Mettre en place un système de récupération des eaux pluviales pour réduire la consommation d'eau potable Passives: 1-Concevoir des ouvertures stratégiquement placées pour favoriser la ventilation naturelle. 2.Améliorer l'isolation des murs, toits et planchers. 3-Intégrer des bassins d'eau ou des fontaines.

Conclusion de l’analyse thématique :

Les trois projets qu’on a analyser dans ce travail mettent en lumière des approches contemporaines de l'architecture qui privilégient la durabilité, la connectivité avec l’environnement, et la création d'espaces sociaux inclusifs :

La Villa Méditerranée, créa une relation harmonieuse entre l'architecture et le paysage, à durabilité environnementale et mobilité douce.

Le Centre Communautaire de Billère, avec ces matériaux locaux et une adaptation au climat pour créer des liens communautaires.

Le King Open/Cambridge Community Complex est flexible avec des espaces éducatifs et communautaires, et aussi espaces verts permet une utilisation partagée et dynamique.

En somme, ces trois projets architecturaux incarnent des réponses durables et humanistes pour favoriser la cohésion sociale, protéger l'environnement, et répondre aux besoins collectifs.

Genèse :



Dossier graphique :

- Plans (RDC, R+1, R+2, R+3)
- Coupe A-A
- Façades
- Plan de masse
- Rendus