



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

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA -01-
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
Département d'architecture

Mémoire de Master 2 en Architecture.

Thème de l'atelier : Environnement, technologie et architecture

**Confort thermique et stratégie de ventilation naturelle dans les espaces
de bureaux**

P.F.E : Conception d'un centre multifonctionnel à Bab Ezzouar

Présenté par :

M^{lle} GHERABLI Meriem, 202032052623.

M^{lle} KAZI AOUAL Nada Rayane, 191932035501

Encadré par :

Dr. BOUKARTA Sofiane

Dr. ATTIK TAREK.

Membres du jury :

Dr. BEHIRI Abdelkader.

Mr. TIBERMACHINE Islam.

Année universitaire :2024/2025

Remerciement

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à toutes les personnes et institutions qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Nos remerciements les plus sincères vont tout d'abord à nos encadreurs, Monsieur Boukarta Sofiane et Monsieur Attik Tarek, pour leur disponibilité, leurs conseils éclairés et leur accompagnement constant. Leur rigueur scientifique et leur expertise en architecture ont été d'un apport inestimable à la concrétisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants et au personnel du Département d'Architecture et d'Urbanisme, dont les enseignements, l'accompagnement pédagogique et le dévouement tout au long de notre parcours universitaire ont été une véritable source d'enrichissement et de motivation.

Nous tenons également à remercier chaleureusement le bureau d'étude qui nous a accueillis en stage et nous a permis de vivre une expérience professionnelle formatrice au sein de son équipe.

Nos pensées reconnaissantes vont aussi à nos amis et camarades de promotion, pour leur soutien, leur solidarité et les échanges enrichissants partagés tout au long de cette aventure académique.

Enfin, nous adressons notre profonde gratitude à nos familles et à nos proches, pour leur soutien indéfectible, leur patience et leur présence bienveillante, qui ont été des piliers précieux dans les moments de doute comme dans ceux de réussite.

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. C'est par Sa volonté que chaque étape de ce parcours a pu être franchie, malgré les doutes et les difficultés. À mes chers parents, je dédie ce mémoire avec tout mon amour et ma reconnaissance. Merci pour votre soutien inconditionnel, vos sacrifices silencieux, votre patience infinie et votre foi en moi, même dans les moments où moi-même je doutais. Vous êtes la source de ma motivation et les piliers de ma réussite. À mes frères, pour leur présence rassurante, leurs encouragements simples mais sincères, et leur manière unique de m'apporter du réconfort sans même avoir à parler. À mes amies Meriem, Aya , Cerine et Aryam pour votre soutien indéfectible, votre écoute attentive, vos conseils, votre tendresse et tous les moments partagés qui ont adouci les jours difficiles. Vous avez été une lumière dans cette aventure parfois éprouvante. À mes professeurs d'atelier, que je remercie du fond du cœur pour leur accompagnement, leur rigueur, leur regard critique mais toujours constructif, et leur passion pour l'architecture qu'ils ont su transmettre avec justesse. Votre implication a grandement nourri ma réflexion et m'a poussée à aller au-delà de mes limites. Enfin, à moi-même. Pour avoir tenu bon malgré les nuits blanches, les incertitudes, les remises en question. Pour chaque pas franchi avec détermination, pour chaque effort silencieux, pour avoir continué à avancer même lorsque le chemin semblait flou. Ce mémoire est le fruit d'un long voyage, riche en apprentissages, que je dédie à toutes celles et ceux qui ont cru en moi.

Kazi Aoual Nada Rayane

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu, Le Tout-Puissant, pour m'avoir guidée tout au long de ce parcours, pour la force, la patience et la persévérance qu'Il m'a accordées. Sans Sa volonté, rien n'aurait été possible.

Je dédie ce mémoire :

À mes chers parents, pour leur amour infini, leurs sacrifices et leur soutien constant. Votre confiance en moi m'a portée jusqu'ici.

À mes sœurs bien-aimées, Sarah, Fatima et Hadjer, et ma cousine Assia pour leur affection, leur soutien et leur présence rassurante à chaque étape.

À ma copine Amira, pour son amitié sincère, son encouragement et sa bienveillance.

À toutes mes amies, pour leur présence, leur écoute et leur soutien tout au long de cette aventure.

À mes camarades Rayane, Cerine, Aya et Aryam, pour les souvenirs partagés, l'entraide et les bons moments vécus ensemble.

À mes professeurs, pour la qualité de leur enseignement, leur dévouement et leurs conseils éclairés.

Et enfin, à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail : je vous adresse ma plus profonde gratitude.

Gherabli Meriem

Résumé

Les villes aujourd'hui sont considérées comme premier responsable de l'accélération du phénomène du changement climatique en consommant plus des trois quarts de l'énergie fossile. Le présent mémoire interroge l'implication des bâtiments dans la problématique générale de lutte contre le changement climatique en s'appuyant sur la ville de Bab Ezzouar comme terrain de réflexion.

Pour comprendre la dynamique urbaine qui sous-tend la ville de Bab Ezzouar, on s'est appuyée sur une approche triptyque combinant une analyse urbaine croisant l'analyse typomorphologique pour explorer la formation-transformations de la ville en s'appuyant sur la logique du tissu ; et une analyse sensorielle nous permettant d'identifier l'image urbaine de la ville ainsi que la perception des usagers de la ville et pour saisir la stratégie urbaine vers laquelle la ville de Bab Ezzouar devrait s'orienter, on a appliqué l'analyse SWOT. Cette approche nous a permis de saisir la problématique urbaine et d'identifier la stratégie urbaine que les actions singulières telle que la conception d'un projet architectural et la programmation urbaine devraient suivre. Dans ce cadre , nous avons identifié la stratégie urbaine dont l'objectif est l'amélioration de la qualité urbaine et l'humanisation de l'espace public.

Parmi les projets identifiés par la programmation urbaine, nous avons choisi de concevoir un centre multifonctionnel. Pour ce faire, une analyse du site, thématique, climatique et une revue de la littérature scientifique nous a permis d'identifier les exigences spatiales et fonctionnelles ainsi que les principes à suivre pour concevoir le projet. Aussi, et pour répondre aux exigences du confort, nous avons identifié dans un premier temps le secteur du chauffage comme étant le plus significatif dans les espaces de bureau. Ceci, nous a permis d'orienter notre projet vers les stratégies passives portant sur le confort d'hiver et nous avons choisi de tester la façade double peau comme solution permettant d'améliorer le confort thermique et la ventilation naturelle dans les espaces bureau. En s'appuyant sur une campagne de simulation thermique dynamique, plusieurs solutions de façades double-peau ont été testé et nous sommes arrivées à une amélioration potentielle de près de 19% en termes de consommation d'énergie.

Enfin, le présent mémoire, s'appuie sur une démarche multiscalaire alliant à la fois les exigences urbaines, architecturales sans perdre de vue le rôle que pourrait jouer les stratégies

passives et en l'occurrence, la façade double peau dans l'amélioration du confort thermique et réduire les émissions de gaz à effet de serre qui en découle.

Mots clés : Bab Ezzouar, confort thermique, façade double peau, stratégies passives, centre multifonctionnel.

Abstract

Cities today are considered to be primarily responsible for accelerating climate change, consuming more than three-quarters of fossil fuels. This thesis examines the role of buildings in the broader issue of combating climate change, using the city of Bab Ezzouar as a case study.

To understand the urban dynamics underlying the city of Bab Ezzouar, we used a three-pronged approach combining urban analysis with typomorphological analysis to explore the formation and transformation of the city based on the logic of the fabric; and a sensory analysis enabling us to identify the urban image of the city and the perception of its users. To understand the urban strategy that the city of Bab Ezzouar should pursue, we applied SWOT analysis. This approach enabled us to understand the urban issues and identify the urban strategy that specific actions, such as the design of an architectural project and urban planning, should follow. At this stage of the project, we have identified an urban strategy aimed at improving urban quality and humanising public spaces.

Among the projects identified by urban planning, we chose to design a multifunctional centre. To do this, a site analysis, thematic analysis, climate analysis and review of scientific literature enabled us to identify the spatial and functional requirements as well as the principles to be followed in designing the project. In addition, and in order to meet comfort requirements, we first identified heating as the most significant factor in office spaces. This allowed us to focus our project on passive strategies for winter comfort, and we chose to test a double-skin façade as a solution to improve thermal comfort and natural ventilation in office spaces. Based on a dynamic thermal simulation campaign, several double-skin façade solutions were tested, and we achieved a potential improvement of nearly 19% in terms of energy consumption.

Finally, this thesis is based on a multi-scale approach that combines urban and architectural

requirements without losing sight of the role that passive strategies, and in this case the double-skin façade, could play in improving thermal comfort and reducing the resulting greenhouse gas emissions.

Mots clés : Bab Ezzouar, confort thermique, façade double peau, stratégies passives, centre multifonctionnel.

ملخص

تعتبر المدن اليوم المسؤولة الأولى عن تسارع ظاهرة تغير المناخ، حيث تستهلك أكثر من ثلاثة أرباع الطاقة الأحفورية. يتناول هذا البحث دور المباني في القضية العامة لمكافحة تغير المناخ، مستنداً إلى مدينة باب زوار كحقل للتفكير.

لفهم الديناميكية الحضرية التي تكمن وراء مدينة باب زوار، اعتمدنا على نهج ثلاثي يجمع بين التحليل الحضري والتحليل النمطي المورفولوجي لاستكشاف تشكل المدينة وتحولاتها بالاعتماد على منطق النسيج؛ وتحليل حسي يسمح لنا بتحديد الصورة الحضرية للمدينة وكذلك تصور مستخدمي المدينة، ولفهم الاستراتيجية الحضرية التي يجب أن نتجه

لسمح لنا هذا النهج بفهم المشكلة سووت، و قد سمح إلينا مدينة باب زوار أن نتجه إليها مدينة باب ، فمننا بتطبيق تحليل لنا هذا النهج بفهم المشكلة الحضرية وتحديد الاستراتيجية الحضرية التي يجب أن تتبعها الإجراءات الفردية مثل تصميم مشروع معماري والبرمجة الحضرية. في هذه المرحلة من المشروع، حددنا الاستراتيجية الحضرية التي تهدف إلى تحسين الجودة الحضرية وإضفاء الطابع الإنساني على الفضاء العام.

من بين المشاريع التي حددتها البرمجة الحضرية، اخترنا تصميم مركز متعدد الوظائف. وللقيام بذلك، سمح لنا تحليل الموقع والموضوع والمناخ ومراجعة الأدبيات العلمية بتحديد المتطلبات المكانية والوظيفية وكذلك المبادئ التي يجب اتباعها لتصميم المشروع. كما أننا، ولتلبية متطلبات الراحة، حددنا في البداية قطاع التدفئة باعتباره الأكثر أهمية في المساحات المكتبية. وقد سمح لنا ذلك بتوجيه مشروعنا نحو الاستراتيجيات السلبية المتعلقة بالراحة في فصل الشتاء، واخترنا اختبار الواجهة المزدوجة كحل لتحسين الراحة الحرارية والتهوية الطبيعية في المساحات المكتبية. بالاعتماد على حملة محاكاة حرارية ديناميكية، تم اختبار عدة حلول للواجهات المزدوجة، وتوصلنا إلى تحسن محتمل بنسبة 19٪ تقريباً من حيث استهلاك الطاقة.

أخيراً، تستند هذه الأطروحة إلى نهج متعدد المستويات يجمع بين المتطلبات الحضرية والمعمارية دون إغفال الدور الذي يمكن أن تلعبه الاستراتيجيات السلبية، وفي هذه الحالة، الواجهة المزدوجة في تحسين الراحة الحرارية وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عنها.

الكلمات المفتاحية: باب زوار، الراحة الحرارية، الواجهة المزدوجة، الاستراتيجيات السلبية، المركز متعدد الوظائف.

Liste des figures

Figure 1: structure du mémoire	9
Figure 2: Les facteurs affectant le confort thermique. Source : Auteurs	14
Figure 3: échelle de l'isolation des vêtements. Source : : Rijal, H. B et al., 2019.....	16
Figure 4: Indice PMV – PPD de confort thermique. Source : beswic.fr.....	17
Figure 5: capteur de température Source : omega.fr.....	17
Figure 6: caméra thermique	18
Figure 7: diagramme bioclimatique du bâtiment. Source : envirobeite.net.....	18
Figure 8: diagramme d'Olgay	19
Figure 10: Implantation du bâtiment. Source : construction21.org	20
Figure 11 : coefficient du forme hikienguyen.wordpress.com	Source : 21
Figure 12: orientation du bâtiment gradhermetic.com	Source : 21
Figure 13: isolation des murs par l'intérieur et l'extérieur. Source : auteurs 2025.....	22
Figure 14: Pourcentage de dépenses énergétiques. Source : auteurs.....	24
Figure 15: la ventilation naturelle. Source : atelier-nova.ch	25
Figure 16 : la ventilation mono exposé. Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015	26
Figure 17: ouverture unique en façade source : eolios.fr	26
Figure 18: deux ouvertures en façade source : eolios.fr.....	26
Figure 19: la ventilation transversale. Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015	27
Figure 20: ventilation naturelle par cheminée thermique	27
Figure 21: ventilation naturelle par atrium.....	27
Figure 22: ventilation naturelle par double peau.....	27
Figure 23: le bâtiment Basler Versicherung	31
Figure 24: l'immeuble de bureaux Rijkswaterstaat. Source : portal.tee.gr.....	31
Figure 25: bâtiment administratif à Tizi Ouzou Source : Yahiaoui Ahlam 2019	32
Figure 26: schéma de la façade double peau. Source : VKF 2017	33
Figure 27: façade double peau.....	33
Figure 28: façade double peau.....	33
Figure 29: configuration de la cavité d'air (a) Box, (b) Shaft-box, (c) Corridor, (d) Multi-étages. Source : Safaa Lahayrech et al 2022	35
Figure 30: facade double peau avec espace de stockage thermique au-dessus de la cavité. Source : Ding et al., 2005).....	38
Figure 31: performonace de la façade double peau en fonction des caractéristiques du vitrage Source : Perez-grande et al 2005.....	39
Figure 32: Variations du dispositif d'ombrage (a) position proposée par Gratia et De Herde (2007b) et (b) angle évalué par Ji et al. (2007)	40
Figure 33: schéma illustrant la définition d'un centre d'affaire Source : auteurs 2025	44
Figure 34: carte d'Alger. Source : redbubble.com	52
Figure 35: carte d'Alger	52
Figure 36: Source : freepik.com.....	52
Figure 37: carte mentale de la ville de Bab Ezzouar	52
Figure 38: carte d'Alger	53
Figure 39: découpage administratif de Bab Ezzouar Source : google earth traité par les auteurs.....	53
Figure 40: aéroport Houari Boumediene.....	53
Figure 41: l'accessibilité de la ville de Bab Ezzouar	53

Figure 42: mobilité de Bab Ezzouar	54
Figure 43: topographie de Bab Ezzouar Source : auteurs	54
Figure 44: type de terrains à Bab Ezzouar	54
Figure 45: points de repères de la ville de Bab Ezzouar.....	55
Figure 46: diagramme psychrométrique de Bâb Ezzouar. Source : climate consultant	56
Figure 47: température journalière à Bab Ezzouar	57
Figure 48 : Rayonnement à Bab Ezzouar	57
Figure 49: durée d'insolation à Bab Ezzouar	57
Figure 50 : Roses des vents à Bab Ezzouar. Source : climate consultant.....	57
Figure 51 : pluviométrie à Bab Ezzouar. Source : Meteonorme 8.....	57
Figure 52 : : diagramme psychrométrique de Bâb Ezzouar. Source : climate consultant.....	58
Figure 53 : Carte de situation de village retour de la chasse .Source : CNERU 2008.....	59
Figure 54 : Carte de Bâb Ezzouar de 1870 à 1962. Source : CNERU 20.....	60
Figure 55: Carte de Bâb Ezzouar de 1962 à 1984 (source : CNERU).....	60
Figure 56 : Carte de Bâb Ezzouar de 1985 à 1995 (source : CNERU 2008).....	60
Figure 57: Carte de Bâb Ezzouar de 1995 à ce jour (source : CNERU 2008).	61
Figure 58: carte synthétique de Bâb Ezzouar	61
Figure 59: la casbah Source: alamy.com.....	62
Figure 60: la casbah Source: maison-monde.com	62
Figure 61: Maison de la casbah Source: merveilledalgerie.centerblog.net/	62
Figure 62: maison de la casbah Source : media.hal.science	62
Figure 63: espace vert Source: nevers.fr	64
Figure 64: patrimoine architecturale coloniale source : journals.openedition.org	64
Figure 65: architecture des maisons d'Alger Source : Asma Hadjilah 2016.....	64
Figure 66: les équipements de la ville coloniale Source : researchgate.net	64
Figure 67: bâtiment à Alger. Source : alamyimages.fr.....	64
Figure 68: photo de la ville de Bab Ezzouar Source : auteurs	64
Figure 69: photo de la ville de Bab Ezzouar source : auteurs	64
Figure 70: photo de la ville de Bab Ezzouar source : auteurs.....	64
Figure 71: Carte du POS traitée par les auteurs	64
Figure 72: hiérarchie des voies et des nœuds. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	66
Figure 73: Boulevard Kada Rezig. Source : auteurs	66
Figure 74: gare de train. Source : auteurs.....	66
Figure 75: arrêt de bus. Source : auteurs	66
Figure 76: transport et mobilité. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	66
Figure 77: boulevard kada rezig. Source : auteurs	67
Figure 78: stationnement au quartier d'affaire. Source : auteurs	67
Figure 79: flux et stationnement. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	67
Figure 80: perception et sécurité. Source : auteurs	67
Figure 81: géométrie des voies. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	67
Figure 83: quartier d'affaire .Source: auteurs	67
Figure 84: tailles des ilots. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	68
Figure 85: tailles des ilots. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	68
Figure 85: formes des ilots. Source : auteurs.....	68
Figure 87: formes des parcelles. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	68
Figure 88: points de repères. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	68
Figure 89: le gabarit. Source: Carte du POS traitée par les auteurs	69
Figure 90: fonctions urbaines. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	69

Figure 90:typologies urbaines. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	69
Figure 91:le prospect. Source : Carte du POS traitée par les auteurs.....	69
Figure 92:batiments dans le quartier d'affaire. Source : auteurs	69
Figure 93:le Skyline. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	69
Figure 94:état de bâti. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	69
Figure 95:les espaces libres. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	70
Figure 96:les espaces libres. Source : Carte du POS traitée par les auteurs	70
Figure 98:façades du quartier d'affaire. Source : auteurs.....	70
Figure 99:mur de clôture. Source : auteurs	70
Figure 99:alignement . Source : google earth traité par les auteurs	70
Figure 101:façades du quartier d'affaire. Source : auteurs.....	70
<i>Figure 101:analyse séquentielle. Source : google earth édité par les auteurs.....</i>	<i>71</i>
Figure 102:situation du terrain d'intervention Source : google earth traité par les auteurs.....	73
Figure 104:environnement bâti. Source : google earth traité par les auteurs	73
Figure 105:le terrain d'intervention. Source: Auteurs	73
Figure 106:environnement bâti du terrain d'intervention. Source : auteurs	73
Figure 106:forme et surface du terrain. Source : google earth traité par auteurs	73
Figure 107: pente nord sud. Source : google earth	73
Figure 108:données climatiques. Source : google earth traité par auteurs	73
Figure 110:genese du projet.....	76
Figure 111:les fonctions du projet.....	77
Figure 112:les fonctions du projet.....	77
Figure 113: organisation des espaces extérieurs	77
Figure 114 organisation spatiale des fonctions . Source : auteurs	77
Figure 115: organisation du projet.....	78
Figure 116: la circulation horizontale du projet	78
Figure 117: la circulation verticale du projet	78
Figure 118:la façade principale du projet.....	79
Figure 119: les éléments de la facade	79
Figure 120: les éléments de la façade	79
Figure 121:la composition volumétrique de la façade	79
Figure 121 : les matériaux utilisés dans le projet.....	80
Figure 122:schéma structurale de la tour d'affaire	80
Figure 123 : schéma structurale de la tour de logement.....	80
Figure 124: schéma structurale du centre commercial	80
Figure 125: les qualités spatiales du projet	81
Figure 126: les stratégies environnementales.....	82
Figure 128:interface du fichier climatique	Source : Meteonorm 8..... 84
Figure 129:interface du modèle	Source : Design Builder..... 84
Figure 130:interface des matériaux. Source : Design Builder	85
Figure 130 : Consommation de chauffage par rapport à tous les scénarios Source : Auteurs.....	87
Figure 132 : Effet combiné de la ventilation de la cavité, du type de vitrage et du taux de vitrage sur la consommation de chauffage Source : Auteurs	Error! Bookmark not defined.
Figure 133 : influence du taux de vitrage et du type de vitrage selon la ventilation de la cavité Source : Auteurs.....	Error! Bookmark not defined.

Liste des tableaux

Tableau 1 :table de mahoney.....	11
Tableau 2:: avantages et inconvénients de la ventilation naturelle. Source : Dominique Sellier 2012	25
Tableau 3: types de ventilation mono exposé. Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015	26
Tableau 4: les types de la ventilation transversale, Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015	27
Tableau 5 : résumé de la Relation entre productivité et bien-être Source : mentionnée ci-dessous	29
Tableau 6: résumé d'étude d'exemples Source : mentionnée ci-dessous	31
Tableau 7: résumé d'étude d'exemple en Algérie Source : Yahiaoui Ahlam 2019	32
Tableau 8:synthèse de la géométrie de la façade Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015	36
Tableau 9:mode de fonctionnement de la façade a double peau Source : Darya Andreeva, Darya Nemova 2022.....	37
Tableau 10:resume des matériaux de la peau intérieure Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015	41
Tableau 11:résumé du taux de vitrage Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015	42
Tableau 12:synthèse d'étude de cas. Source : auteurs	46
Tableau 13::synthèse d'étude de cas. Source : auteurs	47
Tableau 14:synthèse d'étude de cas. Source : auteurs	48
Tableau 15:recomandations de la recherche thématique. Source : auteurs.....	49
<i>Tableau 16 : table de mahoney. Source : Auteurs.....</i>	<i>58</i>
Tableau 17:réponse climatique et synthèse de la période précoloniale. Source : auteurs	62
<i>Tableau 18: réponse climatique et synthèse de la période coloniale. Source : auteurs.....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau 19: réponse climatique et synthèse de la période postcoloniale. Source : auteurs</i>	<i>64</i>
Tableau 20:type de voies. Source : auteurs	67
Tableau 21:les stratégies. Source : Auteurs 2025	71
Tableau 22:matériaux de l'enveloppe. Source : Benarous Sihem 2022.....	85
Tableau 23 : les scenarios de la simulation avec résultat Source : Design Builder	86
<i>Tableau 24: effet du type de vitrage.....</i>	<i>87</i>
Tableau 25: effet de la ventilation de la cavité de la double peau.....	87
Tableau 26:effet de la presence d'isolant thermique	87
Tableau 27: influence du taux de vitrage.....	88
Tableau 28: tableau de synthese.....	88

Abréviations

ADEME : Agence de la Transition Écologique

APRUE : Agence Nationale Pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie

Cf : coefficient de forme

CPE : certificats de performance énergétique

CVC : Chauffage, Ventilation, Climatisation

DSF : Le concept de façade à double peau

DTR : Document Technique Réglementaire

Low-e : Low Emissivity

MB : le métabolisme de base

PMR : Personne à Mobilité Réduite

PMV : Predicted Mean Vote

PPD : Predicted Percentage of Dissatisfied

PPM : parties par million

PNEE : Le Programme National d'Efficacité Energétique

RN 5 : Route Nationale 5

SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

UCB : Union Chimique Belge

WWR : Window-to-Wall Ratio

ZHUN : Zone d'Habitation Urbaine Nouvelle

Tableau de matières

Chapitre 01 : Chapitre introductif

1.1. Introduction générale	1
1.1.1. le changement climatique et ses causes	1
1.1.2. Les enjeux de l'architecture durable	3
1.2. Problématique générale	3
1.3. Problématique spécifique	4
1.4. Hypothèses	6
1.5. Objectifs	6
1.6. Critères de choix	7
1.7. Méthodologie de recherche.....	7
1.8. Structure du mémoire.....	8
Chapitre 02	10
Etat de l'art.....	10
2.1. Introduction.....	11
2.2. Définition des concepts	11
2.2.1. Le changement climatique	11
2.2.2. Développement durable	11
2.2.3. Architecture durable	12
2.2.4. Les énergies renouvelables.....	12
2.2.5. Efficacité énergétique.....	12
2.2.6. Efficacité énergétique dans le bâtiment.....	13
2.2.7. La politique énergétique en Algérie.....	13
2.3. Le confort thermique.....	13
2.3.1. Définition.....	13
2.3.2. Les facteurs affectant le confort thermique.....	14
2.3.2.1. Les facteurs environnementaux	14
2.3.2.2. Les facteurs personnels	15
2.3.3. Le confort d'hiver	16
2.3.4. Mesure du confort thermique	17
2.3.4.1. L'interrogation	17
2.3.4.2. Méthodes pratiques	17
2.3.4.3. Les outils d'évaluations du confort thermique	18

2.3.5. Les stratégies	20
2.3.5.1. L'implantation du bâtiment	20
2.3.5.2. La forme et la compacité	20
2.3.5.3. L'orientation.....	21
2.3.5.4. L'isolation thermique	22
2.3.6.5. La ventilation naturelle	22
2.4. La consommation énergétique des immeubles de bureaux en Algérie	23
2.4.1. Les facteurs influençant la consommation énergétique.....	23
2.4.1.1. Les équipements utilisés).....	23
2.4.1.2. L'isolation thermique	23
2.4.1.3. La taille de l'établissement	23
2.4.3. Principaux postes de dépenses énergétiques.....	23
2.4.3.1. Le chauffage	24
2.4.3.2. Climatisation	24
2.5. La ventilation naturelle	25
2.5.1. Définition.....	25
2.5.2. Les avantages et les inconvénients de la ventilation naturelle.....	25
2.5.3. Types de ventilation naturelle	26
2.5.3.1. La ventilation mono exposée	26
2.5.3.2. La ventilation transversale.....	27
2.5.4. Utilisation de la ventilation naturelle.....	28
2.5.4.1. La ventilation diurne (de confort).....	28
2.5.4.2. Ventilation nocturne	28
2.5.5. La ventilation naturelle dans les espaces de bureaux	29
2.5.5.1. Relation entre productivité et bien-être	29
2.5.5.2. Étude d'exemple	31
2.6. Stratégie de ventilation naturelle : façade double peau	32
2.6.1. Aperçu historique.....	32
2.6.2. Définition.....	33
2.6.3. Les bénéfices de la façade a double peau.....	34
2.6.4. Les contraintes de la façade a double peau.....	34
2.6.5. Classification de la façade a double peau	34
2.6.5.1 types de ventilation.....	34
• 2.6.5.2 Structure de la façade et cloisonnement de la cavité	35

2.6.5.3 modes de fonctionnement de la façade double peau	37
2.6.6. Paramètres de la façade double peau	38
2.6.6.1. Hauteur de la cavité et effet de cheminée.....	38
2.6.6.2 Profondeur de la cavité	39
2.6.6.3 Propriétés de vitrage de la peau extérieure.....	39
2.6.6.4 dispositifs d'ombrage	40
2.6.7. Paramètres du bâtiment	40
2.6.7.1. Matériaux de la peau intérieure.....	40
2.6.7.2. Taux de vitrage	41
2.7. Recherche thématique	44
2.7.1. Justification du choix : Vers une mixité fonctionnelle	44
2.7.2. Synthèse de l'étude de cas	46
2.7.3. Recommandations	49
Conclusion.....	50
Chapitre 03	51
Cas d'étude	51
3.1. Introduction	52
3.2. Présentation de la ville	52
3.2.1. Criteres de choix	52
3.2.2. Origine du nom	52
3.2.3. Situation géographique	53
3.2.4. Accessibilité	53
3.2.5. Mobilité	54
3.2.6. Caractéristiques physiques	54
3.2.6.1. Topographie	54
3.2.6.2. Types de terrains	54
3.2.7. Points de repères	55
3.3. Analyse climatique	56
3.3.1. Recommandations de l'analyse climatique.....	57
3.4. Analyse diachronique.....	59
3.4.2. Historique de la ville La chronologie du développement du village de Bab Ezzouar	59
3.4.2.1. La période précoloniale (Avant 1830)	59
3.4.2.2. La Période coloniale	59
3.4.2.3. Période coloniale 1870 et 1962.....	60

3.4.2.4. Période post coloniale 1962 et 1984.....	60
3.4.2.5. Période post coloniale 1984 à 1995.....	60
3.4.2.6. De 1995 à nos jours.....	61
3.4.2.7. Synthèse de l'analyse diachronique de Bâb Ezzouar	61
3.4.3. Réponses climatiques	62
3.4.3.1. Période précoloniale (architecture de la casbah)	62
3.4.3.2. Période coloniale (architecture coloniale)	62
3.4.3.3. Période d'après l'indépendance (architecture contemporaine)	64
3.5. Analyse urbaine	64
3.5.1. Introduction	64
3.5.2. Délimitations du périmètre d'étude	64
3.5.2.1. Critères de choix.....	64
3.5.2.2. Situation	64
3.5.3. Système viaire	66
3.5.3.1. Hiérarchisation des voies et des nœuds	66
3.5.3.2. Accessibilité : transport et mobilité.....	66
3.5.3.3. Analyse des flux et stationnement	67
3.5.3.4. Perception de la sécurité.....	67
3.5.3.5. Géométrie des voies.....	67
3.5.3.6. Walkability	67
3.5.4. Système parcellaire	68
3.5.4.1. Les tailles des îlots	68
3.5.4.2. Les formes des îlots.....	68
3.5.4.3. Forme des différentes parcelles.....	68
3.5.5. Système bâti	68
3.5.5.1. Points de repère.....	68
3.5.5.2. Fonctions urbaines	69
3.5.5.3. Typologies urbaines.....	69
3.5.5.4. Gabarit	69
3.5.5.5. Paysage urbain.....	69
3.5.5.6. État de bâti	69
3.5.5.7. Espaces libres	70
3.5.5.8. Alignement.....	70
3.5.5.9. Façade et texture	70
3.5.6. Analyse séquentielle	71

3.5.7. Conclusion : stratégies	71
3.5.8. SWOT	72
3.6. Analyse du site.....	73
3.7. Concept du projet	74
3.8. Genèse du projet	76
3.9. Organisation spatiale	77
3.11. Analyse de l'enveloppe	79
3.12. Qualités spatiales	81
3.13. Les stratégies environnementales	82
3.14. Simulation thermique dynamique.....	83
Chapitre 04	90
Conclusion générale.....	90
4..... Conclusion générale	
.....	91

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 typo morphologique, sensorielle et SWOT. L'analyse typo morphologique 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 01 :

Introduction

1.1. Introduction générale

1.1.1. Le changement climatique et ses causes

Le terme « changement climatique » désigne une modification durable et mondiale du système climatique terrestre, qui influence des facteurs tels que les températures, les précipitations et la fréquence des événements extrêmes. Ce phénomène résulte d'un déséquilibre de l'équilibre énergétique de la Terre, causé par des facteurs naturels et humains, notamment ceux de l'ère industrielle.

Le climat du globe repose sur plusieurs facteurs, principalement de la quantité d'énergie émise par le soleil, sans oublier les facteurs tels que la concentration de gaz à effet de serre et en aérosols de l'atmosphère ou les paramètres de la surface de la Terre, qui déterminent la quantité d'énergie solaire qui sera absorbée ou réfléchi dans l'espace), ces gaz à effet de serre CO₂, CH₄, N₂O ont connu une importante augmentation dès le début du développement industriel. L'une des principales causes de cette augmentation sont les activités humaines, qui ont recours aux combustibles fossiles dans la production d'énergie électrique, transport, production de produits chimique...et aussi des changements d'affectation des terres et l'agriculture. (Greenfact, 2007)

Nous avons comme exemple, la concentration de CO₂ atmosphérique est aujourd'hui plus élevée que durant les 650 000 années précédentes. En outre, il est très probable que l'activité humaine ait provoqué un effet de réchauffement sur la planète depuis 1750. (Greenfact, 2007)

Le secteur du bâtiment tertiaires joue un rôle important dans cette problématique, mondialement, le secteur représentait près de 40 % de la consommation de l'énergie et environ 37 % des émissions de CO₂ en 2021, selon le Rapport sur l'état mondial des bâtiments et de la construction 2022. (PNUE, 2022), Les émissions de dioxyde de carbone provenant de l'utilisation de l'énergie fossile dans le secteur de la construction ont atteint dix gigatonnes d'équivalent CO₂, donc plus de 5 % du niveau en 2020 et plus de 2 % du pic d'avant la pandémie en 2019. En 2021 la demande de l'énergie utilisée pour l'exploitation du chauffage et climatisation, éclairage et d'autres équipement du bâtiment a augmenté de 4% et de 3% en 2019. (Hamilton, I. et al., 2022)

L'Algérie a affiché une volonté ferme pour l'atténuation du rythme rapide du changement climatique et ses effets actuels sur l'économie, le développement et l'écosystème dans son ensemble. Les climatologues algériens ont lancé un effort pour faire face aux évolutions négatives liées au changement climatique et à ses effets sur le plan stratégique et économique. Dans ce contexte, notre pays a adopté « une stratégie d'atténuation qui englobe principalement les secteurs de l'énergie, des transports, du bâtiment industriel, résidentiel et tertiaire, des forêts et des déchets ». Cette stratégie s'appuie, entre autres, sur des programmes nationaux d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables, des initiatives de gestion et de traitement des déchets, et une réduction de 7 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport au volume mondial d'hydrocarbures. Grâce à cette nouvelle approche, l'Algérie démontre qu'elle « contribue de manière modérée aux émissions de gaz à effet de serre (GES) ». (Neffah, 2024)

Parmi les stratégies de l'Algérie à limiter les répercussions du climatique, le secteur du bâtiment, qui représente une part significative de la consommation énergétique nationale, est un enjeu important. En effet, la hausse des températures et l'intensification des vagues de chaleur augmentent la nécessité de s'adapter au changement climatique, ce qui accroît en réalité la consommation d'énergie et les émissions de gaz. De plus, la conception et la rénovation des bâtiments doivent désormais intégrer des principes d'architecture bioclimatique et économe en énergie pour augmenter le confort thermique tout en réduisant l'impact environnemental. (Zerouati, 2020).

À cet égard, il est crucial de comprendre l'impact du changement climatique sur l'architecture algérienne afin de proposer des solutions architecturales adaptées à la résilience climatique du pays. Ce mémoire s'inscrit ainsi dans cette dynamique en étudiant les effets du changement climatique sur les bâtiments et en imaginant de nouvelles approches pour un environnement résilient et durable.

Et enfin nous pouvons dire que les bâtiments tertiaires notamment les bureaux sont de grands consommateurs d'énergie et cela est due à la volonté d'assurer des conditions de confort thermique stables. Face à cette situation il est important de se diriger vers une architecture durable qui nécessite une conception d'espaces durables et adaptés aux usagers qui réduisent leurs impacts sur l'environnement tout en assurant le confort des occupants.

1.1.2. Les enjeux de l'architecture durable

L'architecture durable est apparue comme une discipline à part entière, son objectif est la conception et la construction de structure ayant une touche écologique. Ce concept est basé sur l'utilisation de matériaux et techniques qui respectent l'environnement, et la minimisation d'effets négatifs du bâtiment tout au long de son cycle de vie grâce à utilisation efficace de l'espace et une meilleure efficacité énergétique. (Hadraoui, 2020).

La réduction de la consommation énergétique est obtenue par l'utilisation de matériaux durables, y compris des matériaux recyclés ou provenant de sources locales, la conception des bâtiments durable se focalise sur la maximisation de la lumière naturelle et de la ventilation, réduisant le besoin pour l'éclairage artificiel et les systèmes mécanique. (El Ashmawy, R. et al., 2024).

Selon Gratia et De Herde (2004), les stratégies de ventilation naturelle et de protection solaire peuvent réduire significativement les consommations énergétiques. L'innovation technologique offre également de nouvelles perspectives, avec des outils tels que la conception assistée par ordinateur (BIM) et les matériaux à faible impact environnemental.

Un bâtiment conçu, de façon durable contribue à l'amélioration du confort, la sécurité et le bien-être des usagers, tout et réduisent le recours à l'énergie et aux ressources naturelles, en réduisant l'impact environnementale et en entraînant une diminution des coûts et une augmentation de la valeur des propriétés. (Eveillard, Fabre, 2025)

1.2. Problématique générale

Face au défi du changement climatique, les domaines de l'architecture et de la construction adoptent des approches durables pour lutter contre son augmentation, les architectes ont un rôle essentiel à jouer pour façonner l'avenir de nos environnements bâtis, Les bâtiments s'appuient souvent sur des matériaux à forte empreinte écologique, comme le béton et l'acier, qui peuvent nuire à l'environnement. À l'inverse, l'architecture verte adopte des pratiques de construction durables qui réduit l'impact environnemental, en favorisant l'efficacité énergétique, les ressources renouvelables et les matériaux écologiques.

L'architecture durable a la possibilité de minimiser l'empreinte carbone des bâtiments pour un futur plus durable en se basant sur ses solutions, d'abord le type de matériaux, le bois récupéré et l'acier recyclé sont des matériaux écologiques qui favorisent la réduction d'empreinte carbone, en plus de préserver les ressources ils sont plus durables dans le temps. (Auroma Architecture,2024)

La conception doit prendre en compte de l'environnement naturel. C'est-à-dire concevoir des bâtiments qui s'intègrent dans leur environnement sans négliger le respect de la biodiversité locale. Comme l'utilisation des techniques de construction qui conserve la topographie naturelle ou l'implantation de la végétation autour des nouvelles constructions aider à stabiliser la température ambiante et à minimiser les charges liées à l'énergie. (Treenergy ,2024)

L'incorporation de sources d'énergie renouvelables dans la conception des bâtiments est une approche importante pour favoriser la durabilité et diminuer l'empreinte écologique des constructions. En incorporant des technologies comme les panneaux solaires, les turbines éoliennes et les dispositifs géothermique, l'industrie du bâtiment peut diminuer de manière significative sa dépense énergétique et ses rejets de gaz à effet de serre. (Hanifi,2024)

Ainsi, la conception durable exige une conduite qui prend en considération les effets de l'environnement, les architectes doivent combiner entre la fonction et l'aspect esthétique et la culture de chaque secteur pour concevoir des bâtiments durable, écologique et économe en matière de cout.

A ce stade de développement, on se pose ce questionnement général : **Comment la conception architecturale peut-elle contribuer à la lutte contre le changement climatique tout en répondant aux exigences fonctionnelles, esthétiques et environnementales d'un bâtiment ?**

1.3. Problématique spécifique

Bâb Ezzouar, une commune en plein essor située à l'est d'Alger, est confrontée à des défis majeurs liés à l'urbanisation rapide. Cette croissance démographique et économique rapide entraîne des tensions croissantes en termes de densité urbaine, de pollution atmosphérique et de dégradation de l'environnement. Les conséquences de cette croissance urbaine accélérée sont nombreuses et peuvent avoir des impacts négatifs sur la qualité de vie des habitants.

L'architecture joue un rôle crucial pour anticiper et atténuer les effets négatifs de cette urbanisation en créant des bâtiments durables et des infrastructures résilientes qui répondent aux besoins des habitants tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement.

Les constructions tertiaires comme les bureaux consomment énormément d'énergie ce qui explique leurs besoins de grande quantité pour conserver une sensation de bien-être tout au long de l'année pour les équipements techniques d'un bâtiment (chauffage, climatisation, ou éclairage). Le confort des occupants est affecté par la qualité d'air qui est influencé à son tour par la ventilation naturelle ce qui la rend importante.

La maîtrise de la consommation énergétique est devenue une nécessité de nos jours, pour pouvoir réduire la consommation énergétique des bâtiments tertiaires nous devons les réévaluer par l'intégration de solutions architecturales nouvelles qui contribuent à réguler efficacement les flux thermiques et favoriser la ventilation naturelle. Comme exemple d'application, ajouter des dispositifs qui favorise la ventilation naturelle, des matériaux ayant une capacité thermique élevée, des protections solaires efficaces, ou encore des toitures végétalisées. Ça nécessite une démarche de conception intégrée qui prend en considération les spécificités du site, les besoins des occupants et les objectifs de performance énergétique.

Dans le cadre climatique de l'Algérie, le problème de la performance énergétique des bâtiments tertiaires est essentiel. Selon Khadraoui et Sriti (2018), « En Algérie, le secteur tertiaire est un secteur très gourmand en consommation énergétique. Cette énergie est employée en grande partie pour assurer les exigences du confort thermique (chauffage et climatisation) à l'occupant. Selon un rapport de l'APRUE (2009), 41 % de la consommation finale d'énergie en Algérie est attribuée aux bâtiments tertiaires et résidentiels et cela dépasse de loin les autres secteurs.

En prenant en considération l'ensemble des éléments évoqués, un questionnement spécifique se pose comme suit :

Comment identifier et satisfaire les besoins fonctionnels spécifiques de la ville de Bab Ezzouar à travers un projet architectural ou urbain qui s'inscrit dans une démarche durable, responsable et contextualisée ?

Comment concevoir un bâtiment de bureaux capable d'offrir un confort thermique optimal aux usagers tout en minimisant sa consommation énergétique ?

1.4. Hypothèses

Pour répondre à nos problématiques présentées ci-dessus, nous suggérons les hypothèses suivantes :

- **Hypothèse 1** : L'utilisation d'une approche hybride qui combine approche typomorphologique, l'évaluation sensorielle du site et l'interprétation stratégique du site via la technique SWOT permet de déterminer les conditions urbaines, climatiques et fonctionnelles uniques de Bab Ezzouar et d'en proposer une stratégie urbaine appropriée.
- **Hypothèse 2** : opter pour une façade double peau est une solution pour favoriser la ventilation naturelle et améliorer le confort thermique dans les constructions tertiaires comme les bureaux, cette solution contribuera à la minimisation de la consommation d'énergie associée au chauffage.

1.5. Objectifs

Notre travail a pour but de concevoir un projet architectural durable avec des solutions de ventilation naturelle conforme à la situation climatique et urbaine de Bâb Ezzouar pour prouver que l'architecture peut s'adapter à toute circonstance en se transformant en un outil qui règle le climat et diminue la demande en énergie.

Objectifs spécifiques :

- Analyser les caractéristiques climatiques, morphologiques et sociales de Bâb Ezzouar.
- Étudier les performances thermiques de systèmes de ventilation naturelle existants.
- Proposer une solution architecturale innovante adaptée aux bureaux à Bâb Ezzouar.
- Vérifier, par modélisation et simulation, les performances de cette solution en termes de confort et de consommation énergétique

1.6. Critères de choix

Le thème choisi est centré sur les besoins de Bâb Ezzouar, une région qui connaît une urbanisation et une croissance économique rapides et où existent d'importants problèmes d'énergie et de confort .L'objectif est de penser à un projet multifonctionnel qui combine des fonctions commerciales, de bureau et résidentielles avec une architecture durable pour fournir le confort thermique souhaité par les utilisateurs tout en réduisant la consommation d'énergie grâce à une stratégie qui intègre des mesures climatiques locales appropriées comme la ventilation naturelle et vise à équilibrer la fonctionnalité du bâtiment , la performance environnementale du projet et le caractère unique du contexte urbain proposé .

1.7. Méthodologie de recherche :

La méthodologie de recherche adoptée pour cette étude repose sur un processus rigoureux visant à obtenir des données précises et fiables pour répondre aux questions de recherche posées. Cette approche de recherche comprend trois principales méthodes :

A. Consultation des documents

La consultation des documents officiels relatifs à la ville de Bab Ezzouar pour rassembler des informations essentielles sur le cadre urbain, réglementaire, climatique et socio-économique. Cette étape a consisté à analyser les plans d'aménagement, les études territoriales et les données statistiques. Elle constitue une base fondamentale pour comprendre les orientations stratégiques, les contraintes réglementaires et les opportunités de développement liées au projet.

B. Visite sur site

Cette méthode consiste à effectuer des visites physiques sur le terrain dans le quartier d'affaires, en particulier autour du site d'intervention. Ces visites permettront d'observer directement l'état actuel du quartier, les caractéristiques architecturales, ainsi que l'environnement urbain environnant. Cette approche permettra également d'identifier les besoins, les spécificités et les enjeux locaux qui pourraient influencer la conception et la mise en œuvre du projet.

C. Recherche bibliographique

Cette méthode consiste à recueillir des informations à partir de sources écrites telles que des livres, des articles académiques, des rapports de recherche et des publications officielles. La recherche bibliographique permettra d'approfondir la compréhension des thématiques abordées dans l'étude, d'enrichir l'analyse et de fournir des références solides pour étayer les conclusions de l'étude.

1.8. Structure du mémoire

La démarche méthodologique adoptée dans ce mémoire se décline en trois chapitres principaux :

1. Chapitre introductif

Ce premier chapitre pose les bases théoriques du mémoire. Il aborde le thème général du changement climatique et le rôle de la conception architecturale dans la lutte contre ce dernier. On y expose la problématique, les hypothèses, les objectifs de recherche et la méthodologie suivie.

2. Chapitre « État de l'art »

Le deuxième chapitre est dédié à une recherche bibliographique approfondie. Il explore les notions du confort thermique, la consommation énergétique dans les immeubles de bureaux, la ventilation naturelle et la façade double peau comme stratégie de ventilation naturelle dans les espaces de bureaux.

3. Chapitre « Cas d'étude » :

Le troisième chapitre passe à la pratique en se concentrant sur le cas du quartier d'affaires à Bab Ezzouar. Divisé en trois parties, il débute par une analyse territoriale et urbaine approfondie de la zone d'intérêt. Ensuite, la présentation du projet architectural, ainsi que l'évaluation de ses performances à travers la simulation d'une façade double peau.

Le mémoire se clôture par une conclusion générale :

Cette section récapitule les résultats obtenus, évalue les limites de la recherche et suggère des perspectives pour des études futures.

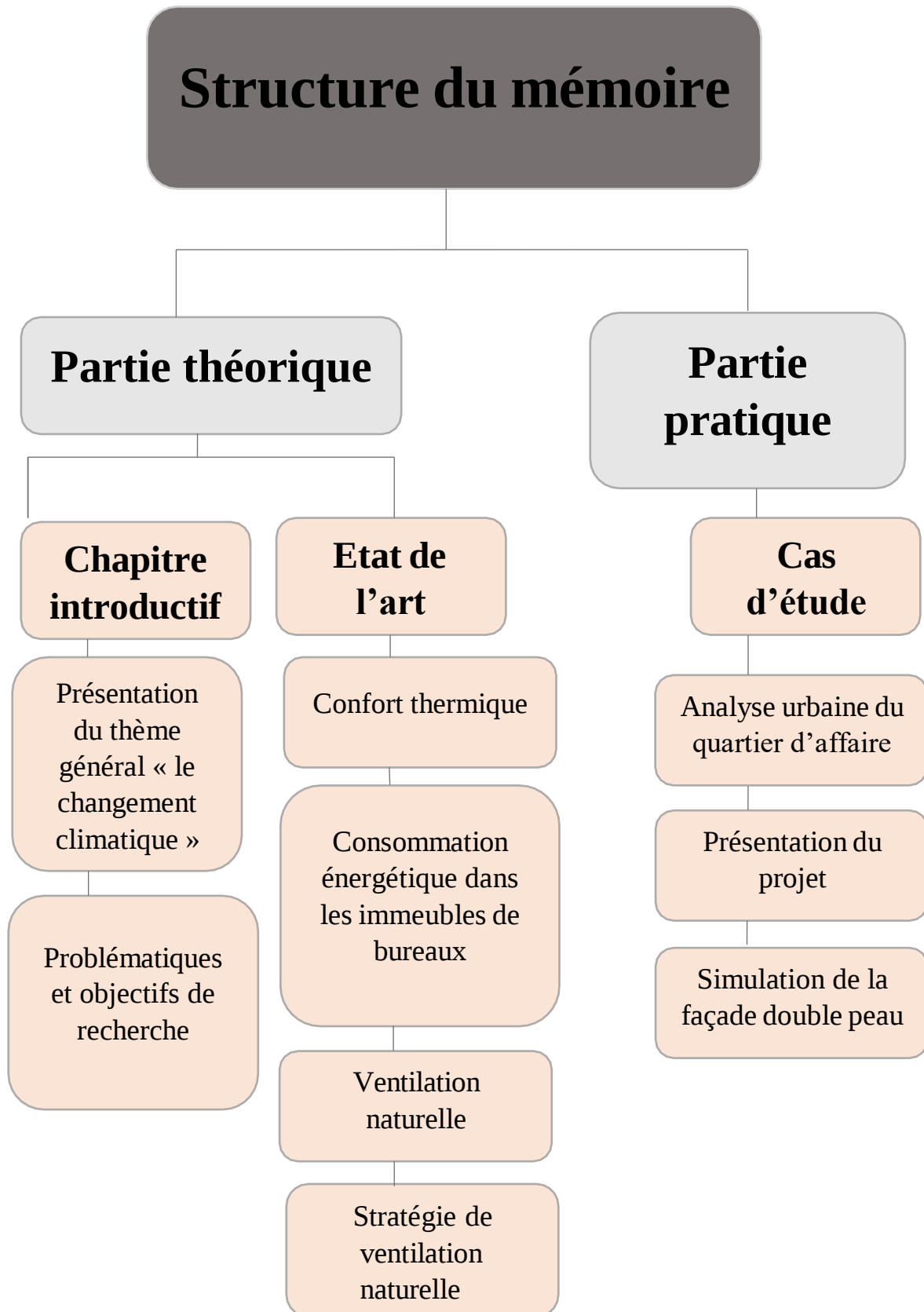


Figure 1: structure du mémoire

Chapitre 02 :

Etat de l'art

2.1. Introduction

La recherche thématique est un processus crucial pour concevoir un projet architectural adaptée aux normes car elle nous aide à comprendre le thème et ses origines et de définir les objectifs et les besoins du projet, elle permet également regrouper des données importantes à la réponse aux problématiques et approuver les hypothèses. Ce chapitre contribuera à apporter plusieurs définitions qui nous aiderons à comprendre les concepts clé en relation avec l'innovation technologique et le respect environnemental jusqu'à arriver à des résultats qui participerons à l'amélioration de la ventilation naturelle et le confort thermique dans les espaces de bureaux.

2.2. Définition des concepts

2.2.1. Le changement climatique

Le changement climatique représente une modification durable et globale des conditions climatiques mondiales, principalement causée par les activités humaines telles que la combustion de combustibles fossiles et la déforestation. Cela provoque plusieurs conséquences importantes, comme la hausse des températures, des tempêtes plus intenses et des impacts durables sur l'environnement et les générations futures. (Pierre-Noël Giraud, 2004)

2.2.2. Développement durable

L'origine du concept de « développement durable » remonte à la conférence des Nations Unies sur l'environnement, tenue à Stockholm en juin 1972. Dans le rapport issu de cet événement, il est affirmé qu'il est à la fois indispensable et réalisable de concevoir des approches de développement socio-économique équitables et respectueuses de l'environnement, désignées sous le terme de stratégies d'écodéveloppement. (Comélie L. et al, 2002)

La durabilité peut être comprise comme une forme d'équité et d'harmonie projetée dans le temps. Elle ne constitue pas une destination à atteindre, mais plutôt une démarche continue et réfléchie, visant à assurer une coévolution équilibrée entre les dimensions environnementales, économiques et socio-culturelles. (Mega and Pedersen, 1998)

Le développement durable désigne une approche qui vise à satisfaire les besoins actuels des sociétés, tout en préservant les ressources et les conditions nécessaires pour que les générations futures puissent également répondre aux leurs. (Pallemmaerts, M, Gouritin, A., 2007)

Le développement durable peut être perçu comme un système capable d'évoluer de manière continue dans le temps, en visant une utilisation plus efficiente des ressources, tout en maintenant un équilibre essentiel avec l'environnement, au bénéfice de l'humanité et de l'ensemble du vivant. (Harwood, 1990)

2.2.3. Architecture durable

L'architecture durable se définit comme une méthode de conception, de construction et d'exploitation des bâtiments reposant sur l'utilisation de ressources renouvelables. Chaque étape du cycle de vie du bâtiment est ainsi pensée pour réduire au maximum son impact environnemental, tout en garantissant un cadre de vie sain, confortable et adapté aux besoins des usagers. (Manfred Hegger, 2011)

2.2.4. Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables proviennent principalement du soleil, directement ou indirectement, à travers des sources comme le solaire, l'éolien, l'hydroélectricité, la biomasse, ou encore la géothermie et l'énergie marémotrice. Elles présentent un très faible impact carbone, ce qui en fait des solutions clés pour lutter contre le changement climatique et réussir la transition énergétique. (Jean-Louis, Bal, Bernard Chabot, 2001)

2.2.5. Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique désigne le rapport entre l'énergie consommée et le niveau de service fourni, que ce soit en termes de performance, de confort ou de production. L'objectif est d'optimiser ce rapport en intervenant de trois façons :

- Augmenter le niveau de service fourni, tout en maintenant la consommation d'énergie constante.
- Économiser de l'énergie tout en maintenant le service rendu égal.
- Accomplir les deux en même temps

Ainsi, les solutions d'efficacité énergétique visent à optimiser la production ou la performance obtenue avec une quantité d'énergie consommée moindre.

2.2.6. Efficacité énergétique dans le bâtiment

L'efficacité énergétique consiste à diminuer la consommation énergétique tout en gardant le même confort dans les bâtiments. Le secteur du bâtiment représente plus de 40 % de la consommation d'énergie à l'échelle mondiale et près de 20 % des émissions de gaz à effet de serre. Ce qui signifie qu'il a un rôle important à jouer dans la lutte contre le changement climatique. C'est un domaine clé qui peut vraiment aider à réduire les émissions à travers le monde. (Office des publications officielles des Communautés européennes, 2005)

2.2.7. La politique énergétique en Algérie

Le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie et second émetteur de gaz qui cause l'effet de serre. Il a donc de grandes potentialités pour économiser. En Algérie la consommation d'énergie pendant ces dernières années n'a pas cessé de monter, à cause de la hausse de demande en énergie due surtout au développement économique et à l'avancée du niveau de vie des Algériens.

Notre pays connaît depuis bientôt dix ans un fort développement dans les domaines du bâtiment et de la construction. Que ce soit pour les grands projets d'État ou pour les projets privés et publics, les besoins et les normes internationales en matière de performance énergétique et environnementale des bâtiments ne sont pas encore suffisamment pris en compte.

Cette situation a justement poussé les gouvernements à rechercher une meilleure efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, à travers plusieurs projets visant à améliorer le confort thermique dans les logements et à réduire la consommation d'énergie nécessaire au chauffage et au refroidissement de l'air. (Sabrina Sami-Mecheri, et al., 2012)

2.3. Le confort thermique

2.3.1. Définition

On peut considérer le confort thermique et le résultat d'un équilibre partagé entre le corps humain et son environnement. Cet équilibre est crucial pour garantir le bien être, la santé et le confort de l'individu.

Il dépend de facteurs personnels comme l'activité physique le niveau de métabolisme ou l'habillement et aussi de facteurs environnementaux comme la température ambiante, le rayonnement solaire, l'humidité de l'air et la ventilation. Ces échanges déterminent si l'on se sent à l'aise ou non dans un espace donné (Givoni Baruch, 1978)

2.3.2. Les facteurs affectant le confort thermique

Le confort thermique est influencé par un ensemble de facteurs, à la fois environnementaux et personnels, comme illustré dans le schéma ci-dessous.

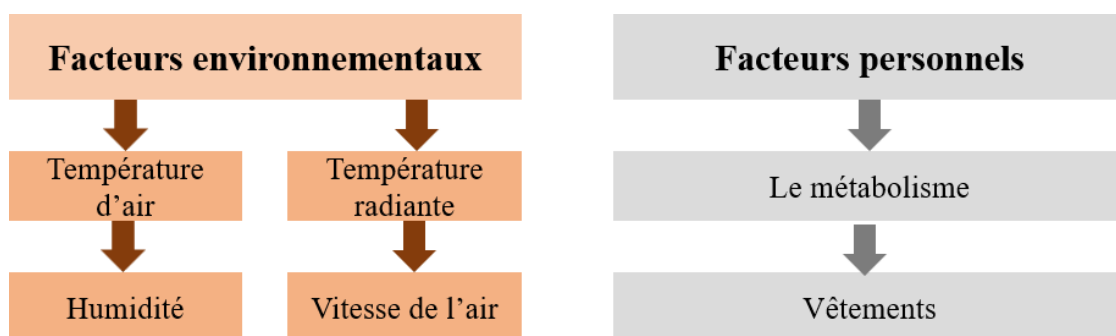


Figure 2: Les facteurs affectant le confort thermique. Source : Auteurs

2.3.2.1. Les facteurs environnementaux

2.3.2.1.1. La température de l'air

Elle est le résultat de la température de l'air et des échanges thermiques entre l'individu et son environnement. Donc, le confort thermique des occupants résulte majoritairement de la température ambiante (Kim, Y et al., 2021). Les recherches sur l'influence de la température de l'air sur le confort thermique mettent en évidence que la zone de température appropriée pour un confort thermique optimal se situe entre 25 °C et 26 °C. Mais, cette zone peut changer fortement selon les observations faites selon divers cadres de recherche (Ichi Tanabe et al., 1994).

2.3.2.1.2. La température radiante

La température radiante est la température de la surface entourant un individu, et joue un rôle important dans l'évaluation du confort thermique intérieur (Tomorad et al., 2018). C'est un paramètre physique clé pour évaluer la satisfaction Conditions thermiques

ambiantes, et constitue un facteur environnemental clé, influençant la performance énergétique et le confort thermique des bâtiments. (Gan, G. 2001)

2.3.2.1.3. L'humidité relative de l'air

L'humidité relative est une mesure qui compare la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air à la quantité que l'air peut contenir à une température donnée. Elle permet de déterminer si l'air est humide ou sec et s'exprime en pourcentage. (Yahia, E. M. 2019)

2.3.2.1.4. La vitesse de l'air

La vitesse de l'air est la vitesse à laquelle l'air se déplace dans un espace donné. C'est un élément essentiel du confort thermique notamment dans les climats chauds et humides où l'air doit être suffisant pour évacuer la chaleur et pour assurer le confort. Une vitesse d'air appropriée peut favoriser l'amélioration de la sensation de confort (Yusoff et al., 2020)

La vitesse de l'air est notamment déterminée par la taille et la forme des ouvertures, l'utilisation ou non des ventilateurs de plafond et de fenêtres ouvrantes, la hauteur des bâtiments et les conditions extérieures. (Manu, S., Shukla et al. 2014)

Une vitesse d'air élevée peut, dans certains cas, favoriser le confort thermique dans le bâtiment, notamment en période de fortes chaleurs, en facilitant l'évacuation de la chaleur et en améliorant la sensation de fraîcheur dans les climats chauds. (Sansaniwal et al., 2020)

2.3.2.2. Les facteurs personnels

2.3.2.2.1. Le métabolisme

Il mesure le volume de chaleur provenant de l'activité corporelle, le métabolisme est un facteur thermique crucial pour déterminer le confort thermique d'une personne. Un élément fondamental de cette mesure est le métabolisme de base (MB), qui reflète l'énergie exigée au maintien de l'activité organique, notamment la température corporelle et respiratoire

Le MB est influencé par des facteurs tels que l'âge, le sexe, la taille et la constitution corporelle, et représente généralement 45 % à 70 % de la consommation énergétique quotidienne de l'activité cardiaque et respiratoires. (Luo, et al., 2018)

2.3.2.2. Les vêtements

Le vêtement est un facteur clé du confort thermique des occupants à l'intérieur des bâtiments. Il aide à réguler les transferts de chaleur autour du corps humain et à conserver un climat interne ou des conditions confortables favorables. Par conséquent, l'habillement procure un certain degré d'isolation qui doit être mesuré pour maintenir la commodité des occupants. (Ongwuttawat, K., & Sudprasert., S., 2015)

La manière dont les vêtements isolent la chaleur est principalement déterminée par les caractéristiques du tissu, y compris le type de fibre, l'épaisseur, l'aspect de superposé d'entre autres. Ces facteurs déterminent comment le tissu laisse échapper la chaleur et aide l'individu à maintenir un équilibre thermique. (Atasağun 2019)

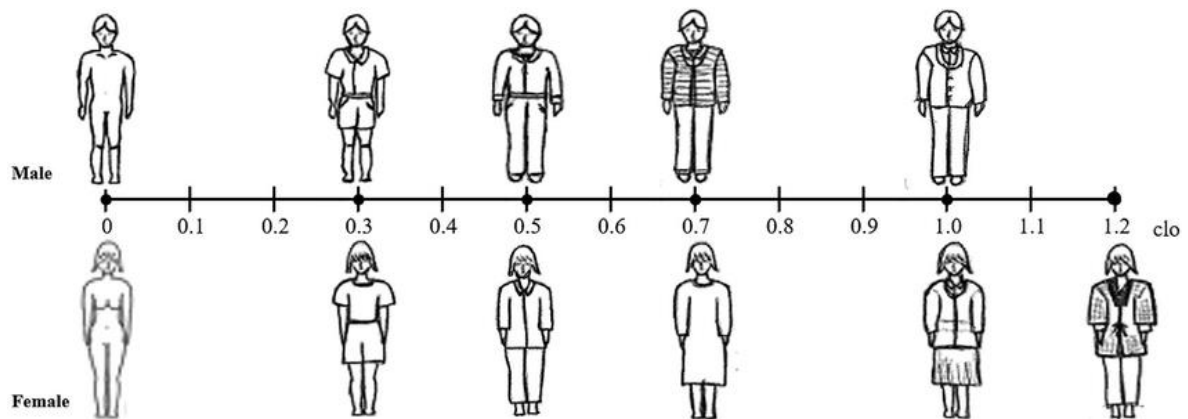


Figure 3: échelle de l'isolation des vêtements. Source : : Rijal, H. B et al., 2019

2.3.3. Le confort d'hiver

Le confort hivernal repose sur l'approche chaude, qui consiste à capter la chaleur du soleil, à la stocker dans la structure du bâtiment, à la maintenir avec isolation et à la répandre uniformément. Cela comprend la considération d'éléments comme la météo, la position du bâtiment, les matériaux de construction et la forme du terrain pour améliorer l'efficacité de cette approche. Les principales composantes de cette méthode sont la résistance à la chaleur, la bonne isolation et même la propagation de la chaleur dans diverses espaces de vie. (Liebard, et A. De Herde, 2005)

2.3.4. Mesure du confort thermique

2.3.4.1. L'interrogation

Il s'agit d'une mesure utilisée pour déterminer le confort thermique des personnes à l'intérieur des bâtiments. Cela implique un questionnement des occupants ou des utilisateurs sur l'air et la chaleur du bâtiment. Il permet donc de connaître l'opinion des personnes concernant leur environnement immédiat. Sa principale force comprend la capacité d'évaluer la perception humaine du confort thermique, des retours en temps réel sur l'opinion de modifier l'environnement et des informations sur les contributeurs des facteurs au confort thermique. (Jiang et al, 2019)

2.3.4.2. Méthodes pratiques

Dans la littérature scientifique il existe plusieurs indices de confort thermique pour les espaces intérieurs tels que :

- A. **Les capteurs environnementaux** : Par exemple le modèle PMV-PPD permet de calculer le vote moyen prédit (PMV) de la sensation thermique d'un groupe de personnes selon des paramètres tels que la température de l'air, la température radiante moyenne, la vitesse de l'air, l'humidité et des variables humaines. Le pourcentage estimé d'insatisfaction (PPD) utilise ensuite le VMP afin d'identifier le pourcentage de personnes vulnérable à l'insatisfaction de leur environnement thermique. (Ongwuttwat, K., Sudprasert, S., 2015)

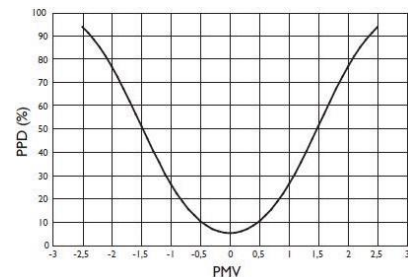


Figure 4: Indice PMV – PPD de confort thermique. Source : beswic.fr

- B. **Capteurs corporels** : Les capteurs de température de la peau peuvent évaluer la température des parties du haut du corps, comme les doigts, les mains et les avant-bras, examiner leur lien avec la perception thermique. Diverses configurations d'emplacement des capteurs sur le corps ont été testées pour déterminer les meilleures dispositions. (Ongwuttwat, K., Sudprasert, S. 2015)



Figure 5: capteur de température Source : omega.fr

C. **Les cameras** : les chercheurs ont examiné l'usage possible des caméras thermique pour anticiper le confort thermique. Leur méthode consiste à appliquer un algorithme spécifique pour analyser les images en lumière visible dans le but de prédire les états de thermorégulation et, de ce fait, d'évaluer le confort thermique ressenti dans un espace. (Ongwuttawat, K., Sudprasert, S. 2015)



Figure 6: caméra thermique
Source : chauffage-aterno.com

2.3.4.3. Les outils d'évaluations du confort thermique

A. Le diagramme bioclimatique du bâtiment

Le diagramme bioclimatique est un outil d'aide dans le processus de décision pour les projets bioclimatiques. Il aide à l'évaluation des besoins en confort thermique et définir les solutions fonctionnelles et innovantes. Créé par Baruch Givoni, il est fréquemment utilisé pour expliquer les

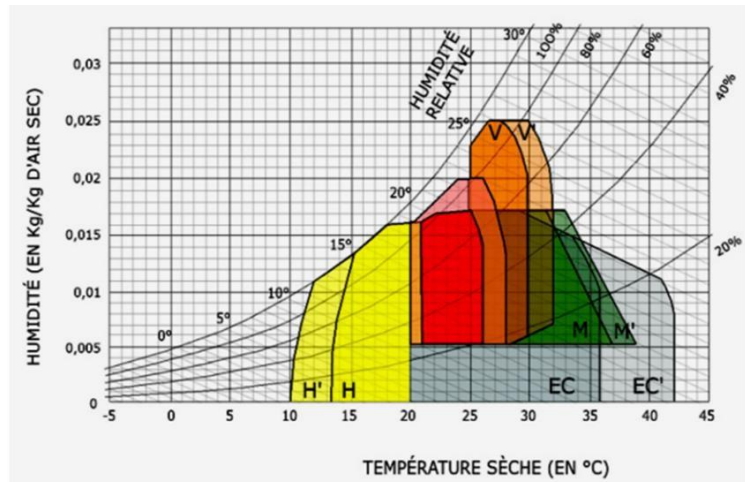


Figure 7:diagramme bioclimatique du bâtiment. Source : enviroboite.net

fondamentaux de la conception bioclimatique. Ce graphique aide a analyser le climat du site et à repérer les principales étapes à suivre pour concevoir une construction adéquate, comme l'isolation, la ventilation, l'isolation thermique et la protection solaire. Il est efficace lorsque le climat s'éloigne du niveau de confort idéal, car il permet de suggérer les modifications nécessaires pour atteindre le niveau de confort thermique idéal. (Jean-Louis Izar, 1979)

B. Le diagramme d'Olgyay

Le diagramme bioclimatique est un élément important pour la définition de la plage du confort adapté à l'être humain en rapport a plusieurs paramètres comme la température extérieure, l'humidité, la température radiante moyenne, la vitesse du vent, le rayonnement solaire, perte de chaleur

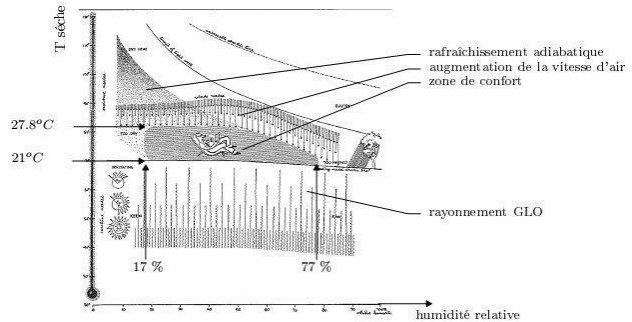


Figure 8: diagramme d'Olgyay
Source :researchgate.net

par évaporation. Elle prend en compte plusieurs facteurs, notamment l'humidité et la vitesse de l'air, pour estimer le confort thermique, et non seulement la température de l'air. Il s'agit d'une approche systématique pour adapter la conception des bâtiments aux besoins humains et aux conditions climatiques. Cependant, cette méthode a des limites, car elle se base sur les conditions climatiques extérieures et non sur celles qui sont attendues à l'intérieur du bâtiment, ce qui peut limiter son applicabilité. (Olgyay., 1963).

C. Les tables de Mahoney

Les tables de Mahoney sont des outils de référence architecturale qui aident les architectes à concevoir des structures adaptées au climat. Créées par Carl Mahoney, John Martin Evans et Otto Königsberger, elles ont été publiées pour la première fois par les Nations Unies en 1969. Ces tables utilisent des données climatiques facilement

Table	Recommandations
plan de masse	Bâtiment orienté selon un axe longitudinal est-ouest à fin de diminuer l'exposition au soleil
espacement entre bâtiment	Plan compact
circulation d'air :	Bâtiment à double orientation permettant une circulation d'air intermittente
dimensions des ouvertures	Intermédiaires, 20 à 35% de la surface des murs
position des ouvertures	Comme ci-dessus mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs
protection des ouvertures	Prévoir une protection contre la pluie.
murs et planchers	Constructions massives, décalage horaires supérieur à 8 heures.
toiture	Constructions massives, décalage horaires supérieurs à 8 heures

Table 1 : Table de Mahoney.Source:Auteurs

accessibles et des calculs de base pour fournir des lignes directrices simples pour la conception des bâtiments. Elles fournissent des indicateurs qualitatifs plutôt que des résultats précis, ce qui les rend plus faciles à comprendre que des modèles complexes comme la simulation thermodynamique. (Organisation internationale de la francophonie, 2008).

2.3.5. Les stratégies

2.3.5.1. L'implantation du bâtiment

Le choix de l'emplacement d'un bâtiment influence directement le confort thermique qu'il offre à ses occupants. Selon Pierre Fernandez, l'implantation du bâtiment est une première étape nécessaire à l'intégration de la dimension énergétique dans le projet architectural. Pour réussir l'intégration du bâtiment, il est nécessaire d'exploiter le potentiel du site et d'examiner comment le projet interagit avec ses caractéristiques, telles que le relief, le cadre urbain, le type de terrain, la végétation, l'ensoleillement et les aérations. Cela permet de concevoir un bâtiment qui s'intègre à son environnement et offre à ses occupants le meilleur confort thermique possible.

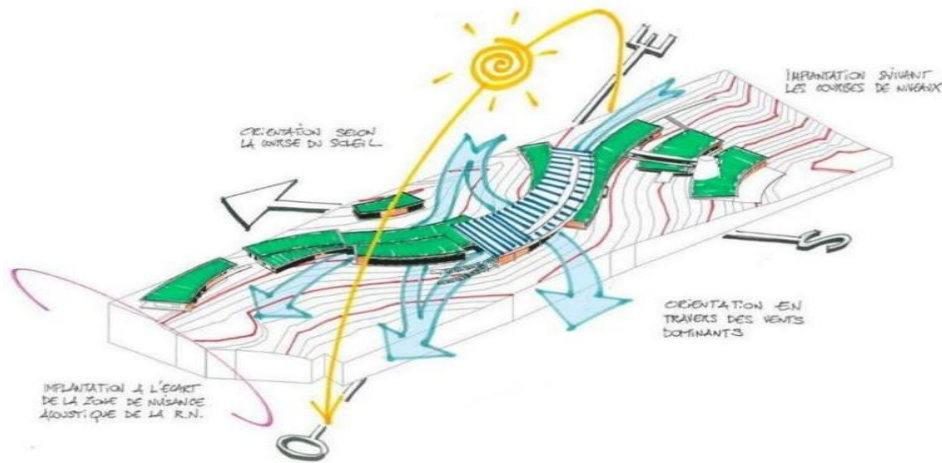


Figure 9: Implantation du bâtiment. Source : construction21.org

2.3.5.2. La forme et la compacité

La compacité d'un bâtiment, aussi nommée coefficient de forme (Cf), est identifier comme le rapport entre la surface de déperdition de l'enveloppe extérieure et le volume habitable. Ce coefficient démontre le taux d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes. Plus la surface de déperditions est grande, plus les pertes de chaleur augmentent. En revanche, un bâtiment à coefficient de forme élevé consomme moins d'énergie, car il nécessite moins de surfaces de chauffage pour maintenir le même volume. Cela indique que les bâtiments de conception compacte sont généralement plus économes en énergie que ceux

aux formes plus complexes ou aux surfaces de déformation importantes (Jean-Louis IZARD 2006)

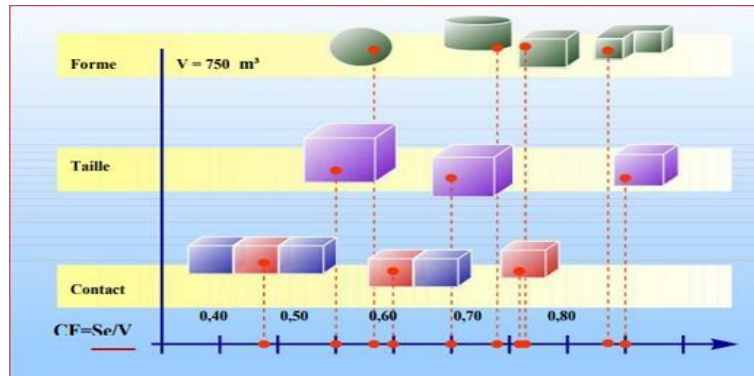


Figure 10 : coefficient du forme
Source : hikiennnguyen.wordpress.com

2.3.5.3. L'orientation

Selon Baruch Givoni, l'orientation d'un bâtiment est déterminée par de nombreux facteurs, notamment la vue, la position par rapport aux routes, la topographie du site, l'emplacement des sources de nuisances, le rayonnement solaire et ses effets thermiques, la ventilation par rapport à l'orientation des bouches d'aération principales, etc. L'orientation est un facteur crucial qui influence l'ambiance intérieure d'un bâtiment, car elle peut modifier la quantité de lumière naturelle, la température intérieure et la qualité de l'air. En tenant compte de ces facteurs, les concepteurs et les architectes peuvent créer des structures plus confortables, plus économes en énergie et plus respectueuses de l'environnement.

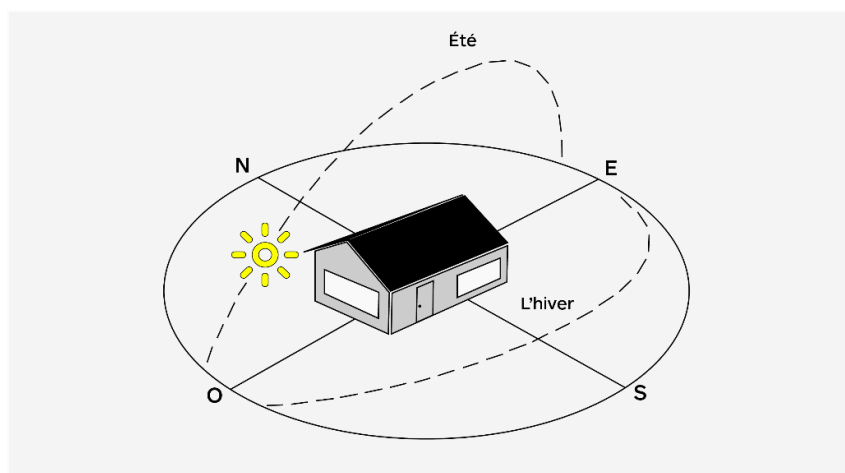


Figure 11:orientation du bâtiment
Source : gradhermetic.com

2.3.5.4. L'isolation thermique

L'un des critères les plus importants pour une construction est assurément sa demande énergétique pendant la période de chauffage ou de refroidissement. Les bâtiments possèdent une certaine isolation leur permettant de maintenir une température constante durant la période de chauffage. De la manière dont les différents matériaux, la masse et la configuration d'un bâtiment influencent son efficacité énergétique, on revient une fois de plus à la notion de confort thermique. Cela dit, l'énergie de chauffage et de refroidissement est assurée par l'utilisation d'éléments intérieurs. Leur vitrage, leur plomberie encastrée et leurs poignées dissimulées permettent également de réguler manuellement le courant d'air, assurant ainsi un contrôle de la circulation. En lien avec la littérature, les constructions disposent d'une énergie interne liée au chauffage et au refroidissement. À partir de cela, et en prenant en compte des facteurs extérieurs, on en vient à la question de la circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment.. (KOSSECKA E., KOSNY J. 2002)

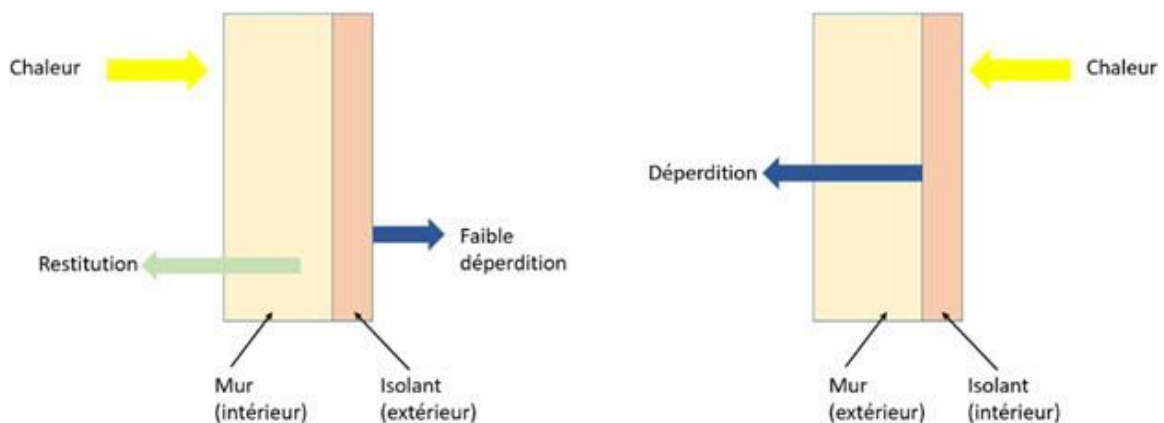


Figure 12: isolation des murs par l'intérieur et l'extérieur. Source : auteurs 2025

2.3.6.5. La ventilation naturelle

Un dispositif de ventilation naturelle s'avère crucial dans les conceptions passives, car il assure un courant d'air optimisant les transferts de chaleur entre l'intérieur et l'environnement extérieur du bâtiment. En prévoyant un unique point d'évacuation pour l'air pollué et un point d'entrée unique pour l'air frais, il est possible d'utiliser la stratification de l'air engendrée par les écarts thermiques et de pression entre intérieur et extérieur. (Kabouche a., 2011)

2.4. La consommation énergétique des immeubles de bureaux en Algérie

A peu près 41% de la consommation total d'énergie est utilisée par le secteur du bâtiment et de la rationalisation de l'utilisation de l'Energie selon l'Agence Nationale (APRUE,2019). Il y'a quelques bâtiments d'administration en Algérie qui consomment de l'énergie excessivement, ils peuvent atteindre jusqu'à 100% au-dessus des normes qui ont étaient placés pendant les périodes chaudes. Cette consommation importante est principalement dédiée à la climatisation avec 45% et l'éclairage 25%. à cause de ce problème des mesures ont étaient prises pour améliorer l'efficacité de l'énergie et diminuer cette surconsommation. Des solutions ont étaient mises par Le Programme National d'Efficacité Energétique (PNEE) comme l'isolation thermique, les énergies renouvelables et l'utilisation de la technologies moderne pour minimiser les pertes d'énergie. (Aps.dz consulté le 9.4.2025)

2.4.1. Les facteurs influençant la consommation énergétique

Les facteurs influençant la consommation énergétique sont :

2.4.1.1. Les équipements utilisés : L'efficacité énergétique des systèmes de chauffage, de refroidissement et d'éclairage affecte directement la consommation, car un équipement efficace peut réduire considérablement les besoins énergétiques pour maintenir le confort thermique et visuel tout en minimisant les pertes et les émissions. (Sinteo, 2024)

2.4.1.2. L'isolation thermique : Une isolation inadéquate des murs, des fenêtres, des portes et des toilettes augmente les pertes de chaleur du bâtiment, ce qui entraîne une consommation d'énergie, une diminution du confort thermique et une augmentation de l'impact environnemental (Opera Energie, 2025).

2.4.1.3. La taille de l'établissement : Impact de la climatisation sur la consommation d'énergie. Les petites entreprises (moins de 5 000 m²) utilisent environ 10% de leur énergie pour le refroidissement, tandis que les grandes entreprises (plus de 5 000 m²) peuvent utiliser jusqu'à 20%, ceci est dû à la nature complexe des systèmes de refroidissement et à la chaleur produite par des individus et des appareils dans de grandes zones. (ARENE 2009)

2.4.3. Principaux postes de dépenses énergétiques

Les principaux postes de dépenses énergétiques sont :

- Chauffage : environ 40 % de la consommation totale.
- Éclairage : environ 10 %.
- Climatisation et ventilation : environ 25 %.
- Équipements numériques et informatiques : environ 15 %. (Sinteo, 2024)

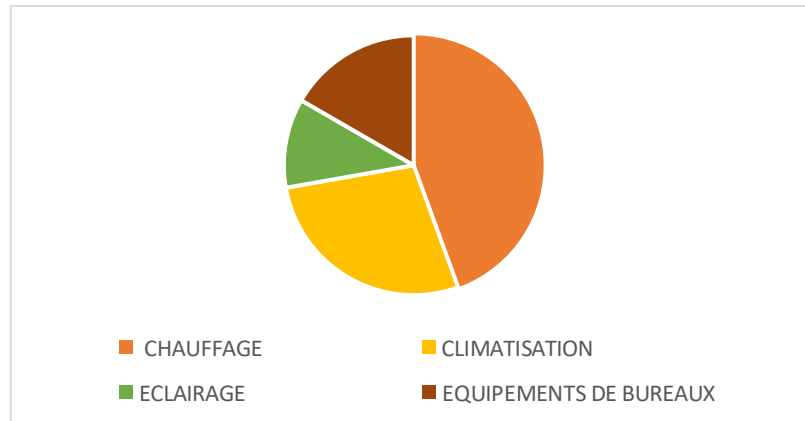


Figure 13: Pourcentage de dépenses énergétiques. Source : auteurs

Ces chiffres montrent l'importance d'améliorer toutes ces parties de la consommation d'énergie des immeubles de bureaux pour réduire la consommation globale. Les deux zones primaires pour une meilleure conservation de l'énergie dans une structure sont le chauffage et la climatisation. Pour réduire leur utilisation, les décisions de conception appropriées sont importantes, tels que des façades performantes pour limiter les déperditions thermiques et la ventilation naturelle pour réduire le recours à la climatisation,

En améliorant la consommation d'énergie, les personnes sur les lieux de travail peuvent réduire leur impact sur l'environnement et réduire les dépenses énergétiques. (Sinteo consulté 9.4.2025)

2.4.3.1. Le chauffage

Le chauffage représente environ 50% des consommations d'énergie d'une entreprise du tertiaire selon l'Ademe il est considéré comme un poste important de dépense énergétique. C'est donc l'un des premiers leviers à activer pour faire des économies d'énergie en entreprise et diminuer les coûts. (Opera Energie consulté 9.4.2025)

2.4.3.2. Climatisation

La climatisation contribue de manière significative à la consommation énergétique globale des bâtiments tertiaires, représentant environ 25 %, en particulier dans les régions plus chaudes ou dans les bâtiments insuffisamment isolés. (Opera Energie consulté 9.4.2025)

2.5. La ventilation naturelle

2.5.1. Définition

La ventilation naturelle représente le renouvellement d'air causé par des forces naturelles telles que le vent et la différence de température à travers des ouvertures en absence de dispositif mécanique (Marcello Caciolo 2010)

Elle est la méthode traditionnelle la plus ancienne de ventilation qui existe. Elle peut être réalisée par simple ouverture de fenêtre ou par des systèmes plus élaborés. Outre cette méthode a pour but d'optimiser le confort des occupants en produisant un mouvement d'air dans le bâtiment et en le rafraîchissant la nuit à l'aide des températures extérieures plus faibles. (Ghjuvan Antone Faggianelli 2015)

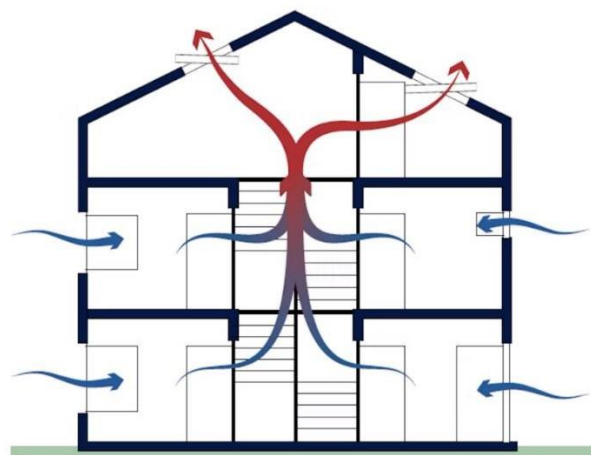


Figure 14: la ventilation naturelle. Source : atelier-nova.ch

2.5.2. Les avantages et les inconvénients de la ventilation naturelle

Tableau 1:: avantages et inconvénients de la ventilation naturelle. Source : Dominique Sellier 2012

Avantages	Inconvénients
• Installer un système simple • Mettre en place un système économique avec un entretien peu contraignant • Améliorer la qualité de l'air intérieur • Favoriser un renouvellement d'air sain • éviter la consommation d'énergie	• Air non filtré • Les mouvements d'air continus créés entraînent une perte importante de la chaleur du bâtiment en hiver • Dur à maîtriser car Le renouvellement de l'air est en rapport avec les saisons et le climat.

2.5.3. Types de ventilation naturelle

La ventilation naturelle pourrait être classée en deux catégories principales en fonction de la disposition des ouvertures, la ventilation mono exposé se caractérise par les ouvertures disposées d'un seul côté de l'espace ventilé. Au contraire, dans le cas de la ventilation traversante, les ouvertures sont disposées sur deux côtés opposés (Ghjuvan Antone Faggianelli , 2015)

2.5.3.1. La ventilation mono exposée

C'est le cas où les ouvertures sont disposées sur une seule façade de la zone à ventiler, alors que l'opposé est cloisonné et sans ouverture. Ce type est fréquemment observé dans les espaces de bureaux (Ghjuvan Antone Faggianelli 2015)

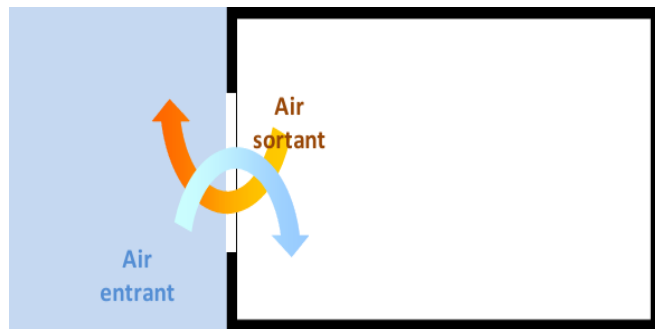


Figure 15 : la ventilation mono exposé. Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015

Ce type peut être :

Tableau 2: types de ventilation mono exposé. Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015

Ouverture unique en façade	Deux ouvertures en façade
Il est recommandé de limiter la profondeur de la pièce, cette dernière doit être limitée à 2 fois la hauteur sous plafond, avec un maximum de 6 mètres pour une ventilation efficace de toute la pièce Figure 16: ouverture unique en façade source : eolios.fr	La profondeur de la pièce doit être limitée à 2,5 fois la hauteur sous plafond pour maintenir un tirage thermique efficace. Figure 17: deux ouvertures en façade source : eolios.fr

2.5.3.2. La ventilation transversale

La ventilation transversale se déclenche quand l'air s'introduit par une façade du bâtiment et ressort par une autre façade, habituellement opposée.

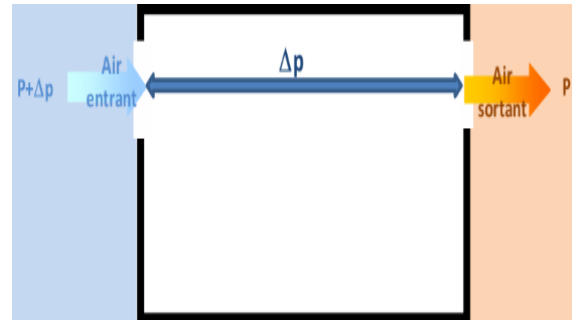


Figure 18: la ventilation transversale. Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015

Les structures utilisant cette stratégie de ventilation nécessitent une conception particulière pour maximiser l'effet du vent et thermique. (Ghjuvan Antone Faggianelli, 2015)

Les configurations les plus courantes incluent des éléments tels que :

Tableau 3: les types de la ventilation transversale, Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015

Cheminée thermique	Ventilation par atrium	Ventilation par double peaux
Une technique qui utilise l'effet de l'aspiration, a pour but d'éliminer la surchauffe intérieure d'une structure en aidant l'air chaud à sortir par des ouvrants en partie haute Figure 19: ventilation naturelle par cheminée thermique Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015	Il agit comme une cheminée solaire géante. De plus, il permet de doubler le volume d'une construction ventilée naturellement vu que l'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, alors que l'extraction se fait au milieu (JM Holford 2003) Figure 20: ventilation naturelle par atrium Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015	Une façade composée de deux parois séparées par une lame d'air. La ventilation de cette lame d'air découle d'un fait de convection : L'air pénètre de bas de la façade par des sections de ventilation, cet air est chauffé dans la lame d'air, et monte par convection jusqu'aux la sortie d'air, située en partie haute (JM Holford 2003) Figure 21: ventilation naturelle par double peau Source : Ghjuvan Antone Faggianelli 2015

2.5.4. Utilisation de la ventilation naturelle

On identifie deux façons différentes pour l'utilisation de la ventilation naturelle, la ventilation dite de confort utilisée en journée, et la sur ventilation nocturne qui est utilisée la nuit.

2.5.4.1. La ventilation diurne (de confort)

Dans ce cas, la ventilation vise l'amélioration du confort physiologique des occupants. Elle génère un mouvement d'air qui utilise la ventilation transversale des espaces pour les débits d'air requis, mais elle peut également réchauffer les locaux si la température externe est beaucoup plus chaude (Ghjuvan Antone Faggianelli, 2015)

Conditions optimales :

- Température extérieure maximale : 28-32°C
- Amplitude thermique faible entre le jour et la nuit
- Structures légères pour éviter l'accumulation de chaleur
- Climat tropical, vitesses de vents supérieures à 1 m/s

2.5.4.2. Ventilation nocturne

La sur ventilation nocturne peut permettre, pendant la saison chaude, de rafraîchir la structure du bâtiment par convection et de garder du froid pour garantir le confort thermique en journée, pour optimiser son efficacité, il doit :

- Avoir une bonne protection solaire adaptée
- Avoir une bonne inertie et isolation thermique du bâtiment
- Amplitude thermique importante (supérieure à 10°C)

Cette technique peut permettre jusqu'à 40% d'économie d'énergie (Ghjuvan Antone Faggianelli 2015)

- L'utilisation de la ventilation naturelle diurne et nocturne réduit le Besoin de refroidissement d'environ 60%

- La ventilation diurne est plus efficace que la ventilation nocturne si le bâtiment a peu d'inertie.
- La ventilation nocturne est presque aussi efficace que la ventilation diurne si le bâtiment possède un peu d'inertie (Elisabeth Gratia et Andre de herde, 2006)

2.5.5. La ventilation naturelle dans les espaces de bureaux

2.5.5.1. Relation entre productivité et bien-être

Le bien-être est étroitement lié à la productivité et peut générer des bénéfices économiques pour une entreprise, s'il est considéré dès la phase de conception. (Oscar Hernandez Wilches, 2015)

Tableau 4 : résumé de la Relation entre productivité et bien-être Source : mentionnée ci-dessous

Indicateur	Source	Étude	Résultat
Relation entre Température et productivité	Oscar Hernandez Wilches (2015), Sepänen et al. (2006)	L'impact de la température sur la performance et la productivité des employés	La température ambiante a un impact direct sur la productivité des employés. Selon les études, une température optimale de 21,75 °C permet de maximiser la performance. En hiver, une température entre 21 et 23 °C entraîne une perte de productivité minimale de 0,5 %, tandis qu'en été, une plage de 23,5 à 25,5 °C entraîne une perte modérée de 1,5 %. Les facteurs d'inconfort thermique, tels que le froid localisé ou la chaleur due au rayonnement solaire, peuvent accentuer cette baisse de productivité. Une gestion thermique précise est donc cruciale pour maintenir un niveau de productivité élevé
Relation entre Ventilation et performance	Wyon & Wargocki (2006)	Étude menée dans des centres d'appels pour observer la relation entre la	Une augmentation significative du débit de ventilation, de 10 à 80 m³/h par personne, a eu des impacts notables sur la performance au travail.

		ventilation et performance	Cette mesure a entraîné une hausse de 9 % de la productivité des opérateurs dans les centres d'appels, ainsi qu'une réduction de 35 % de l'absentéisme. L'amélioration de la qualité de l'air intérieur, grâce à un apport accru en air frais et à la réduction des polluants, est la principale explication de ces résultats. Un environnement plus sain favorise ainsi la concentration, le confort et le bien-être des occupants.
Relation entre Qualité de l'air intérieur et bien-être des employés	K. Charles, J.T. Reardon et Robert Magee 200	Étude menée sur l'importance de la qualité de l'air intérieur et du confort thermique dans les espaces de bureaux à aire ouverte. Analyse des sources de contaminants et de leurs effets sur la santé, la satisfaction et la productivité des occupants. L'étude met en évidence les risques liés à une mauvaise ventilation et propose des mesures pour y remédier.	La mauvaise qualité d'air intérieur rend inconfortable et provoque un rendement inefficace, absentéisme, et les problèmes de santé qui comprennent les maux de tête, somnolence, irritations. Les causes de contaminants sont multiples, incluant les sources extérieures, des matériaux, des équipements et des occupants. Une ventilation insuffisante se traduit par des niveaux élevés de CO ₂ qui sont inconfortables. Maintenir les niveaux de CO ₂ en dessous de 650 ppm, limiter les polluants, ventiler efficacement, utiliser des produits respectueux de l'environnement et mettre en œuvre des politiques de santé et de sécurité au travail sont autant de moyens d'améliorer la qualité de l'air intérieur

2.5.5.2. Étude d'exemple

Tableau 5: résumé d'étude d'exemples Source : mentionnée ci-dessous

Indicateur	Source	Étude	Résultat
La ventilation naturelle	Oscar Hernandez Wilches 2015	Une étude a été menée dans l'immeuble de la Basler Versicherung à Bâle, en Suisse, afin d'examiner la ventilation naturelle et le confort thermique sans recours à un système mécanique. La mesure de variables telles que la température, le CO₂ et l'humidité montre l'efficacité de la ventilation naturelle lorsque les fenêtres sont ouvertes manuellement en fonction des saisons.  <i>Figure 22: le bâtiment Basler Versicherung</i> Source : zonebourse.com	L'étude a démontré l'efficacité de la ventilation naturelle dans le bâtiment : La température intérieure était d'environ 27 °C et les concentrations de CO₂ étaient faibles (moins de 600 ppm) grâce à un renouvellement d'air sain. Les températures restent autour de 23 °C tout au long de l'hiver, mais les concentrations de CO₂ sont plus élevées, mais restent inférieures à 900 ppm. Malgré les vitesses d'air élevées, les occupants n'ont pas formulé beaucoup de plaintes. La ventilation naturelle a garanti des températures intérieures confortables et un air de haute qualité.
	Oscar Hernandez Wilches 2015	Étude de l'immeuble de bureaux Rijkswaterstaat situé à Terneuzen, Pays-Bas sur la ventilation naturelle par tirage thermique  <i>Figure 23: l'immeuble de bureaux Rijkswaterstaat. Source : portal.tee.gr</i>	Aucune surchauffe n'a été observée. Teneur maximale en CO₂ : 850 ppm. Bon renouvellement de l'air. Satisfaction thermique : 62 % en été et 72 % en hiver. Consommation énergétique globale : 87 kWhEP/m².an. Bien que la ventilation naturelle soit efficace, elle entraîne des pertes thermiques qui augmentent la consommation de chauffage.

Tableau 6: résumé d'étude d'exemple en Algérie Source : Yahiaoui Ahlam 2019

Indicateur	Source	Étude	Résultat
La ventilation naturelle	Yahiaoui Ahlam 2019	Étude menée dans un bâtiment administratif à Tizi Ouzou pour évaluer la ventilation naturelle et le confort thermique des bureaux.  Figure 24: bâtiment administratif à Tizi Ouzou Source : Yahiaoui Ahlam 2019	76,97 % des employés déclarent que leurs bureaux sont confortables et bien ventilés. Une meilleure ventilation grâce à l'orientation nord des bureaux réduit le besoin de climatisation. Bureaux Sud = plus d'ensoleillement → utilisation accrue de la climatisation. Courant d'air efficace via l'ouverture Nord/Sud. Excellente qualité de l'air perçue

2.6. Stratégie de ventilation naturelle : façade double peau

Dans une démarche de conception durable, la ventilation naturelle est un bon moyen d'améliorer la satisfaction thermique et d'éviter d'utiliser l'énergie. Parmi les différentes stratégies, la façade à double peau est une option particulièrement appropriée pour les besoins modernes. Sa combinaison améliore non seulement le transfert de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, mais aussi pour stimuler la pureté de l'air et réduire la dépendance à la climatisation mécanique.

2.6.1. Aperçu historique

Le concept de façade à double peau (DSF) remonte à 1849 avec l'inventeur et promoteur belge Jean-Baptiste Jobard, pour améliorer le confort thermique. Après les crises énergétiques des années 1970-80, les DSF ventilées mécaniquement se sont généralisées en Europe (Saelens, 2002).

Leur adoption a été renforcée par les préoccupations environnementales, comme en témoigne le centre UCB à Bruxelles dans les années 1980, intégrant des protections solaires dans la cavité (Kragh, 2001).

Aujourd'hui, plus de 50 % des DSF sont en Europe, avec une forte présence en Allemagne (20 %) et au Japon (13 %) (Anđelković et al., 2015)

2.6.2. Définition

La façade double peau est une paroi extérieure composée de plusieurs couches et composée de deux niveaux de façade. Le niveau intérieur, également appelé façade principale, définit les différentes zones de l'espace intérieur et assure généralement la fonction d'isolation thermique, le niveau extérieur, également appelé façade secondaire, est destiné à résister aux contraintes environnementales. (VKF 2017)

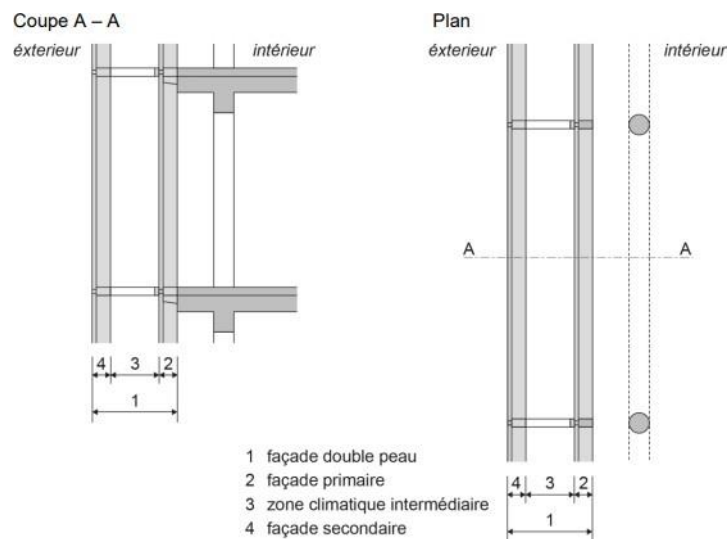


Figure 25: schéma de la façade double peau. Source : VKF 2017



Figure 27: façade double peau
Source : cahiers-techniques-batiment.fr

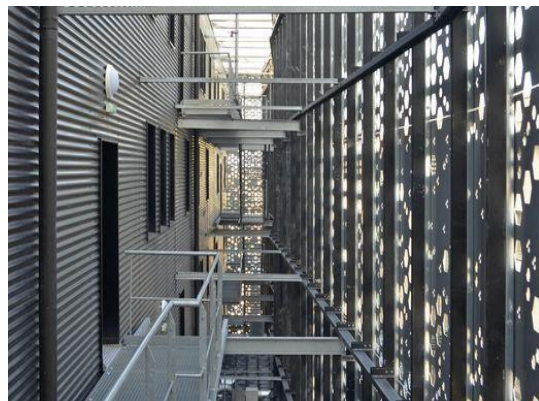


Figure 26: façade double peau
Source : lemoniteur.fr

2.6.3. Les bénéfices de la façade a double peau

Selon bonham, 2020, La façade à double peau présente plusieurs avantages :

- Meilleure luminosité naturelle et des vues claires.
 - Réduction des besoins en chauffage et en refroidissement.
 - Amélioration de l'isolation thermique et acoustique.
 - Ventilation naturelle et un renouvellement d'air, créant un environnement plus sain.
- (Bonham, 2020)

2.6.4. Les contraintes de la façade a double peau

Bonham 2020 rapporte également que Les inconvénients de la façade à double peau sont comme suite :

- Un coût de construction élevé.
- Une perte d'espace.
- Un besoin d'entretien régulier.

2.6.5. Classification de la façade a double peau

La classification des façades ventilées double peau se fait trois critères majeurs :

2.6.5.1 types de ventilation

- **Façades ventilées naturellement**

Sans système mécanique, les façades ventilées naturellement utilisent la ventilation naturelle pour rafraîchir les bâtiments. L'air chaud est expulsé, laissant place à l'air frais. (Safaa Lahayrech et al 2022)

- **Façade ventilée mécaniquement**

Les façades ventilées mécaniquement, aussi appelées « murs actifs », utilisent des systèmes de ventilation mécanique pour réguler la température. Grâce à des unités de traitement d'air, des ventilateurs et des systèmes CVC, elles permettent :

- d'évacuer l'énergie consommée pendant les périodes d'apports solaires ;
- de récupérer la chaleur solaire pendant les périodes froides grâce à des échangeurs de chaleur ; et de réchauffer les locaux. (Safaa Lahayrech et al 2022)

- **La ventilation hybride ou à mode mixte**

Afin de donner un moyen qui sert à plusieurs choses et qui marche vraiment bien, la ventilation hybride, aussi appelée mode mixte, mélange la ventilation mécanique avec la ventilation naturelle. Elle utilise un « système qui change tout seul entre les deux types selon les conditions météorologiques. La ventilation hybride est le meilleur choix dans les climats chauds où la ventilation naturelle ne peut pas garder des températures de l'air confortables. Cette technologie aide à utiliser les caractéristiques de la ventilation naturelle et de la mécanique afin d'améliorer la qualité de l'air dedans tout en économisant de l'énergie. (Safaa Lahayrech et al 2022)

- **2.6.5.2 Structure de la façade et cloisonnement de la cavité**

Les façades ventilées à double peau il est possible de les classer en fonction de leur structure et de leur type de construction, principalement en ce qui concerne le cloisonnement de leurs cavités d'air. (Safaa Lahayrech et al 2022)

Quatre configurations de cloisonnement ont été identifiées dans la littérature :

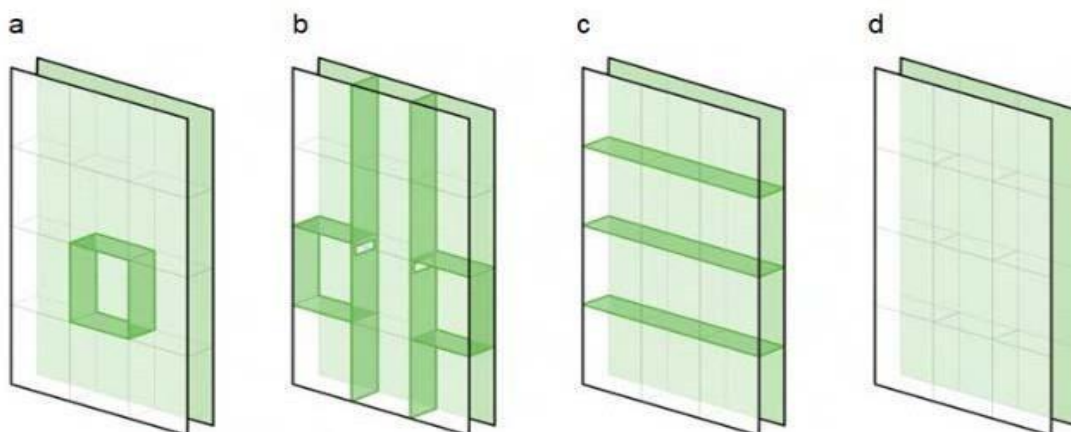


Figure 28: configuration de la cavité d'air (a) Box, (b) Shaft-box, (c) Corridor, (d) Multi-étages. Source : Safaa Lahayrech et al 2022

a) Box : L'espace aérien est séparé horizontalement et verticalement au même temps.

En résultat des fenêtres aux configurations multiples sont présentées.

b) Shaft Box : La cavité est répartie en compartiments verticaux sur toute la hauteur de la façade

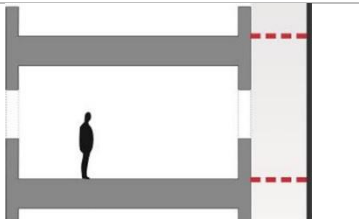
c) Corridor : La cavité est divisée en éléments horizontaux, généralement pour chaque niveau. Des espaces sont prévus pour faciliter le mouvement de l'air.

d) Multi étages : La deuxième couche de la façade traverse toute la hauteur du bâtiment sans séparation intermédiaire.

- Les configurations multi-étages et shaft-box sont idéales pour utiliser la ventilation naturelle dans le but de réduire les gains de chaleur solaire, à l'aide de l'effet de cheminée important dans la cavité d'air.
- Les types box et corridor ne sont pas adaptés à la ventilation naturelle, car la distance entre les entrées et sorties d'air est plus réduite. En revanche, ils conviennent parfaitement aux immeubles de grande hauteur, car ils empêchent la surchauffe des niveaux supérieurs. (Safaa Lahayrech et al 2022)

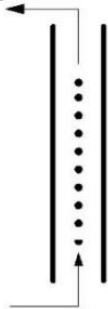
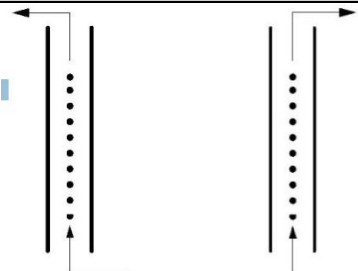
Tableau 7:synthèse de la géométrie de la façade Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015

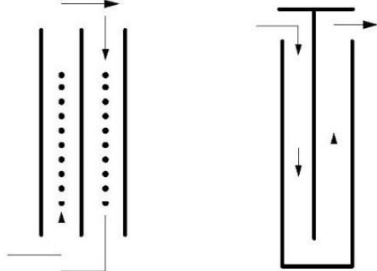
Indicateur	Source	Étude	Résultat
Géométrie de la façade	Torres et al. (2007)	L'effet de la géométrie de façade double peau sur la ventilation naturelle	L'effet de cheminée des types multi-étages et shaft box est plus accentué, ce qui augmente son taux de ventilation
	Hong et al. (2013)		Le type à multi-étages avait les charges de refroidissement les plus faibles car la ventilation naturelle empêchait l'augmentation de la température de l'air en raison des gains de chaleur solaire.

Impact	Les types shaft box et multi-étages présentent des performances appropriées pour les bâtiments à ventilation naturelle.	
--------	---	---

2.6.5.3 modes de fonctionnement de la façade double peau

Tableau 8: mode de fonctionnement de la façade à double peau Source : Darya Andreeva, Darya Nemova 2022

Mode d'air	Description	Schéma principal
Air extérieur	L'air intérieur pénètre dans la cavité d'air depuis la pièce et est évacué par le conduit de ventilation ou directement vers l'extérieur.	
Air intérieur	L'air provenant de la pièce passe dans l'espace interstitiel avant d'être évacué par le conduit d'extraction ou directement vers l'extérieur.	
Espace d'air ventilé		
Alimentation en air par le système de ventilation	Alimentation en air par le système de ventilation : (a) L'air circule entre les panneaux avant d'être introduit dans la pièce via les canaux d'alimentation du système de ventilation. (b) L'air pénètre dans la cavité depuis l'intérieur du bâtiment avant d'être évacué à l'extérieur.	

Combiné	Pour une façade à double peau.	
Pas d'espace d'air ventilé		
Espace d'air non ventilé	Façade à cavité fermée : Les cavités forment une zone tampon entre la rue et les locaux, elles ne sont pas ventilées.	

2.6.6. Paramètres de la façade double peau

2.6.6.1. Hauteur de la cavité et effet de cheminée

Une cavité plus élevée dans une façade à double peau accentue l'effet de cheminée, ce qui augmente le débit d'air (Oesterle et al., 2001 ; Mingotti et al., 2011). Cet effet est particulièrement avantageux dans les climats chauds, où l'évacuation de l'air chaud est cruciale.

De plus, l'extension de la cavité au-delà du toit améliore encore la ventilation (Ding et al., 2005). Pour une efficacité optimale, il est recommandé que cette extension s'étende sur au moins deux étages supplémentaires. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

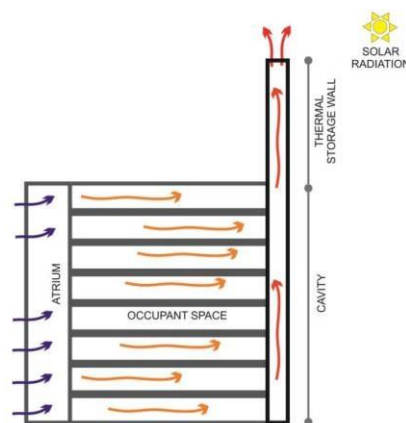


Figure 29: façade double peau avec espace de stockage thermique au-dessus de la cavité. Source :Ding et al., 2005)

2.6.6.2 Profondeur de la cavité

Selon les exigences particulières de ventilation, d'entretien et d'ombrage, la profondeur de la cavité d'une façade double peau peut varier de 10 cm à 2 m (Pappas et Zhai, 2008). Ces cavités étroites renforcent l'effet cheminée et favorisent l'extraction de chaleur, réduisant ainsi la transmission thermique interne). Cependant, elles peuvent également limiter le flux d'air dans les bâtiments ventilés naturellement. Une profondeur minimale de 40 cm est requise pour faciliter l'entretien, et il est rare que la profondeur dépasse 1 m pour éviter de perdre de l'espace intérieur. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

2.6.6.3 Propriétés de vitrage de la peau extérieure

Les propriétés du vitrage de la peau extérieure contribuent dans la performance thermique et la ventilation d'une façade à double peau.

En agissant comme écran solaire, un vitrage extérieur à faible transmittance et à forte absorption, combiné à un vitrage intérieur à faible émissivité, réduit le transfert de chaleur tout en limitant la circulation d'air. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

- À l'inverse, un vitrage extérieur moyennement transmissif et absorbant (40 %), combiné à un vitrage intérieur à forte absorption, augmente la température de la cavité, renforçant ainsi l'effet cheminée et la circulation d'air. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

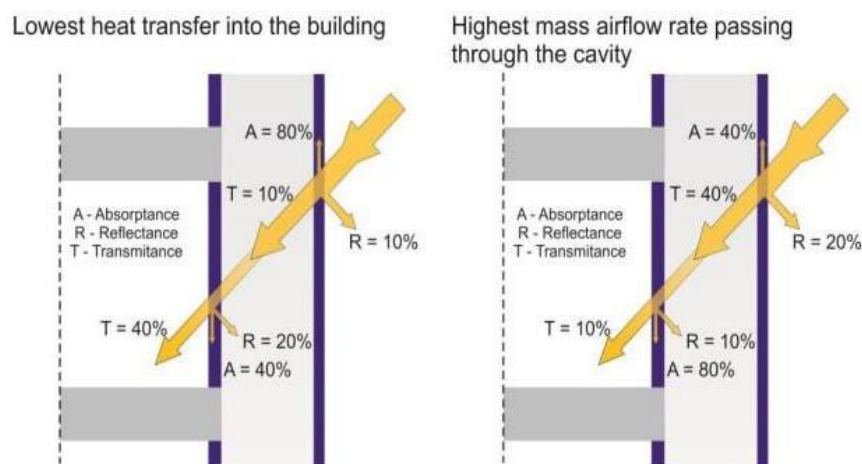


Figure 30: performance de la façade double peau en fonction des caractéristiques du vitrage Source : Perez-grande et al 2005

2.6.6.4 dispositifs d'ombrage

Les dispositifs d'ombrage dans les façades à double peau (DSF) réduisent la surchauffe et améliorent la ventilation. Leur efficacité dépend de leur position et de l'orientation des lames. Une position centrale et une orientation verticale des lames assurent une meilleure circulation de l'air et réduisent la charge thermique. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

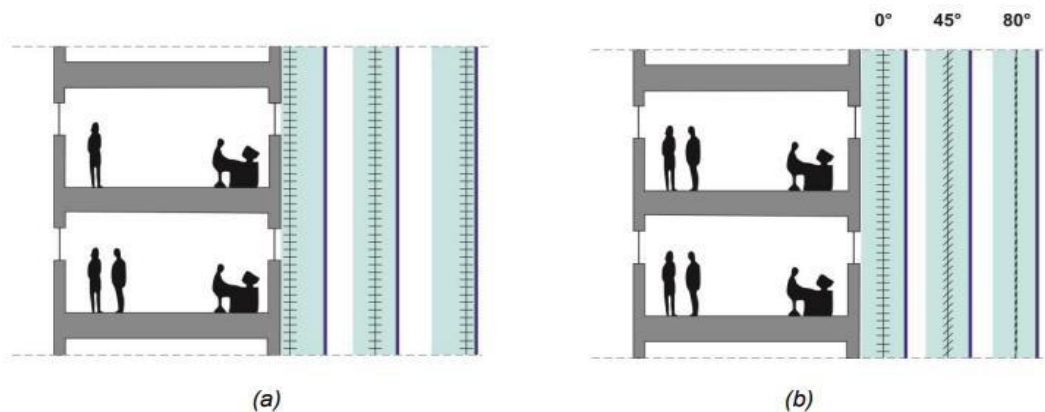


Figure 31: Variations du dispositif d'ombrage (a) position proposée par Gratia et De Herde (2007b) et (b) angle évalué par Ji et al. (2007)

Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015

2.6.7. Paramètres du bâtiment

Les paramètres suivants sont essentiels pour caractériser l'enveloppe du bâtiment :

2.6.7.1. Matériaux de la peau intérieure

La couche intérieure d'une façade double peau (FDP) est essentielle à la régulation thermique et à l'efficacité énergétique. Deux méthodes peuvent être utilisées :

1. Matériaux à forte inertie thermique (béton, maçonnerie) : ont pour but d'absorber et stocker la chaleur, maintenir la stabilité de la température, favoriser la circulation de l'air et réduire le risque de surchauffe.
2. Double vitrage clair à faible émissivité (low-e) : minimise le transfert de chaleur interne et réduit la consommation d'énergie.

Parce qu'ils offrent une meilleure régulation thermique passive, les matériaux à masse thermique élevée sont souvent plus pertinents pour améliorer les performances globales de la façade à double peau en ventilation naturelle. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

Tableau 9: resume des matériaux de la peau intérieure Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015

Indicateur	Source	Étude	Résultat
Matériaux de la peau intérieure	Fallahi et al. (2010)	Impact des matériaux de la peau intérieure sur la performance thermique des façades double peau	L'application de masse thermique sur la peau interne a augmenté les charges de refroidissement de 12 % par rapport au cas avec une masse thermique appliquée aux dispositifs d'ombrage
	Radhi et al. (2013)		Les propriétés optiques des couches sont l'un des moyens les plus efficaces de réduire les charges de refroidissement, avec une influence particulière sur le gain solaire direct et sur l'effet de pile de cavité.
	Joe et al. (2014)		Le changement du type de vitrage de la couche intérieure DSF a rendu possible de réaliser les économies d'énergie les plus importantes, jusqu'à 3,8 %, par rapport aux variations du type de vitrage de la couche extérieure.
Impact	L'application de matériaux à masse thermique élevée sur la couche intérieure DSF cause une augmentation de la température de la cavité de l'air. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)		

2.6.7.2. Taux de vitrage

Le taux de vitrage a un grand effet sur la façon dont les façades à double peau font leur travail en ce qui concerne la chaleur et l'air. Des recherches montrent qu'un niveau élevé de vitrage peut diminuer les bons côtés d'un mur à double peau, surtout pour limiter les égards dans le transfert de l'énergie thermique qui vient du rayonnement du soleil. Par exemple, l'étude révèle que la baisse du niveau de vitrage de 50% à 70% baisse le passage de chaleur, mais un niveau de 90% augmente le transfert de chaleur de manière plus importante. -Ici,

dans le cas des conditions optimales pour l'air de bouger et épargner sur l'énergie, un bon pourcentage de verre est important. Certaines études montrent qu'un nombre de verre d'environnement 30% peut induire une bonne économie d'énergie à l'année jusqu'à 26% contre 90%. En plus, des nombres entre 15% et 30% aident à faire grandir le nombre de circulation d'air naturel. Un nombre plus haut le réduit.

- un taux de vitrage équilibré est essentiel pour assurer une bonne circulation de l'air et optimiser la consommation énergétique, alors il est conseillé de ne pas descendre en dessous de 30 % afin de bénéficier des avantages d'une façade double peau. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)

Tableau 10:résumé du taux de vitrage Source : Sabrina Andrade Barbosa 2015

Indicateur	Source	Étude	Résultat
Taux de vitrage	Haase et al. (2009)	Impact du taux de vitrage sur le confort thermique et les performances de ventilation dans les façades double peau	•Le taux de vitrage et le type de vitrage ont un effet important sur les charges de refroidissement annuelles. • Les façades à double peau avec un taux élevé (90 %) ont la même charge de refroidissement annuelle qu'une façade a une seule peau avec une petite surface vitrée.
	Ding et al. (2005)		Le taux de vitrage entre l'espace des occupants et l'espace de la cavité ne doit pas être inférieur à 30 % pour obtenir des conditions de circulation d'air favorables sur les huit niveaux d'étage.
	Chou et al. (2009)		Une diminution du transfert thermique à travers la façade a été constatée pour des taux compris entre 50 % et 70 %. En revanche, lorsque le WWR atteint

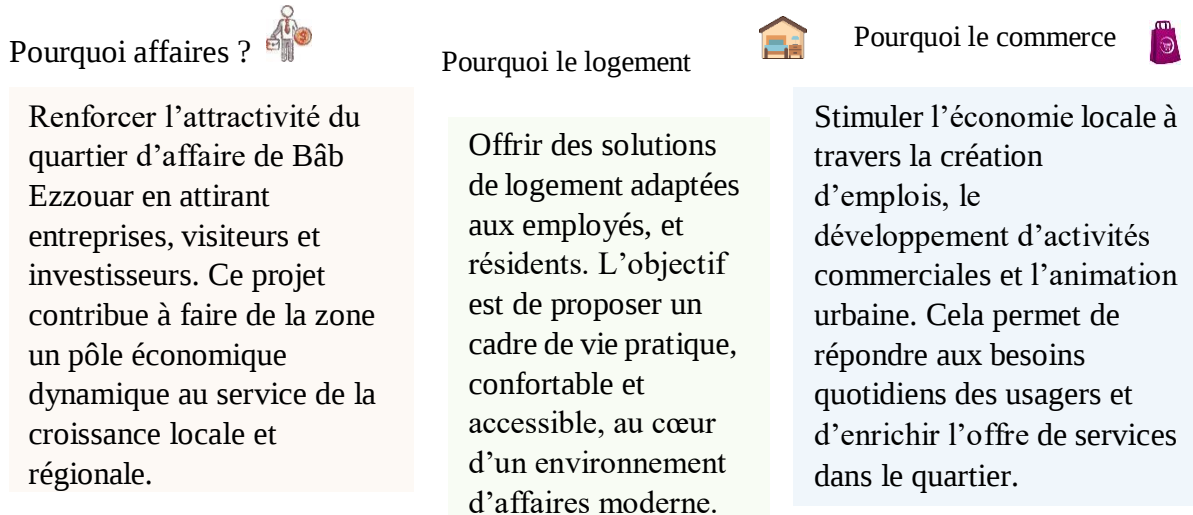
Chapitre 02

			90 %, le transfert de chaleur augmente de manière significative
	Manz et al. (2004)		L'ouverture au bas de la couche intérieure permet un faible gain de chaleur solaire dans la pièce des utilisateurs
Impact	Le taux de vitrage entre l'espace occupé et la cavité ne doit pas être inférieur à 30 % afin de garantir des conditions de circulation d'air favorables dans un bâtiment de plusieurs étages. Toutefois, un taux de vitrage de 90 % peut entraîner un important gain solaire dans la zone occupée, susceptible d'augmenter l'inconfort thermique. (Sabrina Andrade Barbosa 2015)		

2.7. Recherche thématique

Afin d'arrivé au but de notre étude nous avons organisés comme suite :

2.7.1. Justification du choix : Vers une mixité fonctionnelle



La combinaison des trois permet d'offrir des services variés adaptés aux professionnels, touristes et résidents, ce projet répond aux besoins d'une clientèle diversifiée tout en contribuant au développement économique et urbain de la région.

2.7.2. Centre d'affaire

2.7.2.1 Qu'est-ce qu'un centre des affaires

Centre d'affaire se définit comme le montre la figure qui suit :

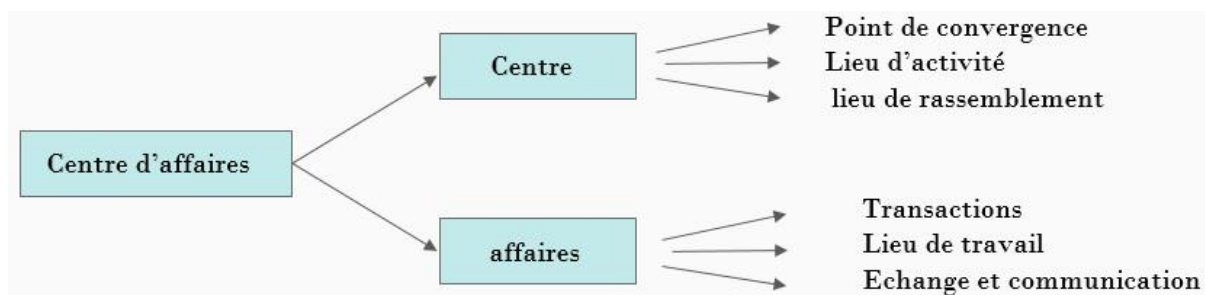


Figure 32:schéma illustrant la définition d'un centre d'affaire Source : auteurs 2025

Un point de convergence et un lieu d'activité ou de rassemblement où se déroulent des transactions, du travail, des échanges et de la communication.

Un centre d'affaires est une structure développée pour diverses activités professionnelles il regroupe bureaux salle de réunion ou des coworking space, il peut réunir plusieurs entreprises et assurer différents services

Le quartier d'affaire se définit comme suit :

Quartier : Un territoire aux limites plus ou moins définies (d'une agglomération).

Affaires : C'est une combinaison d'activités économiques et financières destinée aux échanges.

Quartier d'affaires : c'est un secteur qui couvre les activités et les fonctions du secteur tertiaire. Il définit un lieu d'échanges de communication et de concertation des opérateurs économiques, par ailleurs, Il offre des surfaces importantes des bureaux abritant des sièges de sociétés locales, nationales ou étrangères, afin de répondre aux besoins en matière de représentation dans la perspective d'assurer la rentabilité économique.

2.7.2. Synthèse de l'étude de cas : Les études de cas suivantes ont été analysées selon 4 titres principaux : Environnement, Forme, Enveloppe et réponses climatiques

Tableau 11:synthèse d'étude de cas. Source : auteurs

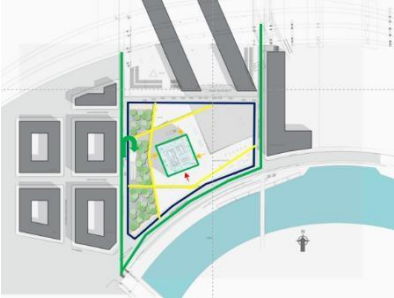
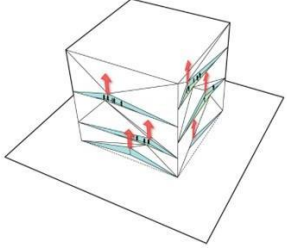
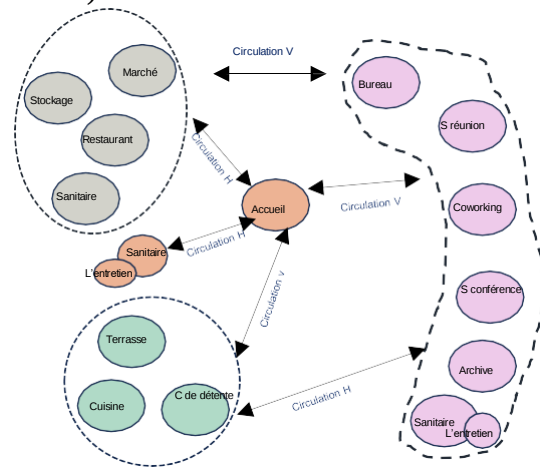
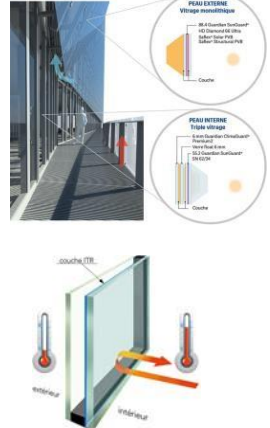
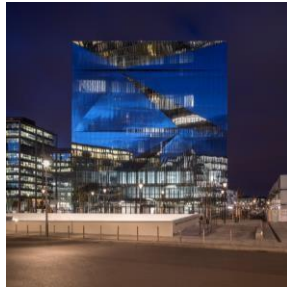
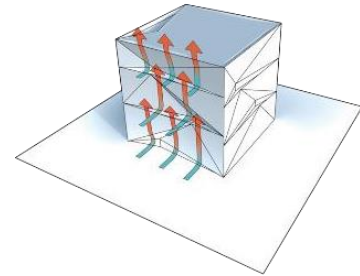
Nom du projet	ENVIRONNEMENT	CONCEPT ARCHITECTURALE	FORME	ASPECT STRUCTURELLE	ANALYSE DE LA FAÇADE	RÉPONSES CLIMATIQUES
Cube de Berlin	CONCEPT URBAIN - Le centre est situé à Washingtonplatz en plein centre de Berlin en Allemagne - Il est facilement accessible par les piétons, il est à proximité de deux voies mécaniques principales -il est aussi accessible par 2 moyens de transport (train, bus) à côté du projet - Il est situé à côté de plusieurs infrastructures importantes (gare de train, hôtels ...), en résultat le flux est très important dans cette zone - Le bâtiment représente 9% de la superficie totale Mais l'espace non bâti représente : les espaces verts, stationnement de vélos, l'entrée au parking, les chemins piétons et aménagements extérieurs ce qui rend le projet homogène.	L'idée du volume cubique vient du concept d'emballage qui fait référence à la façon dont la façade et l'enveloppe extérieure du bâtiment sont conçues pour répondre à des objectifs spécifiques, tels que l'esthétique, la performance thermique, et l'interaction avec l'environnement urbain. Le résultat est un bâtiment en forme de cube sculpté de 42x42x42 avec 10 étages sculptés,	Le projet abrite 2 fonctions principales : affaires et commerce On retrouve au RDC : un marché alimentaire avec 2 restaurants qui occupent 90% de la surface de l'étage Les autres étages sont dédiés à l'entité affaires : on retrouve à chaque étage les bureaux, salles de réunion ; salle de conférence, plusieurs espaces de coworking Avec des espaces pour se détendre : les terrasses, chambre de détente, et des cuisines pour la consommation Et les espaces de service (sanitaire, local entretien).	Le bâtiment repose sur une structure porteuse classique (poteau-poutre) combinée à des techniques modernes, qui optimise l'utilisation de l'espace intérieur et offre une grande flexibilité dans son aménagement	ANALYSE DE LA FAÇADE - La façade entièrement vitrée du cube Berlin offre un commentaire spectaculaire sur le paysage urbain de Berlin - Les segments de la façade sont poussés vers l'intérieur afin de créer des terrasses extérieures à tous les niveaux. - Le toit est envisagé comme une « cinquième façade » et complète le concept du cube.	- La façade ventilée à double peau offre de hautes performances en tant que fournisseur de lumière naturelle et en même temps l'énergie générée par le rayonnement solaire est utilisée pour refroidir l'air frais fourni. Les vitres enduites réduisent le chauffage de l'intérieur - La façade entre dans un système global de gestion de l'énergie basé sur le déplacement d'énergie qui transfère le surplus d'énergie, c'est-à-dire la chaleur dans une zone, en refroidissement dans une autre. - Les gradins de la façade agissent comme des éléments de protection solaire, réduisant les gains thermiques et permettant une meilleure gestion de la chaleur
		 où la façade est repliée vers l'intérieur pour créer des plateformes extérieures à chaque niveau. 	 	 Elle est principalement composée de béton armé et d'une double façade, composée d'une peau extérieure en verre avec couche intérieure isolante. 	 	 

Tableau 12::synthèse d'étude de cas. Source : auteurs

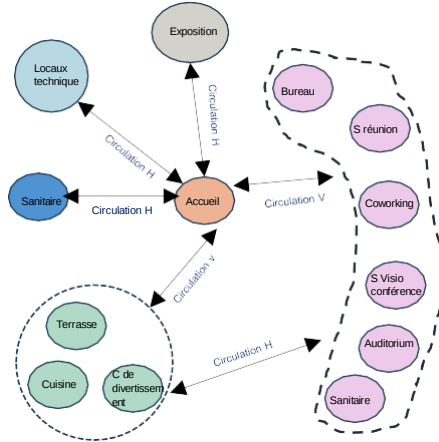
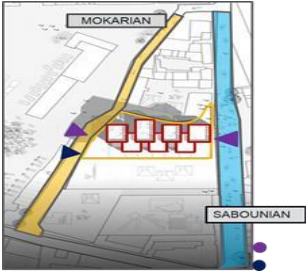
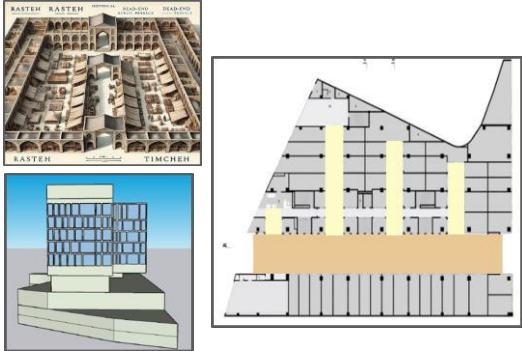
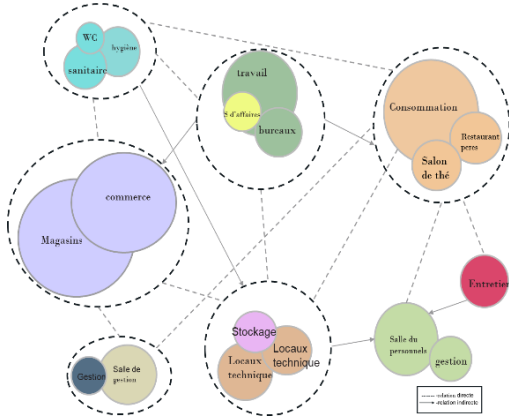
Nom du projet	ENVIRONNEMENT	FORME		ENVELOPPE		RÉPONSES CLIMATIQUES
TOUR MIRABEAU	CONCEPT URBAIN	CONCEPT ARCHITECTURALE	PROGRAMME	ASPECT STRUCTURELLE	ANALYSE DE LA FAÇADE	• L'enveloppe du bâtiment fait l'objet d'une conception bioclimatique qui fait baisser de 40 % la consommation énergétique
	• La tour Mirabeau à Marseille en France plus précisément dans le quartier d'affaires la joliette • L'accessibilité piétonne se fait depuis le Bd Mirabeau, et mécanique se fait par l'autoroute A55 juste à cote du projet - La tour est à proximité de tous les moyens de transport • Le bâtiment représente 90% de la superficie totale Les 10% qui reste est dédié pour l'entrée au parking Ce résultat reflète une emprise presque totale du bâtiment sur le terrain Ce qui est courant dans les quartiers d'affaires	Le bâtiment est un assemblage de volumes simples, mettant en valeur des lignes géométriques claires et une architecture innovante qui s'adapte à son contexte environnant, Le volume se caractérise par L'articulation des volumes secondaires autour du noyau central, tout en intégrant des jeux de retraits Le volume, Ces découpages volumétriques permettent l'insertion de terrasses ou d'espaces verts suspendus, équilibrant fonctionnalité et esthétique	Le projet abrite 1 fonction principale qui est l'affaires  Au RDC on retrouve : l'accueil, une salle d'exposition, les locaux techniques et une terrasse Les autres étages sont dédiés pour le travail : il y a à chaque étage les bureaux, salles de réunion ; salle de conférence, espace de coworking ; auditorium ... Avec des espaces pour se détendre : les terrasse, chambre de détente, et des cuisines pour la consommation Et un skylounge au sommet 	Tour Mirabeau est composée d'une structure en béton armé qui repose sur un système poteau poutre efficace pour accueillir les bureaux, ce système permet de répartir efficacement les charges horizontal et vertical du bâtiment Les plateaux de   Mirabeau couvrent une surface d'environ 1 100 m2 par niveau. Flexibles et divisibles, ils s'adaptent très facilement à l'activité de chaque locataire Et aux nouveaux modes de travail.	• La façade de la tour utilise le verre et l'aluminium avec des panneaux verticaux de béton clair qui alternent avec des baies vitrées, les fenêtres sont disposées de manières régulières et rythmée avec des balcons en saillies sur certaines parties • Un traitement spécifique du vitrage et de l'aluminium, permet des variations de blancs et d'argent, jouant avec la trajectoire du soleil, les ombres portées, les reflets du ciel et de la mer, et affirmant l'ancrage du bâtiment dans l'esprit portuaire et méditerranéen de Marseille avec une vue panoramique sur mer depuis le skylounge	• Une lumière naturelle éclaire 90% des surfaces de bureaux. De grands stores électriques verticaux en aluminium contrôlent cette luminosité et limitent les apports du soleil • La tour Mirabeau est vitrée avec de panneaux d'écailles argentées. La climatisation avec des panneaux rayonnants recoit son alimentation par un système de production de chaud et de froid dont l'énergie est l'eau de mer, c'est la boucle Thassalia, une première en France. donc, les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 70%, la consommation électrique de 40%. 

Tableau 13:synthèse d'étude de cas. Source : auteurs

Nom du projet	ENVIRONNEMENT	FORME		ENVELOPPE		RÉPONSES CLIMATIQUES
	CONCEPT URBAIN	CONCEPT ARCHITECTURALE	PROGRAMME	ASPECT STRUCTURELLE	ANALYSE DE LA FAÇADE	
Centre Pransa	• Le centre est situé en IRAN dans la ville de Téhéran Il est facilement accessible par les piétons, il est à proximité de deux vois mécanique mokariyan et sabounian qui sont des artères principales des cotés Est et Ouest du complexe • Le projet Pransa Complexe a été créé en. En raison du mauvais état du tissu historique de la zone, il était urgent de la réhabiliter • le centre Pransa situé sur un terrain de 3600m2 avec un pourcentage bâti de 100% et une superficie brute approximative de 40000m2.	• Le design du projet PANSA s’inspire des anciens bazars iraniens Dans ces bazars traditionnels, il y a deux parties principales : Raste : une grande rue principale qui traverse tout le marché. Timche : de petites ruelles sans issue qui partent de la rue principale. Ce type d’organisation aide à rendre le lieu facilement accessible et encourage le passage des visiteurs. • Dans le projet Pransa, le volume de base relie deux rues principales de la ville, comme le faisaient les bazars. Les espaces sont positionnées le long de la rue principale (Raste) et dans les petites ruelles (Timche). Cela permet d’organiser les magasins et les bureaux et de simplifier Le déplacement pour les visiteurs Volumétrie : • la création de 3 volumes qui se pose les uns sur les autres peut évoquer une structure similaire à celle du corps humain	Le projet abrite 2 fonctions principales : affaires et commerce On retrouve les 3 premier niveaux qui abritent le centre commercial, le niveau 3 (r+2) est un espace de consommation et des terrasses Les autres étages sont dédiés à l’entité affaire : on les bureaux, salles de réunion ; salle de conférence, plusieurs espaces de coworking	La structure du complexe repose sur un système poteaux-poutres en béton armé, qui constitue le squelette porteur du bâtiment. Ce type de structure est particulièrement adapté aux projets de grande envergure La stabilité du bâtiment face aux forces latérales (vent et séismes) est assurée par des éléments de contreventement intégrés dans la structure • Murs porteurs : Certains murs internes en béton armé jouent le rôle de voiles structurels, augmentant la résistance globale du bâtiment. • Cadres rigides : Les poteaux et poutres sont connectés pour former des cadres rigides capables de résister aux déformations. • Centre de gravité : Le volume inférieur, plus massif, agit comme une base stable	Façade de la base : • Les motifs répétitifs des panneaux blancs panneaux en composite d’aluminium apportent une texture et un rythme à la façade. • Une ouverture centrale, l’entrée principale, est encadrée ce qui guide visuellement les visiteurs. Volumes supérieurs : • Ces volumes en grilles géométriques régulières, organisées en une trame orthogonale. • La transparence des vitres et les ouvertures encadrées offrent une connexion avec l’extérieur tout en maintenant un équilibre avec la monumentalité de la base • Une bande de végétation sépare visuellement la base de la superstructure	L'atrium central constitue une réponse climatique efficace en adressant le problème de la lumière naturelle il établit une connexion visuelle entre les différents niveaux tout en dirigeant la lumière naturelle vers l'intérieur du bâtiment. Des escaliers mécaniques et des ascenseurs panoramiques, situés dans l'atrium central, sont utilisés pour relier les différents niveaux du centre commercial
			  			 

Après avoir analysé les études de cas, nous avons formulé les recommandations qui seront prises en compte lors de la conception de notre projet

Tableau 14:recomandations de la recherche thématique. Source : auteurs

ENVIRONNEMENT	FORME		ENVELOPPE	RÉPONSES CLIMATIQUES
CONCEPT URBAIN	CONCEPT ARCHITECTURALE	PROGRAMME	ASPECT STRUCTURELLE	-L’installation de panneaux photovoltaïques aide à produire notre propre électricité et à réduire notre dépendance au réseau électrique. - opter pour des toits en pente ou des couvertures courbes qui favorisent la récupération des eaux de pluie pour les besoins du bâtiment (arrosage, sanitaire). Tout en offrant une esthétique moderne et attrayante -Utiliser des matériaux isolants performants pour réduire les déperditions thermiques et améliorer le confort intérieur -Installer un système de gestion de déchets -Installer des systèmes de ventilation naturelle pour assurer une meilleure qualité de l'air intérieur et réduire la consommation énergétique en lien avec la climatisation -privilégier la lumière naturelle grâce à de grandes baies vitrées et un atrium -Installer des bornes de recharge pour véhicules électriques -l’orientation optimale du bâtiment pour maximiser l'éclairage naturel et la ventilation, réduisant ainsi les besoins en énergie -Utiliser des systèmes de façade à double peau. Cela apportera à la fois une esthétique dynamique et un contrôle thermique -Opter pour des ampoules LED à faible consommation d'énergie et un système de gestion de l'éclairage intelligent. -aménager des jardins, des murs végétaux et des terrasses végétalisées pour assurer une meilleure qualité de l'air -Employer des éléments de protection solaire (stores, brise-soleil, etc.) pour réguler la température intérieure et réduire la consommation énergétique.
-Aménager des allées piétonnes larges et bien éclairées pour faciliter la circulation des piétons -Assurer l’accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (PMR) en Créant des rampes avec une pente adaptée -Aménager des places de stationnement réservées aux personnes PMR, à proximité des entrées principales -Aménager des espaces sécurisés pour le stationnement des vélos -Désigner une zone de dépose-minute à proximité de l'entrée principale -Créer une entrée accueillante en ajoutant des éléments d'aménagement paysager attrayants, pour rendre l'accès au projet plus agréable pour les visiteurs -Intégrer des espaces verts, des jardins ou des terrasses pour offrir un cadre de travail agréable et propice à la détente -Installer du mobilier urbain de qualité (bancs, tables) pour permettre aux utilisateurs de se détendre et de travailler en extérieur -installer des dispositifs de surveillance pour protéger les biens du centre.	-Créer une forme qui répond à des considérations esthétiques, fonctionnelles et environnementales -Opter pour un bâtiment vertical pour offrir des vues panoramiques pour les employés -Opter pour une forme dispersée en orientant les fenêtres et les terrasses de manière à capter la lumière naturelle tout au long de la journée -Opter pour une forme en harmonie avec l'environnement en termes de matériaux, couleurs et éléments architecturaux tout en apportant une touche d'originalité qui reflète son identité -Intégrer des décrochés ou des volumes secondaires pour dynamiser la structure -Respecter les proportions et l’échelle du quartier d’affaires pour harmoniser la façade avec son environnement -opter pour des façades en verre pour maximiser la lumière naturelle et créer une impression d'ouverture -Privilégier une palette de couleurs et des matériaux évoquant l'identité locale -Intégrer des balcons ou des terrasses pour offrir des espaces extérieurs aux occupants et améliorer la qualité de vie au travail	Prévoir des zones polyvalentes modulable qui peuvent être utilisées de différentes manières -Créez des espaces de transition qui facilitent le passage entre les zones -Intégrer des espaces communs comme des salons, des espaces de détente -Intégrer des terrasses ou des balcons pour créer des zones de détente en plein air -Intégrer des zones de jeux et de divertissent pour permettre aux employés de se divertir et de changer les idées -ajouter des espaces extérieurs bien aménagés pour la détente -combiner des espaces résidentiels et commerciales avec le centre d’affaires pour dynamiser la vie communautaire et renforcer la fonctionnalité du projet	_utiliser des matériaux adéquats pour le confort thermique -opter pour une structure poteau poutre, offrant une flexibilité dans l’aménagement intérieur -Utiliser des matériaux isolants pour les dalles et les parois afin de garantir un confort intérieur optimal -Utiliser une ossature en béton armé pour sa robustesse et sa durabilité idéal pour les bâtiments de grandes hauteurs -privilégier les matériaux durables pour assurer un confort thermique et acoustique aux employés -opter pour un double vitrage dans la façade pour améliorer le confort et réduire la consommation énergétique	

Conclusion : L’analyse des études de cas a permis d’orienter le projet en identifiant les besoins des usagers, les dynamiques locales et les tendances en aménagement urbain. Elle a servi de base pour formuler des recommandations claires en faveur d’un projet mixte, fonctionnel et attractif, combinant commerce, logement et bureaux. Ce projet vise à renforcer l’attractivité de Bâb Ezzouar tout en soutenant son développement économique et sociale.

Conclusion

En conclusion, ce chapitre a présenté une analyse détaillée du thème du confort thermique et de la ventilation naturelle dans les bureaux. Le principal objectif que cette étude s'était fixé était d'analyser les facteurs susceptibles d'influencer sur la qualité de l'air intérieur à une réduction de la consommation d'énergie.

Les études et analyses présentées dans ce chapitre ont mis en évidence le rôle essentiel de la ventilation naturelle dans l'amélioration des performances thermiques d'un bâtiment. Ce chapitre a montré l'impact de la façade à double peau dans l'amélioration des performances thermiques d'un bâtiment, en particulier dans les contextes sensibles au climat. Les principales caractéristiques de cet appareil peuvent être résumées comme suit :

Amélioration de la ventilation : En été, la façade à double peau fonctionne comme un bouclier solaire et un système de ventilation passive efficace, tandis qu'en hiver, elle sert d'isolant d'air actif et de préchauffeur d'air

Cette double fonction saisonnière fait de la façade double peau une solution parfaitement adaptée aux bureaux soucieux de concilier confort, économies d'énergie et durabilité.

Cette solution contribue à adopter un environnement conforme au bien-être et à la santé et en même temps à réduire les dépenses énergétiques causés par les systèmes de chauffage et climatisation qui présente environ 60 % de la consommation énergétique totale dans un bâtiment tertiaire. Cette stratégie manifeste deux effets différents elle va limiter l'excès de chaleur en été en gardant une bonne isolation thermique en hiver pour le confort des occupant.

Concernant la recherche thématique, une analyse complète a été réalisée sur les tours d'affaires et les centres multifonctionnels. L'objectif était de comprendre en profondeur les concepts urbains, architecturaux et programmatiques de ces composants et leur adaptabilité aux conditions climatiques prévalentes. Cette analyse a facilité le développement d'un programme qualitatif et quantitatif qui correspondait aux exigences et objectifs spécifiques du projet. En examinant soigneusement les interrelations entre ces éléments, une approche bien informée et intégrée pour la conception et la mise en œuvre du projet a été atteinte.

Chapitre 03 :

Cas d'étude

3.1. Introduction

Bâb Ezzouar, ville située à l'est d'Alger, est devenue l'une des zones les plus dynamiques de la capitale. Grâce à sa position stratégique entre l'aéroport, la zone industrielle et le centre-ville, elle a connu un développement rapide ces dernières décennies. La ville abrite des habitations, des commerces, des universités dont l'USTHB, et des activités économiques en forte croissance, lui donnant une identité résidentielle, universitaire et économique. Dans un contexte de forte croissance démographique et de mutations urbaines, Bab Ezzouar est un cas d'étude intéressant pour l'urbanisme durable et l'intégration de stratégies bioclimatiques dans l'architecture

3.2. Présentation de la ville

3.2.1. Criteres de choix

Le choix s'est porté sur la ville de Bab Ezzouar en raison de :

→ Bab Ezzouar est idéalement située près du centre-ville d'Alger et de l'aéroport, facilitant l'accès aux infrastructures clés et aux axes routiers principaux

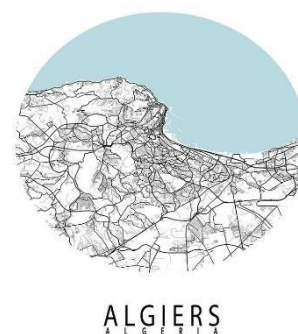


Figure 33: carte d'Alger. Source : redbubble.com

→ Bab Ezzouar abrite le plus grand quartier d'affaires d'Algérie. Cette zone attire des investissements pour des bâtiments modernes et des espaces professionnels.



Figure 35: Source : freepik.com

3.2.2. Origine du nom

Elle vient sous l'appellation de BAB EZZOUAR (la porte des invités) car elle était le premier lieu qui reçoit les visiteurs venants de l'aéroport de Houari Boumediene

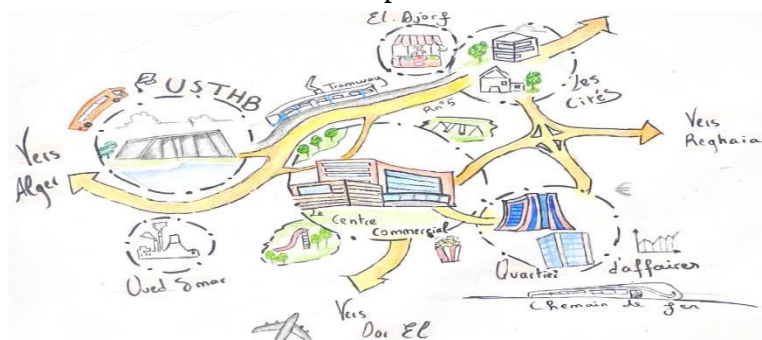


Figure 36: carte mentale de la ville de Bab Ezzouar
Source : auteurs

3.2.3. Situation géographique

Bab Ezzouar est une ancienne zone agricole, s'étend sur une superficie de 822,8 Ha, elle est située dans la wilaya d'Alger, en Algérie, à environ 20 kilomètres à l'est du centre-ville d'Alger et à 5 km de l'aéroport international Houari Boumediene.

Elle se limite selon le découpage administratif par les différentes communes :

- 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 Mohammadia



Figure 39: aéroport Houari Boumediene
Source : google earth traité par les auteurs

3.2.4. Accessibilité

La ville de Bab Ezzouar bénéficie d'une accessibilité remarquable qui assure une liaison forte avec le centre d'Alger et communes avoisinantes grâce à un réseau de transport dense et diversifié. Elle est desservie par :

- L'autoroute de l'est ouest qui assure la relation avec la capitale avec les autres wilayas
- RN 24 assure l'accessibilité vers Bab Ezzouar et relie Bordj El Kiffan à El Mohammadia

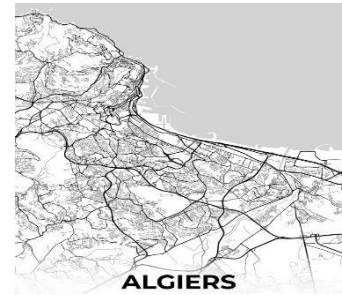


Figure 37: carte d'Alger
Source : pictorem.com

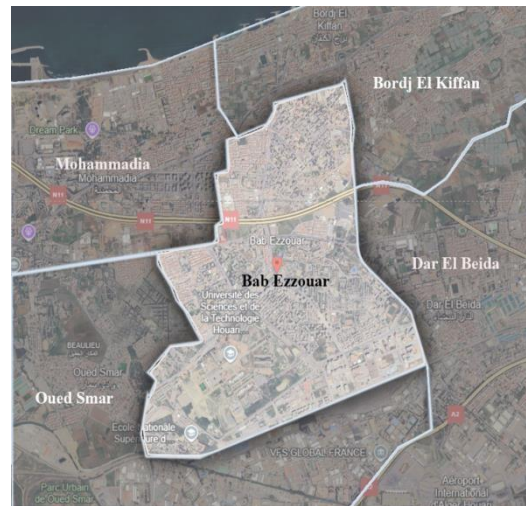


Figure 38: découpage administratif de Bab Ezzouar
Source : google earth traité par les auteurs

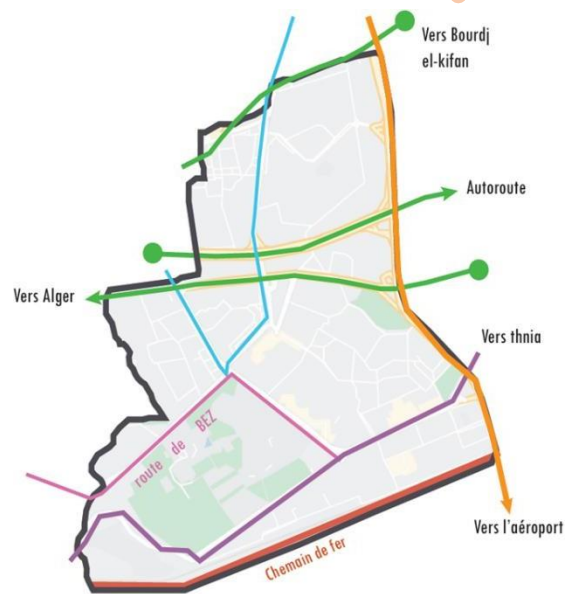


Figure 40: l'accessibilité de la ville de Bab Ezzouar
Source : Auteurs

•RN05 Considérée comme axe territorial

traversant et structurant toute la ville tout en assurant la liaison Alger-Constantine

•Le chemin de fer et du tramway renforce l'accessibilité interne et externe de la commune

3.2.5. Mobilité

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 41: mobilité de Bab Ezzouar
Source : Auteurs

3.2.6. Caractéristiques physiques

3.2.6.1. Topographie

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

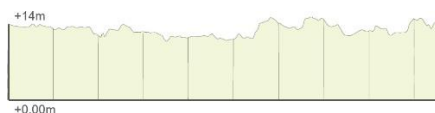
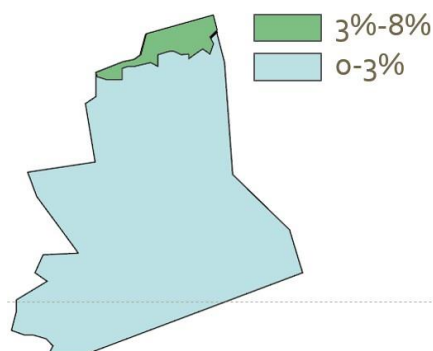


Figure 42: topographie de Bab Ezzouar
Source : auteurs



3.2.6.2. Types de terrains

La zone de Bâb Ezzouar présente trois types de terrains :

- Terrains constructibles : Sables argileux, des dunes consolidées et des dépôts donnant une bonne résistance.

- Terrains moyennement constructibles :

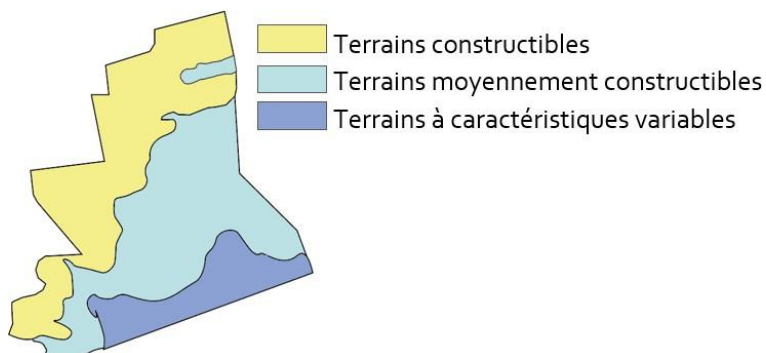


Figure 43: type de terrains à Bab Ezzouar
Source : auteurs

partie sud de la commune.

- Terrains à caractéristiques variables : marne et de cailloux, nécessitant une étude géologique plus détaillée afin de déterminer sa résistance.

3.2.7. Points de repères

La carte suivante ci-dessous présente les principaux points de repère de la commune de Bab Ezzouar, permettant une meilleure compréhension de son organisation spatiale et de ses éléments structurants :

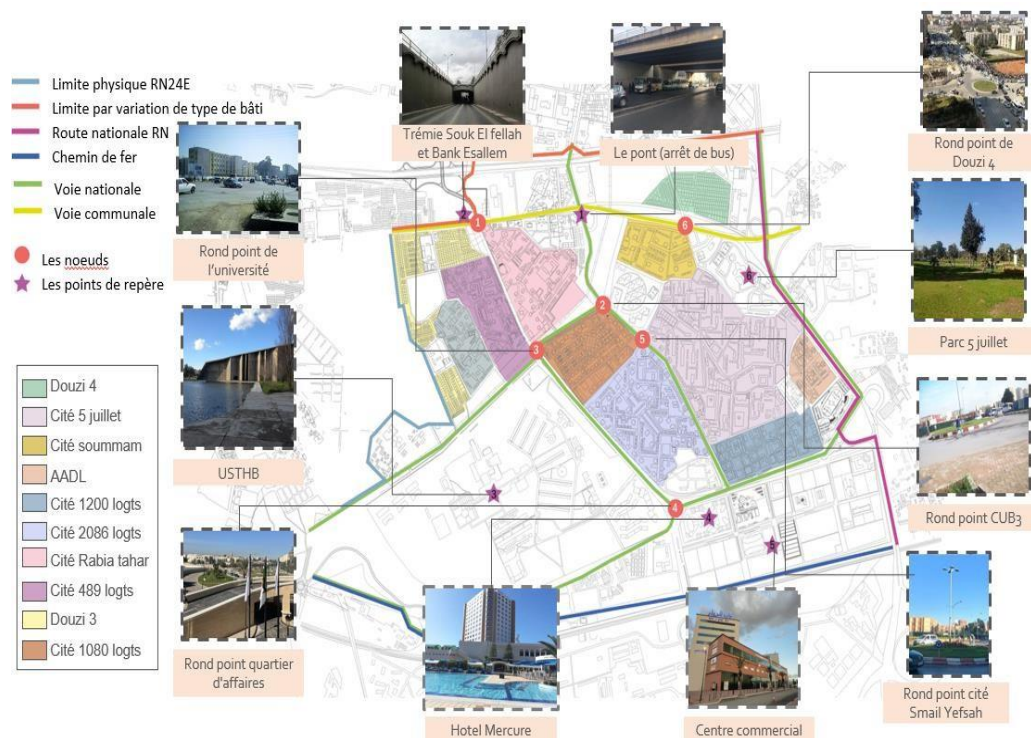


Figure 44: points de repères de la ville de Bab Ezzouar

Source : auteurs

3.3. Analyse climatique

Les données climatiques utilisées pour les simulations de la ville de Bab Ezzouar sont obtenues via le logiciel meteonorm V8. L'analyse climatique est réalisée à l'aide du diagramme psychrométrique de Climate Consultant V6 développée par l'Université de Californie. Voir la figure ci-dessous.

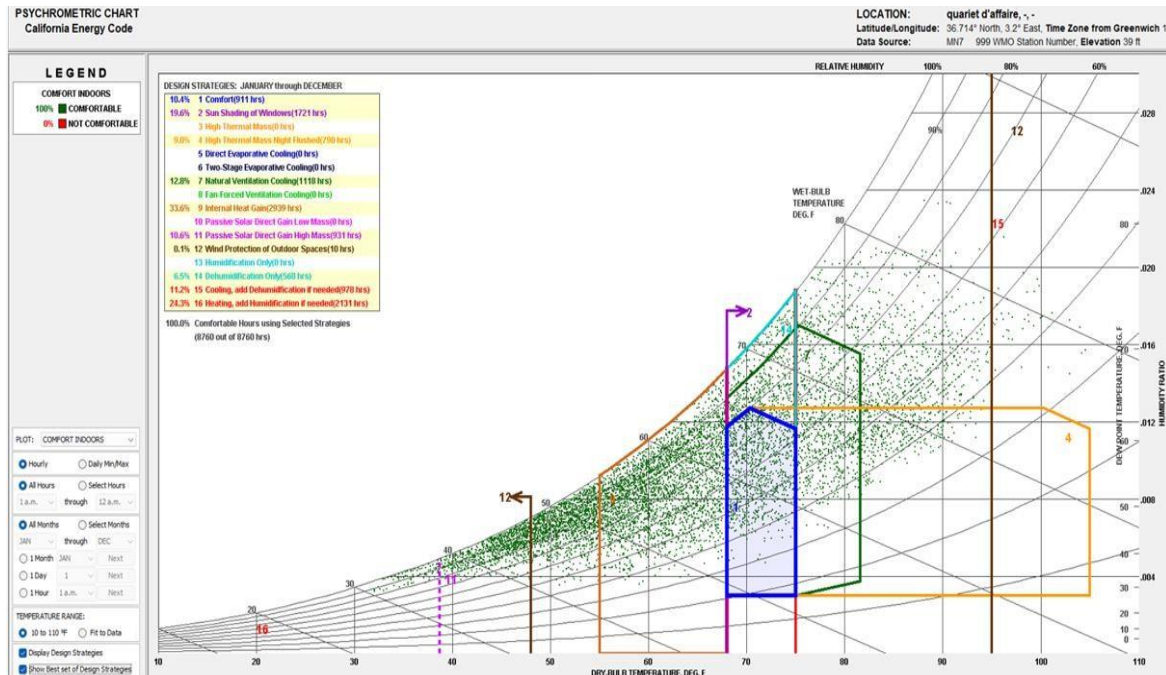


Figure 45: diagramme psychrométrique de Bâb Ezzouar. Source : climate consultant

Le diagramme psychrométrique indique que le climat de Bâb Ezzouar est confortable à 10,4% pendant l'année, ce dernier on peut l'améliorer en adaptant les stratégies passives indiquées sur climate consultant.

Les meilleures stratégies pour assurer un confort optimal tout au long de l'année :

- La protection solaire des fenêtres peut améliorer le confort jusqu'à 19,6% (1721 heures).
- Le Refroidissement par ventilation naturelle jusqu'à 12,8% (1118 heures)
- En réduisant la masse thermique élevée (nuit ventilée) on peut améliorer le confort jusqu'à 9% (790 heures) Et en réduisant les gains de chaleur internes on pourrait encore améliorer le confort jusqu'à 33,6% (2939 heures)

Les stratégies de conception passive mentionnées ci-dessus pourraient fournir un confort thermique jusqu'à 75 % de l'année

3.3.1. Recommandations de l'analyse climatique

Température journalière

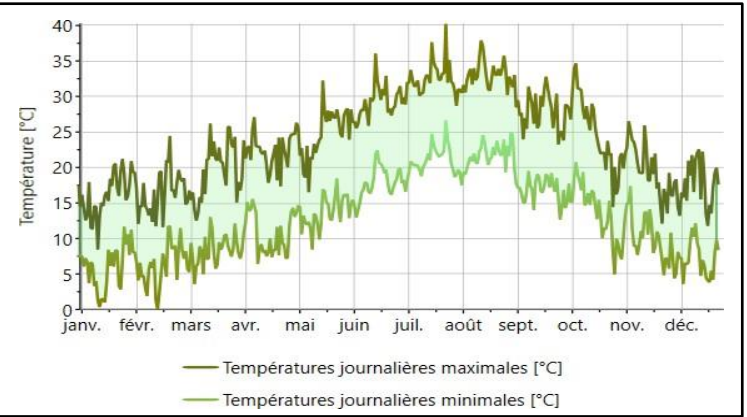


Figure 46: température journalière à Bab Ezzouar.

Source : Meteonorme 8

Bab Ezzouar possède un climat méditerranéen avec des hivers frais (5-10° en janvier- février) et des étés très chauds (35°C en juillet-août). En printemps et automne, les températures varient entre 20 et 30 °C

Rayonnement

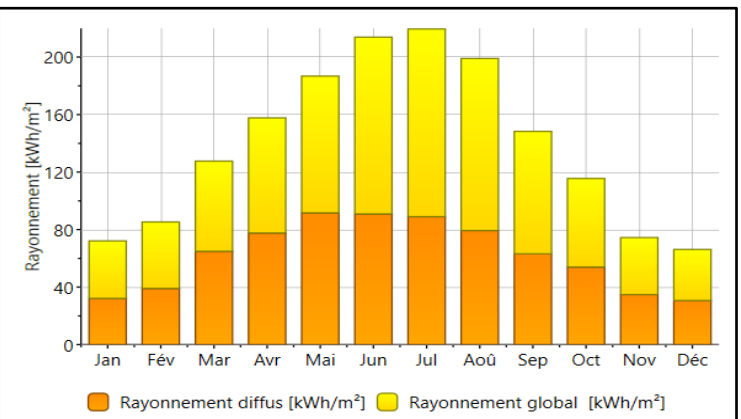


Figure 47 : Rayonnement à Bab Ezzouar.

Source : Meteonorme 8

Le rayonnement global est maximal en juin et juillet (250 KWh/m2) et minimal en décembre (30KWh/m2). Le rayonnement diffus est plus stable, mais il diminue proportionnellement en hiver en raison de la faible intensité solaire directe

Durée d'insolation

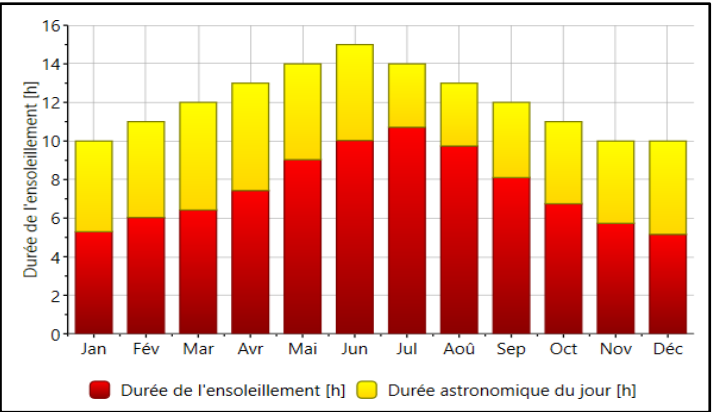


Figure 48: durée d'insolation à Bab Ezzouar.

Source : Meteonorme 8

A Bâb Ezzouar L'ensoleillement est maximal en juin et juillet (14h) et faible en décembre et janvier (6h). La durée astronomique du jour suit une tendance similaire, avec des jours plus longs en été et plus courts en hiver

Recommandations

- Matériaux de construction à haute inertie thermique
- Maximiser l'utilisation de l'éclairage naturel en créant des ouvertures orientées côté sud
- Prévoir des protections solaires mobiles pour ajuster l'éclairage et limiter la surchauffe en été
- L'utilisation de couleurs claires pour minimiser l'absorption du rayonnement solaire
- Mettre des vitrages réfléchissants ou à faible émissivité qui réduisent les gains thermiques en laissant passer la lumière
- Opter pour de la végétation (murs végétaliser, toits verts...) pour protéger les surfaces du rayonnement direct.
- Créer des zones ombragées dans les espaces extérieurs (pergolas...)

Pluviométrie

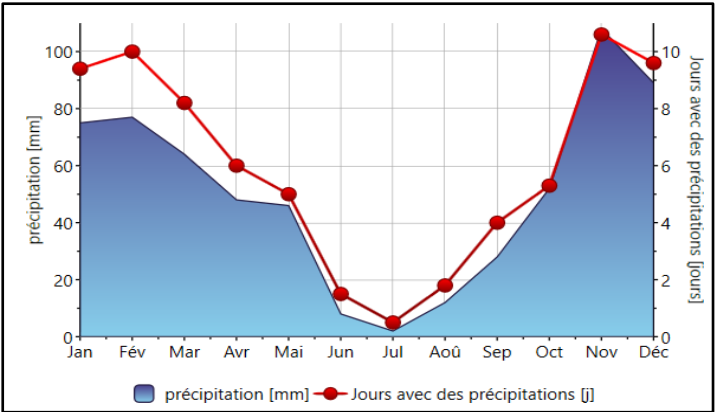


Figure 50 : pluviométrie à Bab Ezzouar. Source : Meteonorme 8

Des pics en novembre (110mm) et février (100mm), correspondant à environ 10j de pluie par mois.

Les vents dominants

Ils soufflent en hiver de l'ouest, et du nord-ouest, en été les vents proviennent du nord et du nord-est

- L'humidité relative dans la région varie entre 30% et 70%.

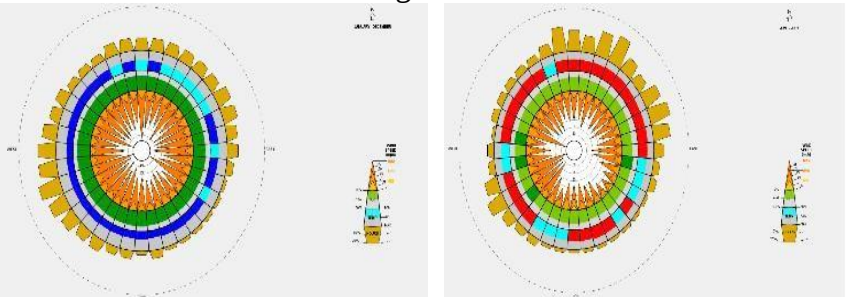


Figure 49 : Roses des vents à Bab Ezzouar. Source : climate consultant

Recommandations

- Créer des espaces verts pour le rafraîchissement et intégrer des végétations adaptées aux périodes sèches
- Planter des arbres et ajouter des points d'eau au sud-est et nord-est pour rafraîchir
- Installer des barrières végétales contre les vents du nord-ouest

Diagramme de Szokolay

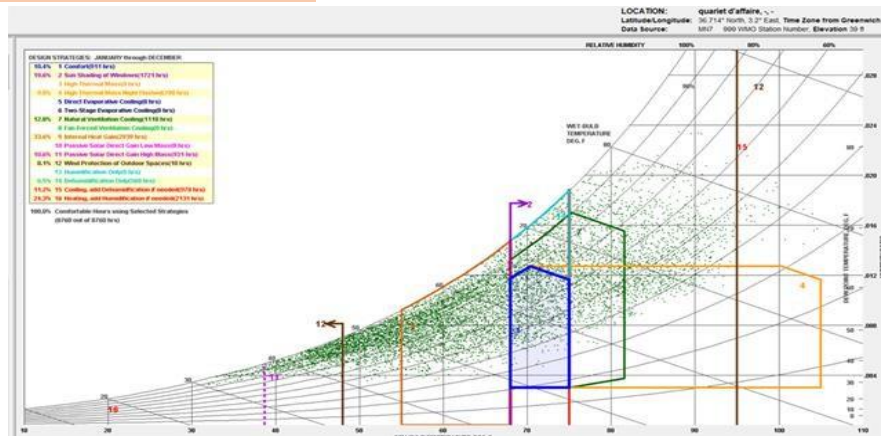


Figure 51 : diagramme psychrométrique de Bâb Ezzouar. Source : climate consultant

Recommandations

- Fournir des vitrages à double vitrage haute performance (Low-E) à l'ouest, au nord et à l'est, et dégager notre sud pour un gain solaire passif maximal.
- Une bonne ventilation naturelle peut réduire ou éliminer la climatisation par temps chaud, si les fenêtres sont bien ombragées et orientées
- utiliser des matériaux végétaux surtout à l'ouest pour minimiser les gains de chaleur
- utiliser des matériaux de construction de couleur claire et des toits froids pour minimiser le gain de chaleur conduite

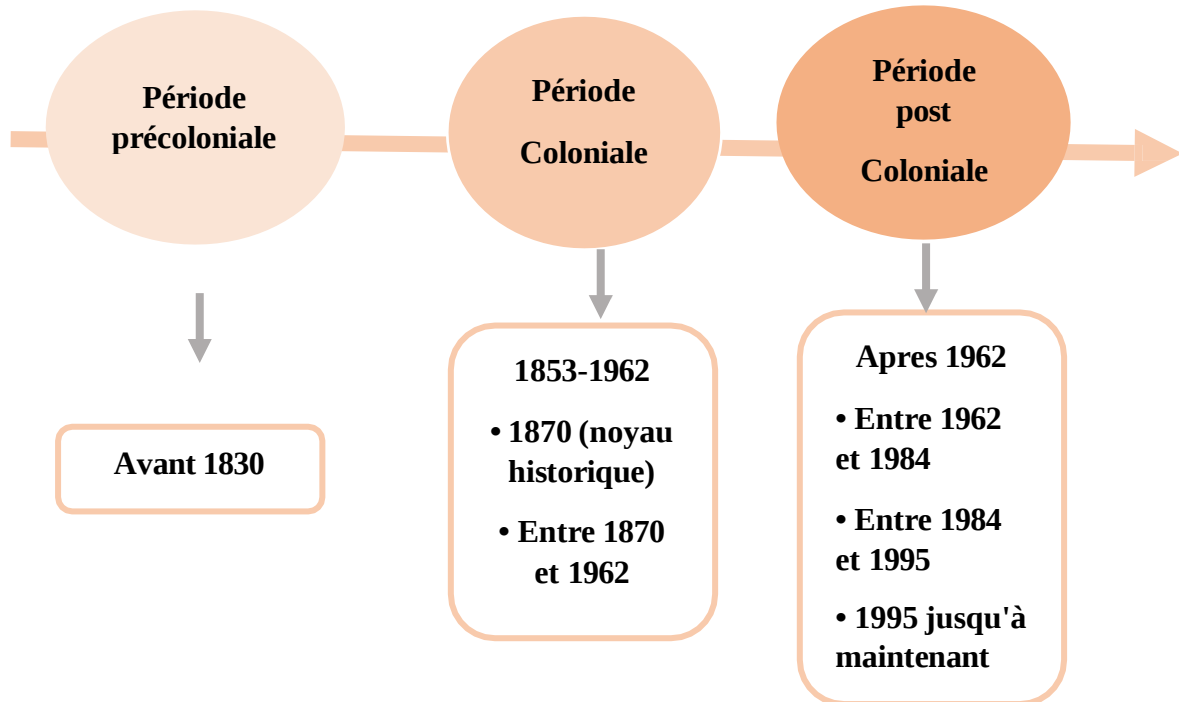
Table de Mahoney

Tableau 15 : table de mahoney. Source : Auteurs

Table	Recommandations
Plan de masse	Bâtiment orienté selon un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil
Espacement entre bâtiments	Plan compact
Circulation d'air	Bâtiment à double orientation permettant une circulation d'air intermittente
Dimensions des ouvertures	Intermédiaires, 20 à 35% de la surface des murs
Position des ouvertures	Comme ci-dessus mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs
Protection des ouvertures	Prévoir une protection contre la pluie.
Murs et planchers	Constructions massives, décalage horaires supérieur à 8 heures.
Toiture	Constructions massives, décalage horaires supérieurs à 8 heures

3.4. Analyse diachronique

3.4.1. Historique de la ville : est caractérisé par les périodes suivantes :



3.4.2. Historique de la ville La chronologie du développement du village de Bab Ezzouar

3.4.2.1. La période précoloniale (Avant 1830)

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.

3.4.2.2. La Période coloniale

La tribu des Aoufias fut massacrée par l'armée française le 7 avril 1832 près d'El Harrach. La commune de La Rassauta fut créée le 22 août 1851, mais ses limites territoriales imprécises entraînèrent la perte de plusieurs centres au fil du temps, notamment Maison Carrée, Maison Blanche et La Réghaïa. Par la suite, plusieurs divisions furent créées : Fort de l'Eau en 1882, Rouiba en 1861 et Bab Ezzouar en 1870.

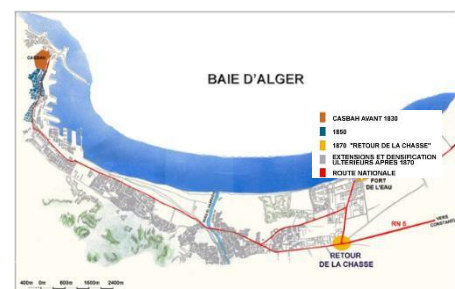


Figure 52 : Carte de situation de village retour de la chasse .Source : CNERU 2008

3.4.2.3. Période coloniale 1870 et 1962

Bab Ezzouar, à cette période, est restée une zone principalement rurale, avec peu de transformations majeures. Elle a conservé son caractère d'origine, marqué par la présence de maisons individuelles disséminées des deux côtés de la Route Nationale 5 (RN5). Cette zone a gardé une certaine simplicité architecturale et une identité rurale, avant de connaître des développements plus significatifs plus tard.

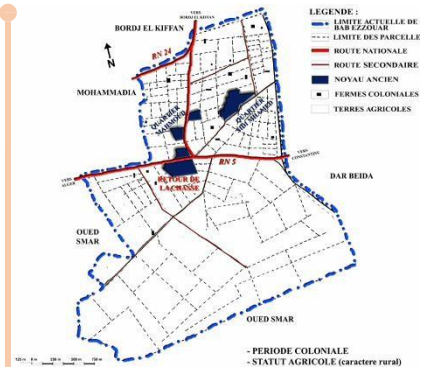


Figure 53 : Carte de Bâb Ezzouar de 1870 à 1962. Source : CNERU 20

3.4.2.4. Période post coloniale 1962 et 1984

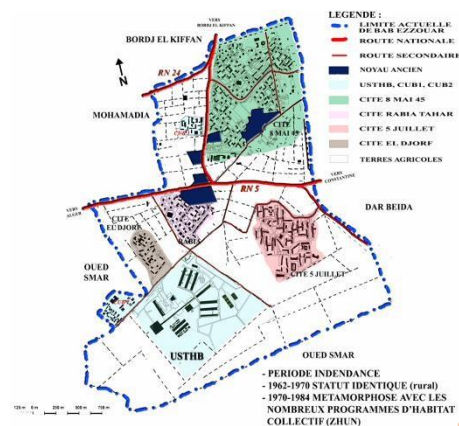


Figure 54: Carte de Bâb Ezzouar de 1962 à 1984 (source : CNERU)

Face à la saturation d'Alger due à l'exode rural après l'indépendance, l'idée d'une extension vers l'est a pris forme. C'est dans les années 1970 que l'urbanisation a réellement démarré avec la création

- De l'Université des Sciences et Technologies (USTHB) dans les années 1960-1970
- De deux cités universitaires et leur lancement dans les années 1975-1985

- D'une Zone d'Habitation Urbaine Nouvelle (ZHUN) comprenant des cités.

3.4.2.5. Période post coloniale 1984 à 1995

Bab Ezzouar est devenue une commune en 1984, après avoir fait partie de Dar El Beïda. Cette même année a vu le lancement de l'autoroute Est. Les années suivantes ont été marquées par la réalisation de plusieurs cités :

Parc de loisirs et CUB 3 (1985)

Cité Soummam (1985-1990)

Cité 498 logements (1989-1995)

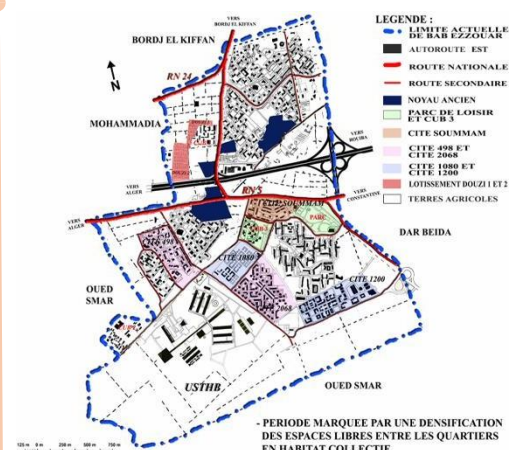


Figure 55 : Carte de Bâb Ezzouar de 1985 à 1995 (source : CNERU 2008).

logements (1990-1997)/Cité 1200 logements (1990-1998)

3.4.2.6. De 1995 à nos jours

Aujourd'hui, la zone se trouve face à de nouvelles constructions touchant les dernières zones agricoles, menées afin de répondre à une demande toujours plus pressante en logements.

- La naissance d'un nouveau quartier d'affaire : (Hôtel mercure, hôtel ibis, centre commercial, siège ATM Mobilis, Al Baraka Bank).
- La création des nouveaux lotissements (Douzi 3 :700 lots/ Douzi 4 :350 lots/
- Lotissement social Est : 602 lots
- Cité boushaki
- AADL

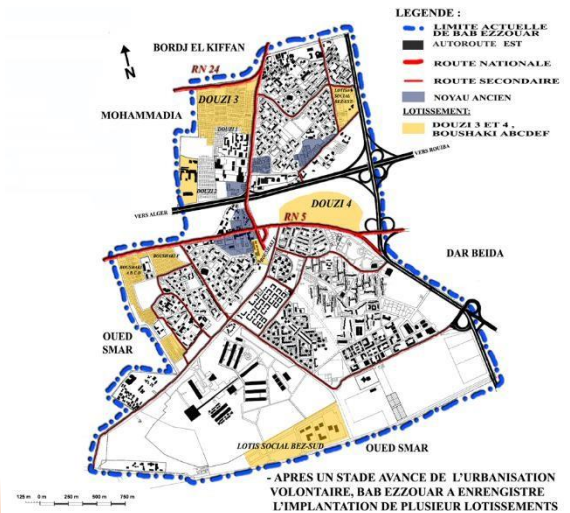
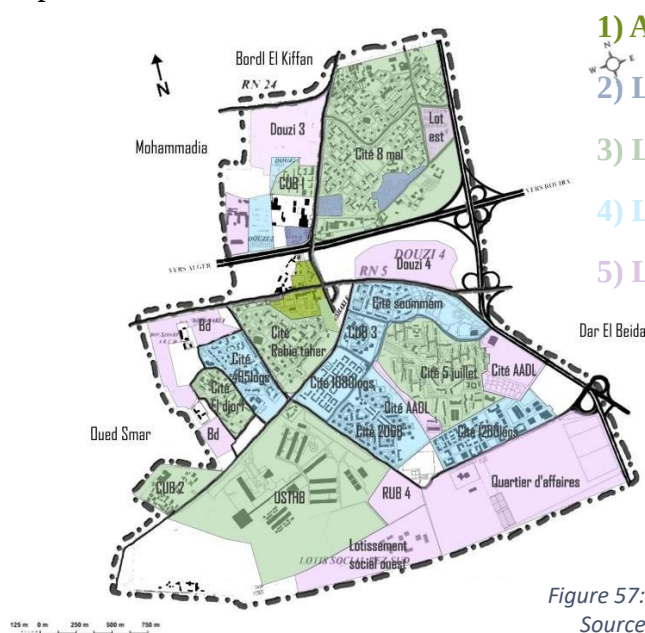


Figure 56: Carte de Bâb Ezzouar de 1995 à ce jour (source : CNERU 2008).

3.4.2.7. Synthèse de l'analyse diachronique de Bâb Ezzouar

Depuis sa création, Bâb Ezzouar a traversé plusieurs étapes, chacune d'elles à d'une manière directe ou indirecte, orienté le développement de la ville, en lui attribuant des vocations multiple



- 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

Figure 57: carte synthétique de Bâb Ezzouar
Source : CNERU traité par les auteurs

3.4.3. Réponses climatiques

Pour approfondir l'évolution de la ville nous allons nous appuyer sur trois échelles d'analyse : l'environnement, la forme urbaine et l'enveloppe bâtie (voir tableaux 3.2, 3.3, 3.4). Cette approche détaillée, appliquée à chaque période, permet de mieux comprendre les spécificités de chaque ville ainsi que les réponses qu'elles apportent aux conditions climatiques.

3.4.3.1. Période précoloniale (architecture de la casbah)

Tableau 16:réponse climatique et synthèse de la période précoloniale. Source : auteurs

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 59:la casbah Source:maison-monde.com  Figure 58:la casbah Source:alamy.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 60:Maison de la casbah Source:merveilleedalgerie.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 intérieure ; ces matériaux sont non seulement disponibles localement mais aussi adaptés aux conditions climatiques, permettant une meilleure inertie thermique.  Figure 61:maison de la casbah Source :media.hal.science

3.4.3.2. Période coloniale (architecture coloniale)

Tableau 17: réponse climatique et synthèse de la période coloniale. Source : auteurs

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. • Des 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.	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 :	• 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.

3.5. Analyse Synchronique

3.5.1. Introduction

Ce chapitre développe une analyse typo-morpho-sensorielle approfondie. Il aborde la délimitation des limites du site, les relations entre les différents quartiers, l'organisation des voiries, des parcelles et des structures bâties, ainsi que la reconnaissance des espaces publics. Cette lecture du tissu urbain permet de saisir les spécificités du lieu et d'orienter les choix stratégiques du projet en cours.

3.5.2. Délimitations du périmètre d'étude

3.5.2.1. Critères de choix

- L'accessibilité : Bab Ezzouar est bien connecté à d'autres parties d'Alger grâce aux transports en commun
- Le développement économique et commercial : le quartier d'affaire est un pôle économique en pleine expansion.
- Potentiel d'intégration urbaine : Le quartier présente une architecture contemporaine, ce qui offre une liberté créative pour s'adapter au style urbain.

3.5.2.2. Situation

Le périmètre d'étude se situe au sud de Bab Ezzouar, dans le quartier d'affaires, une zone en plein développement caractérisée par la présence d'infrastructures modernes et d'activités économiques dynamiques. Ce secteur est un exemple représentatif des enjeux liés à l'urbanisation rapide et à l'aménagement des espaces destinés aux services et aux affaires.

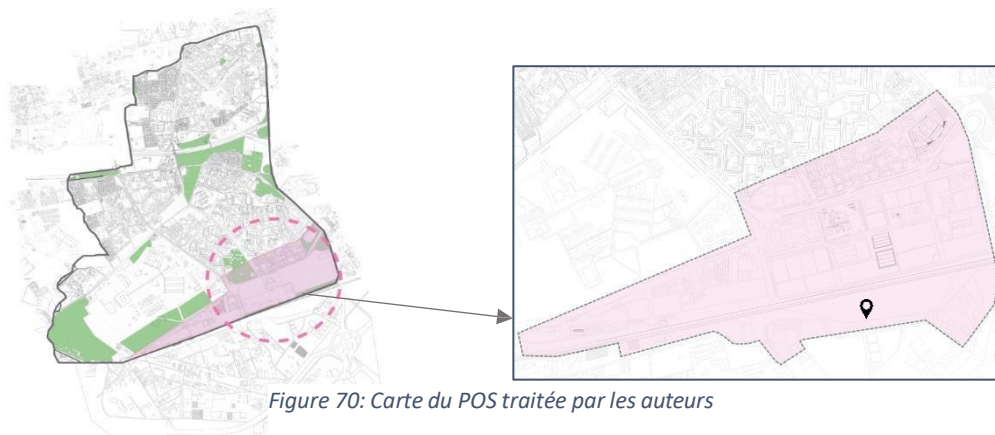
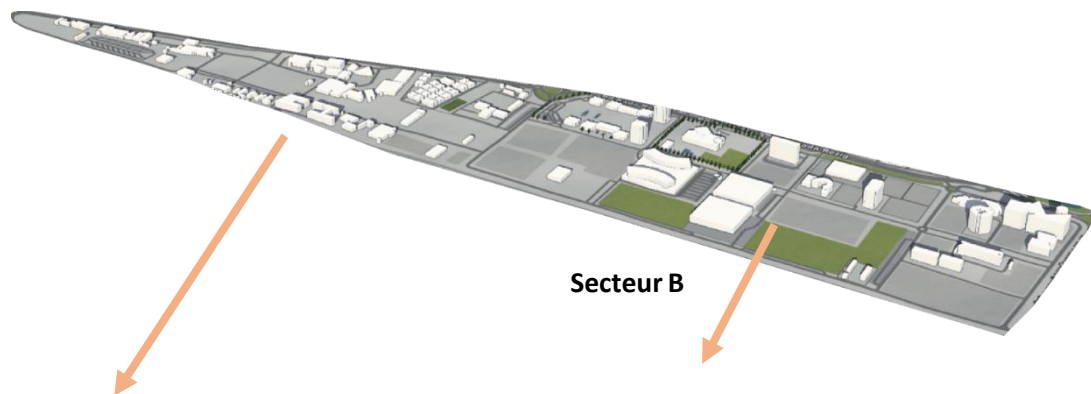


Figure 70: Carte du POS traitée par les auteurs

Notre périmètre d'étude se trouve au secteur B sur le côté est du quartier d'affaires à côté du skate parc



A. Secteur ouest :

Ce secteur accueille principalement des bureaux et diverses activités tertiaires, ainsi que des logements destinés aux étudiants et aux enseignants. Il comprend également plusieurs équipements publics, tels qu'une gare routière et des établissements scolaires (écoles, crèches), situés stratégiquement entre l'université et la gare, facilitant ainsi l'accessibilité et la vie étudiante.

B. Secteur est :

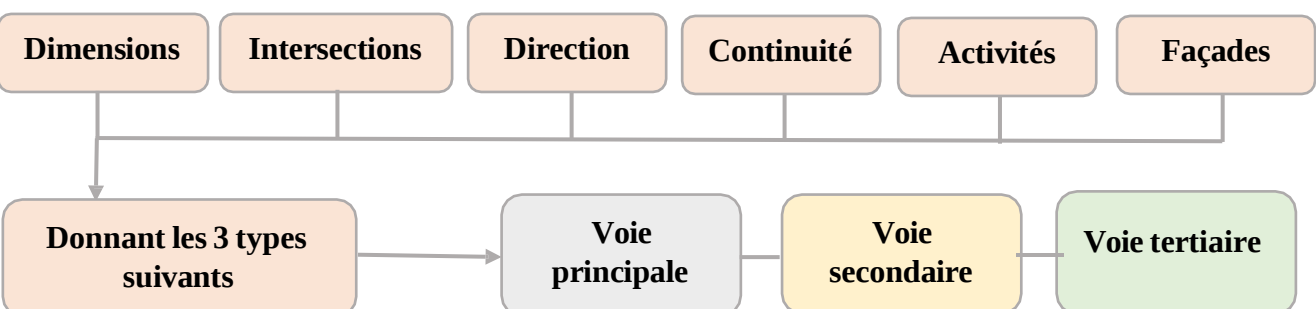
Cette partie du quartier abrite les sièges de banques et de grandes entreprises, renforçant son rôle de centre économique. On y trouve également un hôtel, des commerces, des logements, ainsi que divers équipements publics, notamment un parc urbain et des infrastructures sportives, contribuant à la qualité de vie et à l'attractivité du secteur

3.5.3. Système viaire

Le système viaire constitue l'ossature de la ville, organisant les déplacements et les interactions entre les différents espaces urbains. Il joue un rôle essentiel dans la structuration de l'environnement urbain et influence directement la qualité de vie des habitants et des usagers de la ville

3.5.3.1. Hiérarchisation des voies et des nœuds

Kevin Lynch, dans son ouvrage « L'Image de la Cité » décrit les voies comme « Éléments structurants rectilignes qui organisent le mouvement à travers le paysage urbain », formant ainsi un réseau qui couvre l'ensemble de l'espace urbain, elles sont hiérarchisées selon plusieurs facteurs :



• Les voies de Bab Ezzouar :

Bab Ezzouar contient les 3 types de voies, cette hiérarchisation est un aspect fondamental de son développement urbain :

Voies Principales :

Les routes principales, telles que la RN05, sont essentielles pour relier Bab Ezzouar aux autres parties d'Alger. Elles facilitent le transport et l'accès aux services, jouant un rôle crucial dans la connectivité de la commune.

Voies Secondaires :

Ces voies semi-publiques dépendent des différents quartiers et permettent une circulation fluide entre les zones résidentielles et les espaces publics. Elles sont souvent bordées de commerces et d'infrastructures communautaires.

Voies Tertiaires :

Les voies tertiaires, sont plus étroites et parfois en impasse, assurent l'accès direct aux habitations. Elles sont moins fréquentées mais cruciales pour la distribution du trafic local.

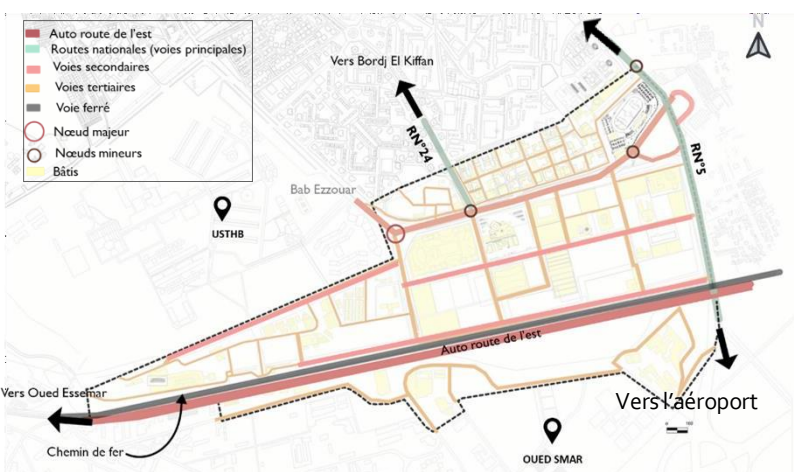


Figure 71: hiérarchie des voies et des nœuds. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

Synthèse

- Le quartier est bien desservi ; il possède un réseau de voirie dense et hiérarchisé permettant une fluidité et une accessibilité favorable aux besoins de la population. (Mais il y'a un manque des voies pour la circulation piétonne).
- La présence de trois nœuds forme un réseau intéressant pour notre projet, permettant une exploitation efficace du site sous tous les angles.

3.5.3.2. Accessibilité : transport et mobilité

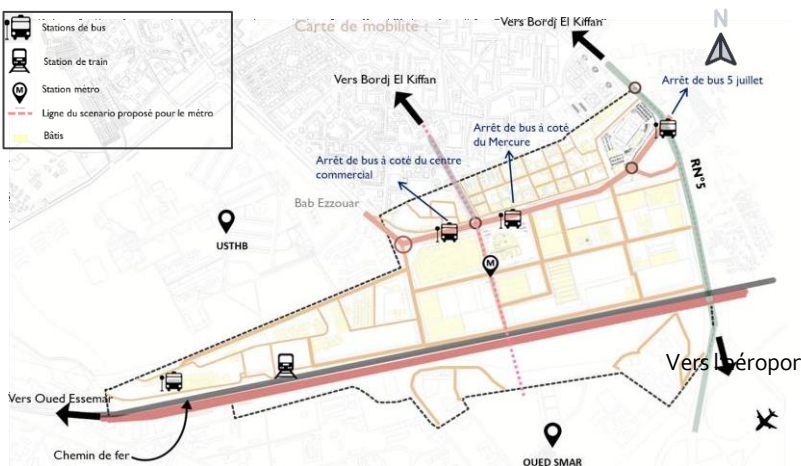


Figure 75:transport et mobilité. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

Synthèse

Le quartier bénéficie d'une bonne accessibilité grâce à :

- Plusieurs moyens de transport (bus, train, métro)
- Un projet de métro qui reliera le quartier d'affaires à la ville d'Alger et ses environs



Figure 72:Boulevard Kada Rezig. Source : auteurs

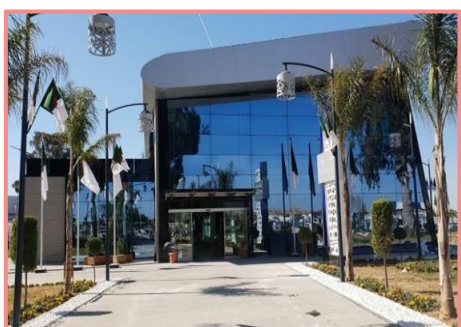


Figure 73:gare de train. Source : auteurs



Figure 74:arrêt de bus. Source : auteurs

3.5.3.3. Analyse des flux



Figure 78:flux et stationnement. Source : Carte du POS traitée par les auteurs



Figure 76:boulevard kada rezig. Source : auteurs



Figure 77:stationnement au quartier d'affaire. Source : auteurs

et stationnement

Synthèse

Le quartier de Bab Ezzouar connaît une forte densité de circulation, surtout aux heures de pointe, ce qui provoque des embouteillages. Le manque d’espaces de stationnement et la prolifération de parkings sauvages aggravent la situation, perturbant la fluidité du trafic.

Il est donc recommandé de créer un parking souterrain et de renforcer les transports en commun pour réduire l’usage de la voiture et améliorer la circulation.

3.5.3.4. Perception de la sécurité

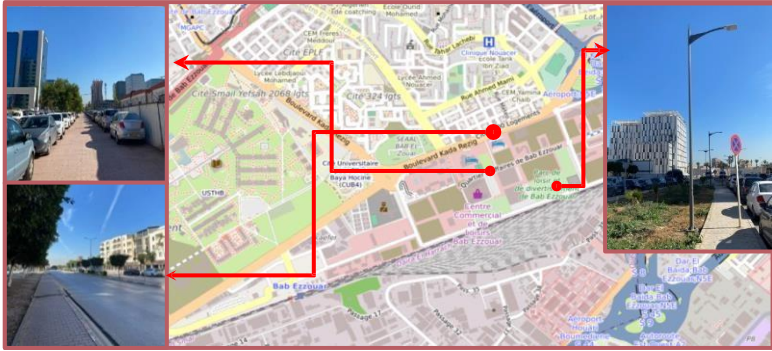


Figure 79:perception et sécurité. Source : auteurs

Synthèse

Malgré la forte présence policière dans ce quartier d’affaires dynamique, des problèmes de sécurité routière persistent. Le manque de voies piétonnes, d’aménagements urbains et de végétation, ainsi que la présence de chiens errants, contribuent à un sentiment d’insécurité, notamment

Recommandations

- Réanimer l’espace public avec des zones de pause et de repos.
- Rénover les trottoirs pour créer des circulations piétonnes sûres et agréables, notamment près de l’autoroute et de la RN5.
- Installer une signalisation claire et renforcer la présence végétale pour améliorer le confort et la sécurité.

3.5.3.5. Géométrie des voies

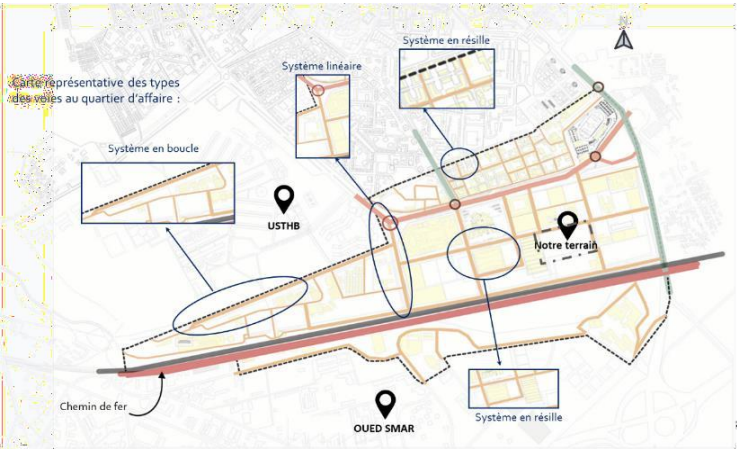


Figure 80:géométrie des voies. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

Les types de voies dans notre périmètre d’étude sont :

Tableau 19:type de voies. Source : auteurs

Numéro	Voie	Type	Description
1		Système en résille	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	

3.5.3.6. Walkability

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.

Synthèse

Valorisation des espaces publics par :

- Création de moments de pause et aménagements extérieurs
- Réfection des trottoirs pour des circulations piétonnes agréables et sûres
- Implantation de végétation
- Développement des voies piétonnes et pistes cyclables



Figure 81:quartier d'affaire .Source: auteurs

3.5.4. Système parcellaire

3.5.4.1. Les tailles des îlots

Les parcelles varient en taille et en forme, mais suivent une organisation rectiligne avec des contours majoritairement orthogonaux.

- La géométrie des parcelles est principalement carrée ou rectangulaire, suggérant une organisation en "grille" ou en "îlots".
- La hiérarchisation des voies est visible dans le réseau autour des parcelles.
- Les îlots se répartissent en trois catégories selon leur taille :
 - Les îlots grands accueillent des bâtiments importants comme des bureaux ou équipements publics. Les îlots moyens, plus nombreux et répartis dans toute la zone, sont destinés à un usage mixte ou résidentiel. Enfin, les îlots petits, plus dispersés, sont réservés à de petites structures comme des commerces de proximité ou des habitations individuelles.

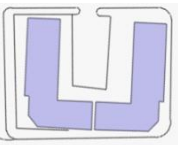
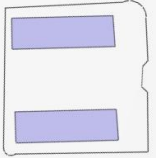
Synthèse

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.

3.5.4.2. Les formes des îlots

Le tableau ci-dessous présente différents types d'îlots selon leur forme, dimension et organisation spatiale, afin de mieux comprendre leur rôle urbain et fonctionnel dans l'aménagement du site

Figure 84:formes des îlots. Source : auteurs

Îlot	Photo	Forme	Dimension	Synthèse
		Forme en U ou en fer à cheval (îlot ouvert)	Longueur :34,14m² Largeur :52,67 m² Surface :1798,15m²	Îlot en U avec cour centrale pour stationnement, offrant à la fois ouverture sur l'extérieur et intimité pour les résidents
		Îlot traversant	Longueur :44,28 m² Largeur :39,94m² Surface :1768,54m²	Îlot à forme irrégulière avec bâtiments de tailles variées organisés autour d'une cour centrale semi-fermée et disposition asymétrique

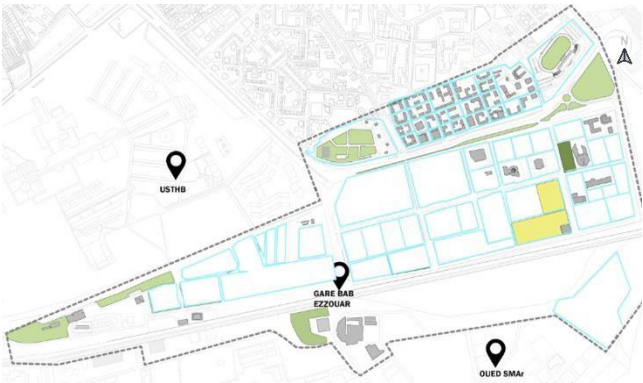
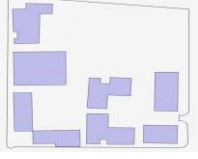


Figure 82:tailles des îlots. Source : Carte du POS traitée par les auteurs



Figure 83:tailles des îlots. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

		Îlot de forme irrégulière	Longueur :44,97 m² Largeur :48,16m² Surface :2165,75m²	facilite la circulation entre différentes zones, améliorent la connectivité et la qualité de vie en favorisant l'interaction sociale et en répondant à des préoccupations écologiques
---	---	---------------------------	--	---

3.5.4.3. Forme des différentes parcelles

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



Figure 85:formes des parcelles. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

3.5.5. Système bâti

3.5.5.1. Points de repère

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

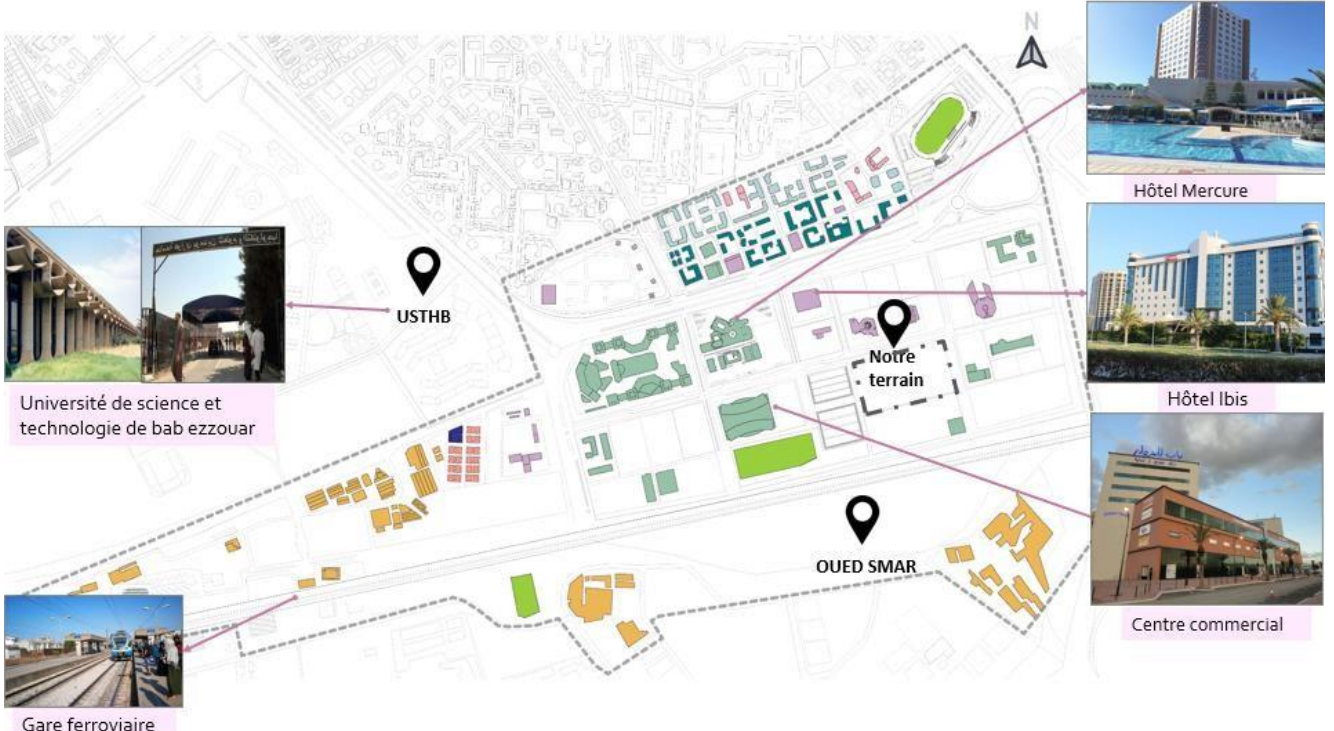


Figure 86:points de repères. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

3.5.5.2. Fonctions urbaines

Dans notre périmètre d'étude il y a une présence de plusieurs équipements à l'échelle de la commune est détectée, avec des vocations différentes : commerciale (centre commercial), administrative (tours d'affaires), industrielle (usines), et hôtelière.



Figure 88:fonctions urbaines. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

- Les deux fonctions principales de notre quartier sont l'administration et l'industrie, avec un manque d'infrastructures de loisirs.

3.5.5.3. Typologies urbaines

Dans notre périmètre d'étude il y a une présence d'habitat et d'équipements commerciaux et industriels.

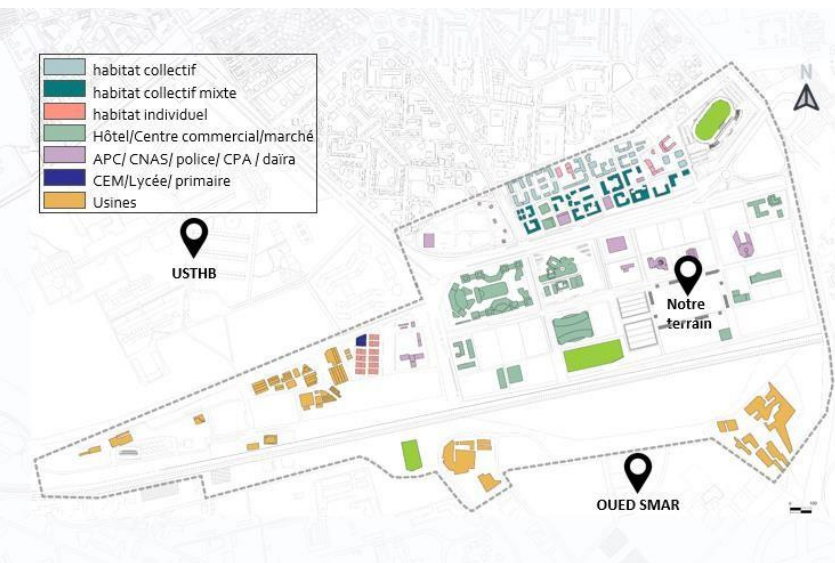


Figure 89:typologies urbaines. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

3.5.5.4. Gabarit

Dans notre périmètre d'étude il y a une prédominance de plusieurs constructions avec des gabarits de grandes hauteurs de r+6 jusqu'à R+12

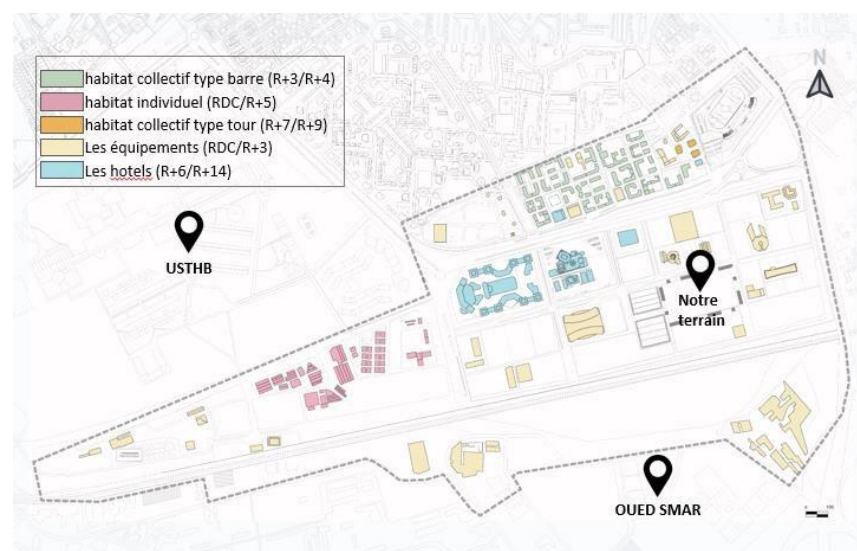


Figure 87:le gabarit. Source: Carte du POS traitée par les auteurs

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

3.5.5.5. Paysage urbain

Le calcul du prospect :



Figure 90:le prospect. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

H/L= 1.2 : Cela signifie que la distance minimale doit respecter la limite séparative est de 1.2 mètre, On doit donc se limiter en hauteur dans notre future construction afin de d'assure le rapport H/L et qu'il soit inférieur à L pour assure un bon ensoleillement ; aération et ne pas écraser les constructions avoisinantes.

Le Skyline :

Skyline dynamique et non linéaire caractérisé par une variation des hauteurs de bâtiments, avec un maximum de R+14, mais manque d'éléments distinctifs créant une certaine monotonie visuelle



Figure 92:le Skyline. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

3.5.5.6. État de bâti

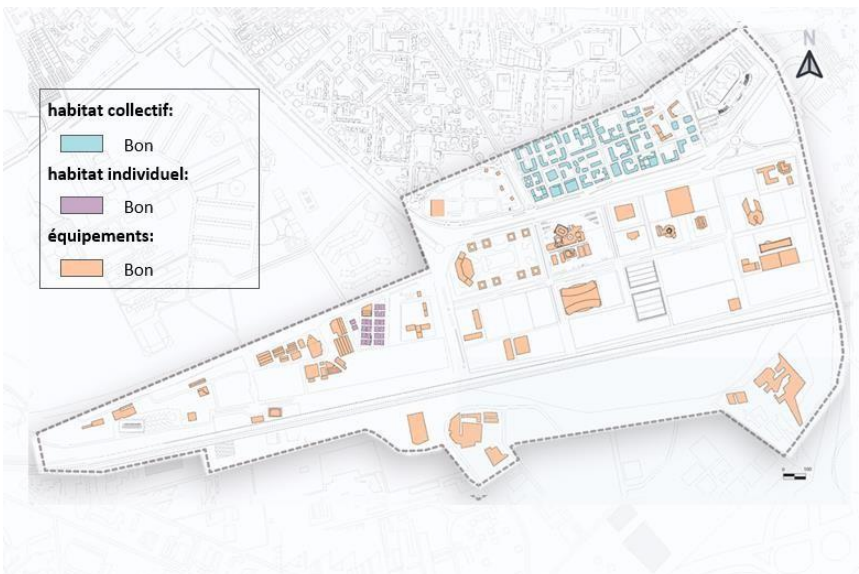


Figure 93:état de bâti. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

Le tissu urbain du quartier se compose d'un habitat récent, principalement constitué de grands ensembles de type « barres ». Ces constructions sont en bon état, ne présentant pas de signes de vétusté ou de dégradation notables. Du côté des équipements, l'ensemble est également bien entretenu. Le quartier d'affaires étant de développement récent, les infrastructures y sont modernes et de haut standing, à l'image des établissements hôteliers



Figure 91:batimants dans le quartier d'affaire. Source : auteurs

3.5.5.7. Espaces libres

A) Spatialisation :

La surface non bâtie dépasse largement la surface bâtie.

Surface bâti : 37% et la Surface non bâtie : 63 %



Figure 94:les espaces libres. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

- L'espace non bâti regroupe l'ensemble des zones qui ne sont pas encore occupées par des constructions ou des infrastructures.

Cela inclut les voies de circulation, les terrains inoccupés, les terrains réservés pour des projets futurs et quelques espaces verts.

B) Espace vert :



Figure 95:les espaces libres. Source : Carte du POS traitée par les auteurs

- Dans le cadre de notre projet, il est essentiel de valoriser les espaces libres en y intégrant davantage de zones vertes et de places publiques. L'objectif est de créer des lieux de détente accessibles à tous, tout en renforçant la biodiversité.

3.5.5.8. Alignement

Le quartier d'affaires repose sur une organisation relativement rectiligne et orthogonale.

Sur la ligne de front l'alignement est assuré par les murs de clôture des bâtiments, les entreprises et les hôtels. Cependant le tracé est interrompu par des routes secondaires (perpendiculaire à la rue) et le recul de quelques bâtiments par rapport et la voie.



Figure 98:alignement . Source : google earth traité par les auteurs



Figure 97:mur de clôture. Source : auteurs

3.5.5.9. Façade et texture

Le quartier d'affaires présente deux types de façades :

- 1) Des façades présentent des caractéristiques architecturales typiques des ensembles résidentiels construits dans cette zone :
- Construites en béton qui est souvent laissé apparent, parfois recouvert de peinture ou d'enduit clair
 - Les fenêtres et les balcons sont de dimensions standardisées, mais leur disposition varie selon les bâtiments
 - La palette de couleurs tend vers le neutre, avec des tons de gris et de blanc



Figure 96:façades du quartier d'affaire. Source : auteurs

- 2) Ces façades se caractérisent par un style moderne et épurés, En utilisant des matériaux contemporains comme l'acier et le verre qui permet de créer des espaces lumineux favorisant une ambiance de travail

- Elles visent à refléter une image dynamique et professionnelle des entreprises tout en intégrant des éléments de durabilité
- Les couleurs dominantes tendent vers les teintes neutres et modernes, on retrouve des nuances de gris, blanc et bleu qui donnent une allure sophistiquée et professionnelle.



Figure 99:façades du quartier d'affaire. Source : auteurs

3.5.6. Analyse séquentielle

L’analyse séquentielle met en lumière les différentes ambiances qui se succèdent le long de l’axe structurant du site. Ce découpage en séquences permet de comprendre les ruptures d’usage, de rythme et de qualité urbaine entre les différentes zones traversées. Chaque séquence reflète une identité propre, mais aussi des dysfonctionnements qui nuisent à la lisibilité et à la cohérence de l’ensemble. Cette lecture spatiale est essentielle pour guider les interventions de projet en vue de créer une continuité urbaine harmonieuse et plus accueillante pour les usagers.

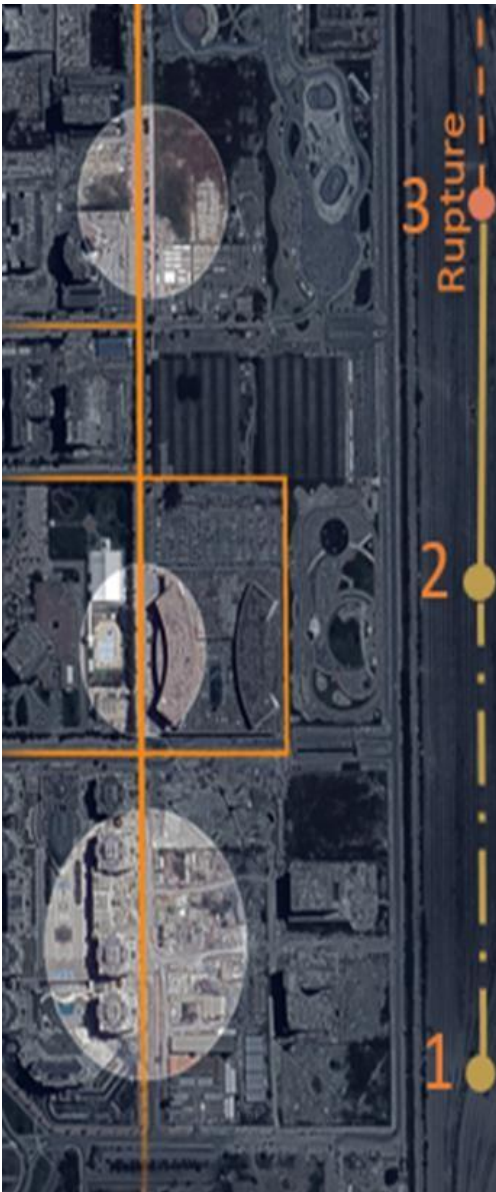


Figure 100:analyse séquentielle. Source : google earth édité par les auteurs

Séquence en mutation



Zone de chantiers et de stockage, avec une forte présence de machines et véhicules lourds, rendant l'accès piétonnier dangereux.

Séquence de loisirs et d'hébergement



. La zone, bien qu'attrayante pour le commerce et les loisirs, est dominée par la circulation automobile, négligeant les espaces piétons et créant une atmosphère peu accueillante pour les piétons.

Séquence : Zone Mixte



Contraste entre luxe et environnement hostile : bruit, poussière, chantiers, routes encombrées, manque d'espaces verts et de sécurité pour les piétons.

3.5.7. Conclusion : Vers une amélioration de la qualité urbaine et humanisation des espaces publics

En conclusion, cette étude approfondie a permis de mieux comprendre les enjeux urbains et les potentialités de la ville. Les résultats obtenus constituent une base solide pour guider les interventions stratégiques et la prise de décisions. En nous appuyant sur ces connaissances, nous pouvons relever les défis et exploiter les opportunités offertes par l'environnement urbain, contribuant ainsi à son amélioration et à son développement durable. Les stratégies proposées visent à concrétiser ces objectifs, en s'appuyant sur une analyse minutieuse des forces, faiblesses, opportunités et menaces

Tableau 20:les stratégies. Source : Auteurs 2025

Atouts	Opportunités
• Existence d’équipements d’une importance internationale (hôtel mercure, hôtel IBIS), et à l’échelle nationale comme le centre commercial. • La bonne perméabilité physique assuré par (RN 5 et 24, Autoroute de l’est, métro, la voie ferrée et l’Aéroport). • Mixité sociale et fonctionnelle • Présence du parc urbain à proximité. • Existence d’une bonne partie de terrains constructibles. • La zone est bien limitée. • Existence des poches libres (terrains libres, zones de servitudes).	• 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 télécommunications, et des conditions de vie). • Existence des ressources naturels (nappes phréatiques) • Élaboration d’un programme de délocalisation des installations industrielles à risques majeurs
Faiblesses	Menaces
• RN5 coupant la commune en deux parties ce qui représente un obstacle pour le développement urbain de la commune. • 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 a proximité des cités résidentiels. • La ligne de la haute tension qui traverse la commune de Bâb Ezzouar, la voie ferrée, la zone industrielle, les route a 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.

3.5.8. SWOT

STRENGTHS	Quartier	-Une position stratégique, représente la porte d'Est d'Alger. -Existence des équipements d'une échelle internationale (hôtel mercure, hôtel IBIS) et nationale 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	OPPORTUNITIES
	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	
WEAKNESSES	Quartier	-L'absence de la qualité urbaine et architectural dans certains endroits. -Bâb Ezzouar présente des tissus fragmentés (le zoning). -Ressenti de transit 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	THREATS
	Système viaire	-Insuffisance de voie piétonnes. -Manques d'espaces de stationnement (stationnement sauvage et anarchiques)	-Le piéton est indésirable -La nuisance qui va influencer sur le confort acoustique -La pollution aérienne (la fumée).	Système viaire	
	Système bâti	-Une forte densité urbaine ; mais un manque d'équipements. -Mauvaise exploitation des espaces non bâtis. -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 routes 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	

3.6. Analyse du site

Notre site d'intervention architecturale se situe dans le quartier d'affaires de Bab Ezzouar dans la partie est à côté de plusieurs sièges notamment CMA CGM et le nouveau parc urbain

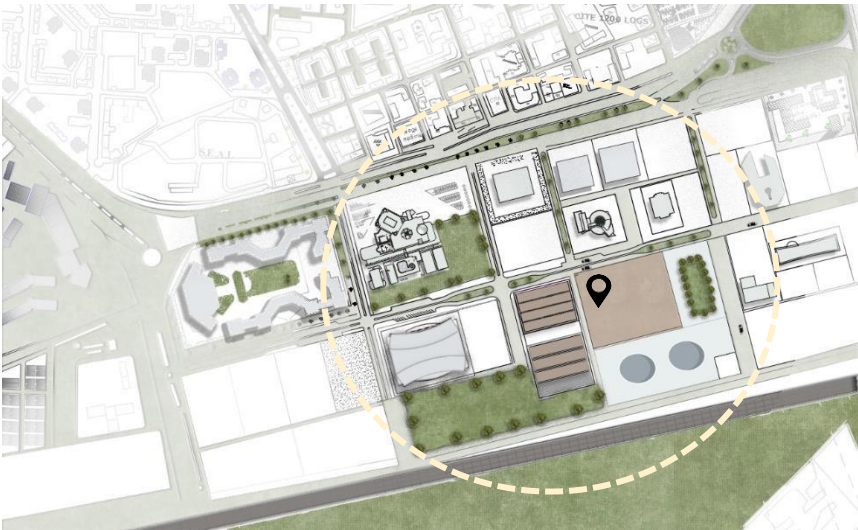


Figure 101:situation du terrain d'intervention Source : google earth traité par les auteurs

L'environnement bâti de notre zone d'intervention se distingue par une organisation équilibrée et une mixité fonctionnelle, regroupant des hôtels, des sièges administratifs, un centre commercial et des espaces libres le tout soutenu par des infrastructures favorisant l'accessibilité et l'attractivité économique

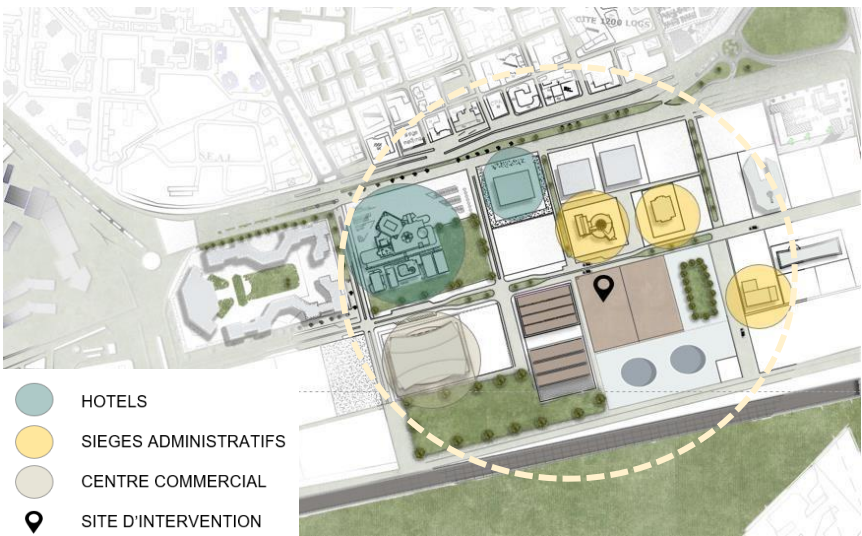


Figure 102:environnement bâti. Source : google earth traité par les auteurs



Figure 104:environnement bâti du terrain d'intervention. Source : auteurs

Géomorphologie de l'aire d'intervention

• **Forme et surface** : La forme du terrain est rectangulaire, avec une longueur de 116m et une largeur de 99m ce qui donne superficie de 11 484m²

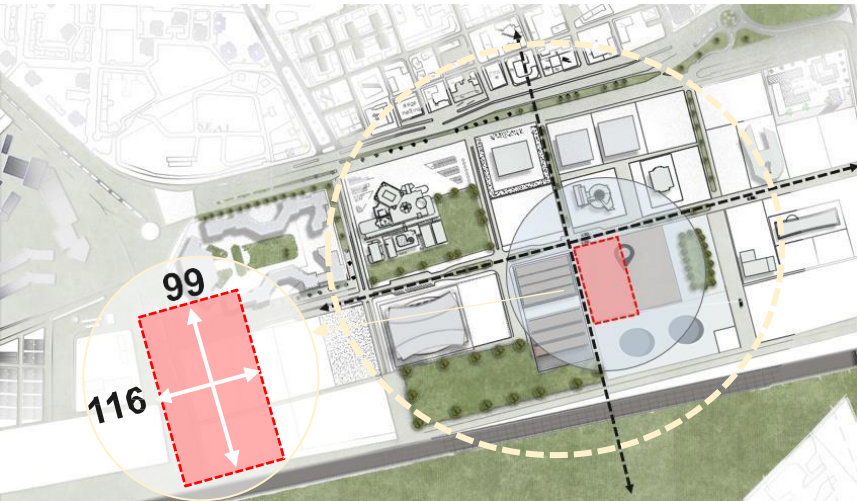


Figure 105:forme et surface du terrain. Source : google earth traité par auteurs

• **Données topographiques** : L'air d'intervention affiche une topographie uniforme avec une légère pente ne dépassant pas 3%



Figure 106: pente nord sud. Source : google earth

La pente est-ouest est plate, la pente nord-sud présente une légère variation



Figure 103:le terrain d'intervention. Source: Auteurs

Données climatiques

Le climat de Bâb Ezzouar est un climat méditerranéen avec des étés chauds et des hivers doux

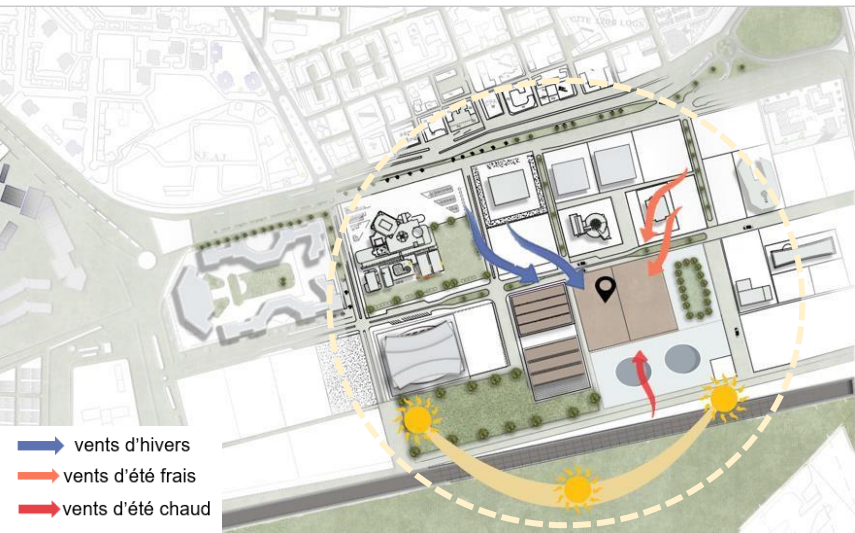


Figure 107:données climatiques. Source : google earth traité par auteurs

La région subit l'influence de vents variant selon leur fréquence et la saison. Nous notons la présence de trois types de vents :

- Les vents d'hivers côté nord-ouest
- Les vents d'été les plus dominants sont les vents frais côté Nord-Est,
- Les vents du Sud, chaud qui sont moins fréquent

Conclusion

- La parcelle choisie bénéficie d'une bonne accessibilité urbaine et d'une proximité avec des équipements de grande envergure, ce qui renforce l'attractivité et l'intérêt du projet.
- Le projet vise à répondre aux besoins spécifiques de la zone, en proposant des espaces adaptés aux entreprises, ainsi que des fonctions complémentaires comme le commerce et l'hébergement.
- L'orientation du bâtiment vers le sud permettra de capter l'ensoleillement en hiver, tout en évitant la surchauffe estivale grâce à des protections solaires.
- L'exploitation des vents dominants du nord-ouest favorisera la ventilation naturelle, contribuant ainsi à améliorer le confort thermique à l'intérieur du bâtiment.

3.7. Concept du projet

Pour identifier facilement les concepts fondamentaux, il est nécessaire de définir la vision et la mission de notre projet.

Quelle est notre VISION et notre MISSION

Vision : Créer un centre urbain durable, dynamique à Bâb Ezzouar

Qui rassemble 3 différentes activités commerce, affaire, logement dans un équilibre harmonieux entre densité, accessibilité et qualité spatiale.

Mission : Favoriser l'interconnexion des usagers et des fonctions grâce à une organisation spatiale claire et évolutive, valorisant les parcours piétons, la mixité fonctionnelle et l'insertion contextuelle du projet

Dans le cadre de ce chapitre nous nous sommes focalisés sur les différents concepts architecturaux qui nous aider à la conception de notre projet comme des éléments nécessaires dans la réflexion spatiale.

3.7.1 Les concepts de base

La mixité fonctionnelle

Intégration de différentes fonctions urbaines (logement, commerce, bureaux) au sein d'un même projet afin de créer un environnement dynamique et équilibré, et favorise la diversité des usages



La centralité

Le projet repose sur le concept de centralité, avec une tour d'affaires au centre, comme noyau structurant. Cette organisation optimise l'accessibilité, l'interconnexion des fonctions (affaires, commerce, logement), tout en créant un repère urbain fort.



humanisation de l'espace public

Intégration des terrasses, des jardins et des espaces végétalisés favorisant le confort, la convivialité et l'usage humain à l'échelle du quartier



Le parcours connecteur

Un parcours conçu pour révéler l'espace progressivement, en guidant le regard et le mouvement à travers l'ensemble des fonctions du projet



3.7.2 Concepts architecturaux

A. La mixité fonctionnelle

Le projet mise sur une densification maîtrisée et une répartition des fonctions bureaux, commerces et logement afin de créer un lieu vivant, actif à différents moments de la journée.

Cette diversité programmatique favorise les échanges, l'attractivité et la complémentarité des usages

B. organisation au tour d'un volume central(noyau) : Le projet se structure dès le départ autour de deux axes qui se croisent au milieu du terrain-là où s'implante la tour d'affaire comme un point de connexion visible et symbolique entre les différentes entités (logement, commerce).

Cette implantation a permis de guider naturellement l'organisation des autres fonctions (commerces, logements, espaces publics) autour d'elle, dans une logique claire et fluide.

C. création d'une base de mixité animée : Cette épaisseur urbaine joue un rôle important dans la composition architecturale du projet, elle permet de relier et animer le projet tout en générant des liens sociaux.

Le socle accueille des commerces en pied de tour, assurant l'animation du site et la connexion avec l'espace public. Il crée une transition harmonieuse entre la hauteur de la tour et l'échelle piétonne, tout en structurant les circulations et en renforçant la mixité fonctionnelle.

D. Le retrait spatial : Un espace résidentiel est intégré au projet et implanté de manière stratégique le long d'une voie tertiaire. En étant positionné en marge des espaces les plus animés, il permet une meilleure qualité de vie pour les habitants tout en maintenant une connexion fluide avec le reste du programme urbain.

E. Parcours connecteurs et spatialité en mouvement

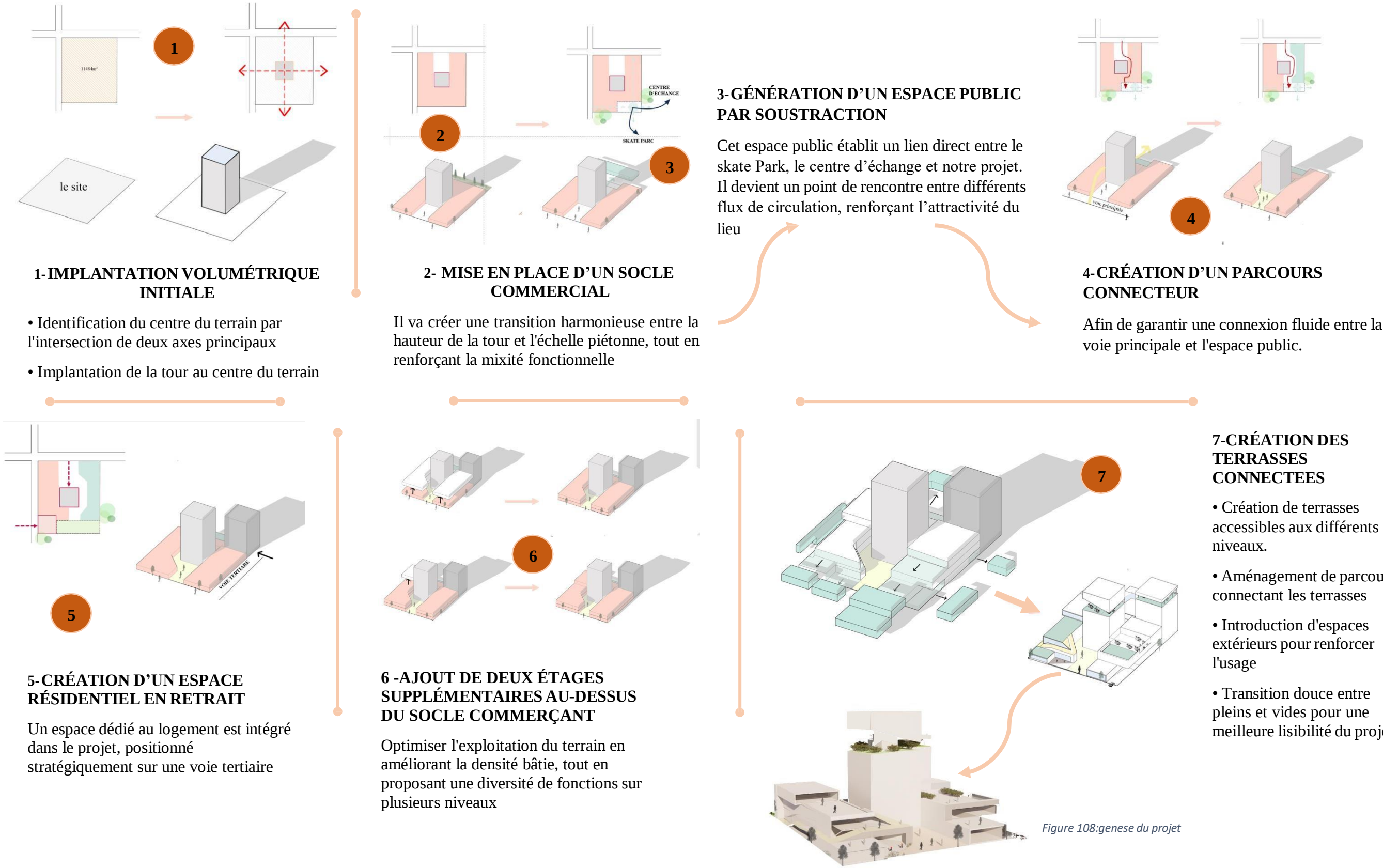
L'utilisation du concept d'une séquence spatiale en créant un parcours qui relie la voie principale à l'espace public du centre qui est le point de connexion entre notre projet et les projets environnants créant une hiérarchisation de l'espace et favorisant une circulation intuitive et fluide.

F. Terrasses connectées

Des terrasses accessibles sont aménagées à différents niveaux, offrant des espaces extérieurs qualitatifs. Un système de parcours relie ces terrasses entre elles, favorisant la continuité et la fluidité des déplacements. Ces espaces ouverts enrichissent les usages et la vie sociale du projet.

3.8. Genèse du projet

Développement de la forme



3.9. Organisation spatiale

En intégrant le principe de mixité fonctionnelle, notre projet se définit comme une petite ville verticale où les fonctions se superposent de manière cohérente, créant une synergie entre les usagers et une énergie collective forte. En rassemblant des espaces commerciaux animés, des logements confortables et des zones d'activités professionnelles, le projet vise à favoriser une cohabitation harmonieuse entre les trois fonctions. Ce lieu restera actif à tout moment de la journée, en encourageant les échanges entre vie personnelle et professionnelle.

Le projet intègre une diversité d'espaces extérieurs pensés pour le confort et la convivialité. Un jardin en rez-de-chaussée offre un espace de détente ouvert à tous. Des terrasses extérieures sont aménagées tout au long du parcours piéton, créant des pauses agréables dans le cheminement.

En complément, des terrasses en hauteur prolongent les espaces intérieurs vers l'extérieur, offrant des vues dégagées et des lieux de rencontre en plein air, accessibles aux usagers des étages supérieurs.

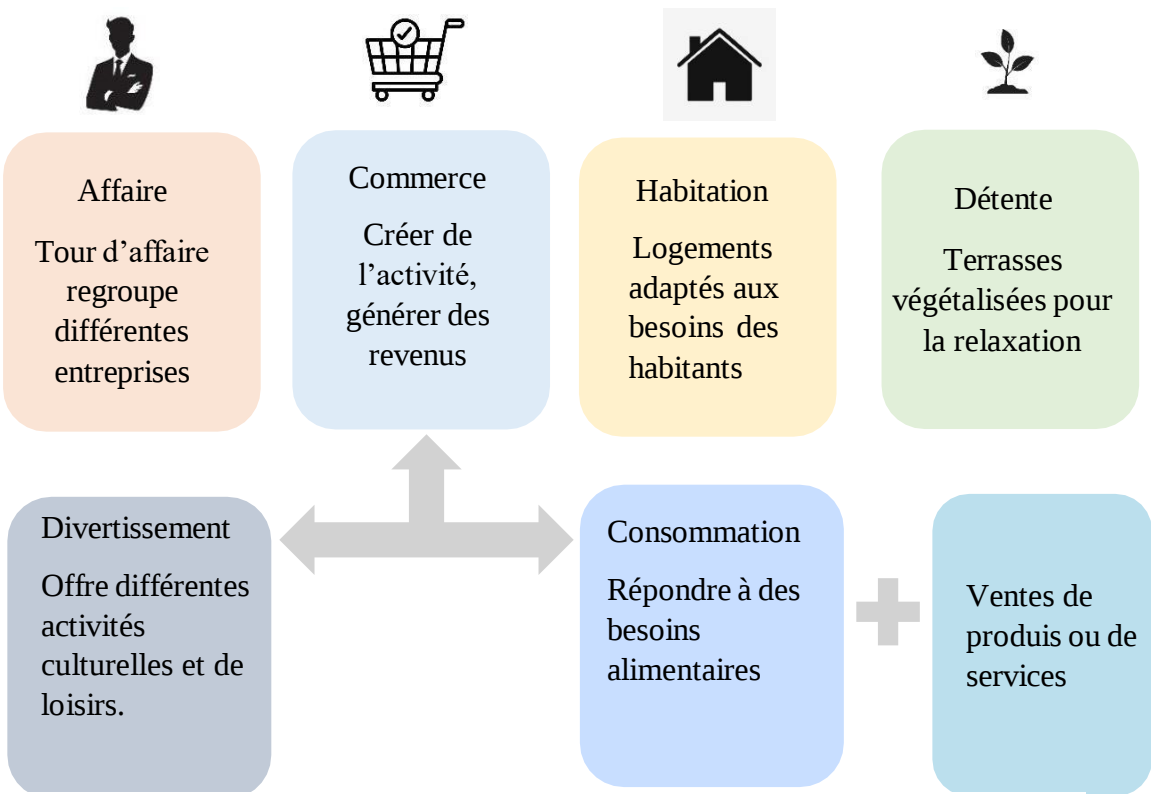


Figure 110:les fonctions du projet

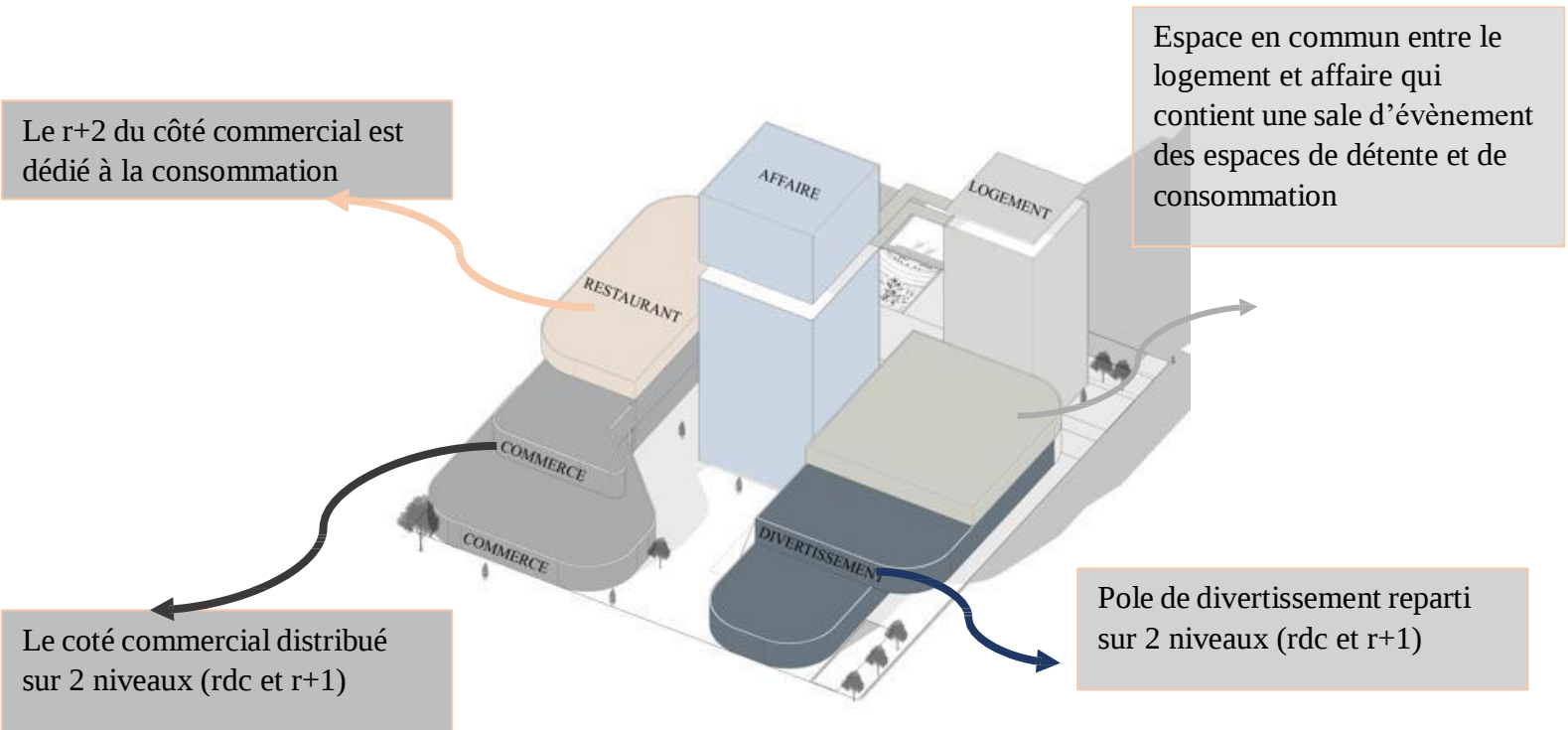


Figure 109:les fonctions du projet

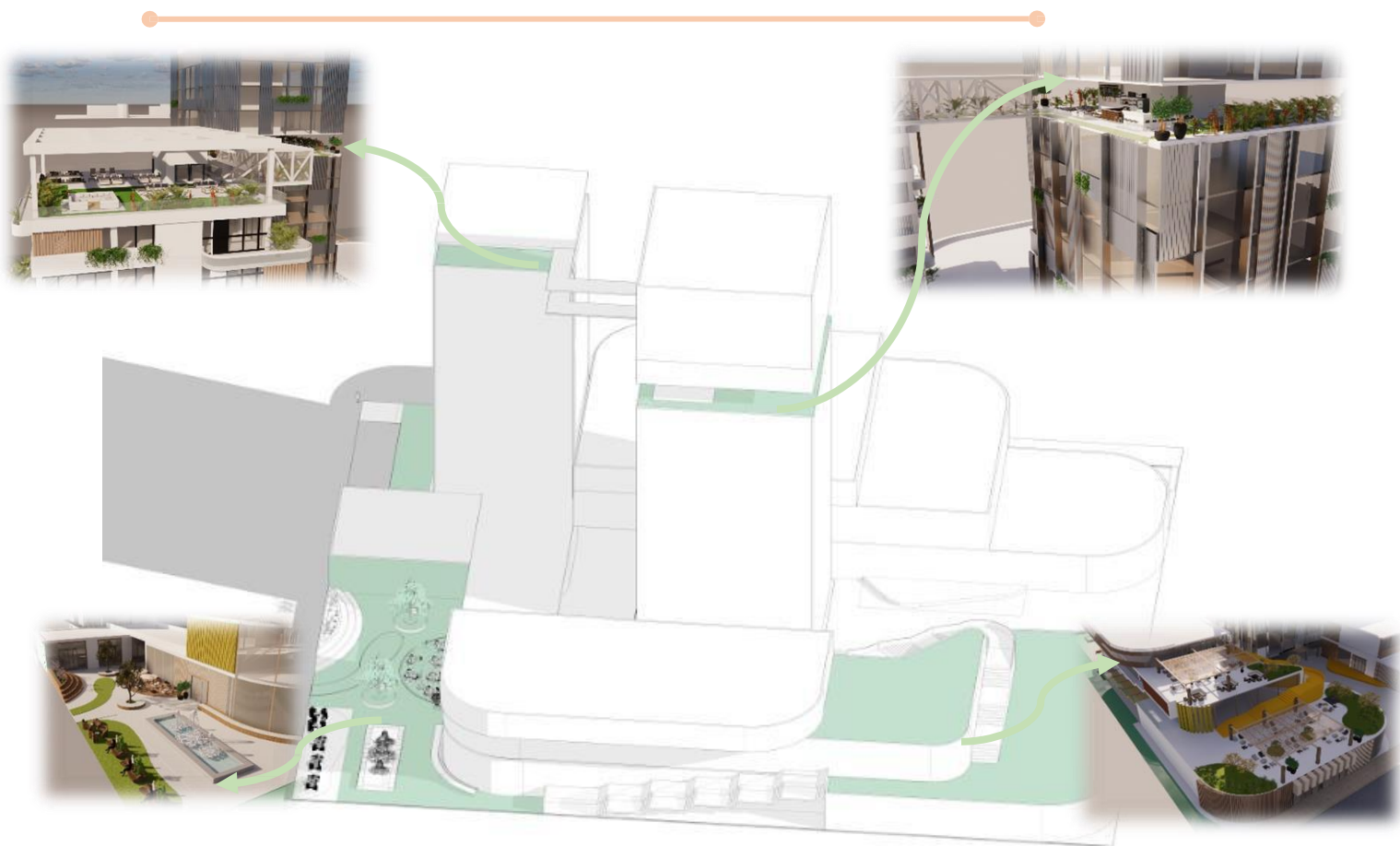


Figure 111: organisation des espaces extérieurs

3.9. Organisation spatiale

L'organisation spatiale du projet repose sur une répartition fonctionnelle claire, structurée autour de la tour d'affaires, véritable colonne vertébrale du site. Placée au centre du terrain, elle articule deux entités principales : les commerces et les logements. Un parcours piéton extérieur connecte ces fonctions, en traversant le jardin et menant jusqu'aux terrasses créant une promenade agréable, accessible et fluide. Cette configuration permet une lecture simple et efficace du projet, alliant accessibilité, logique d'organisation et diversité d'usages.

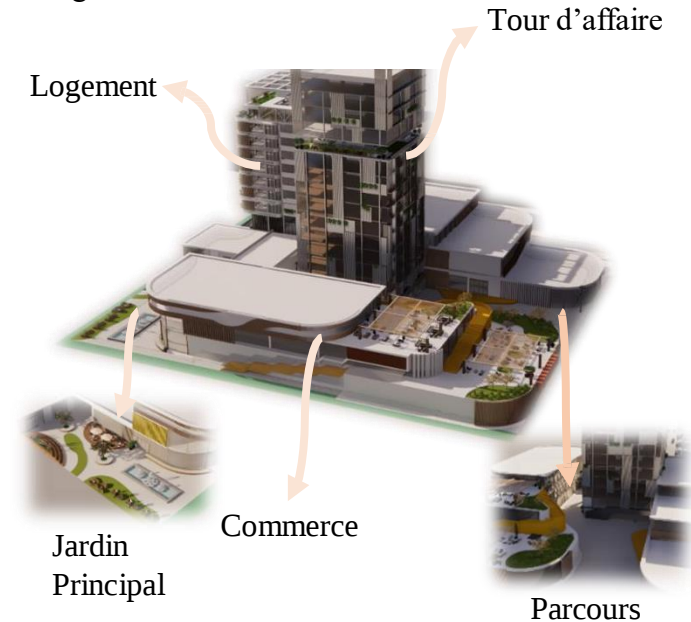


Figure 113: organisation du projet

3.11.2. Circulation horizontale

La circulation s'organise autour d'un grand parcours principal extérieur qui passe à travers le site et connecte les entités principales : la tour, les logements et le centre commercial. Ce parcours à créer une promenade agréable, où l'on se déplace facilement entre les différentes fonctions.

Une passerelle relie aussi le centre commercial aux logements et un passage qui relie le logement au parcours. Enfin, des escaliers intégrés au parcours permettent d'accéder aux terrasses, ajoutant une dimension verticale et des pauses en hauteur. L'ensemble donne un rythme naturel à la visite, où chaque déplacement devient une découverte.

3.11.1. Circulation verticale

Entité commerciale

Dans l'entité commerciale, la circulation verticale est effectuée par des escaliers, ascenseurs et des escalator, positionnés au milieu du centre afin de structurer les flux et de faciliter l'accès aux différents niveaux depuis le cœur du projet. Cette position centrale permet de dégager l'entrée aux usagers et leurs permettre de s'orienter facilement et de circuler de manière fluide. En complément, des escaliers secondaires ont été ajoutés à l'opposé de l'entrée pour créer une double distribution. Cette stratégie améliore la sécurité, réduit les points de congestion et garantit une meilleure accessibilité depuis toutes les zones du bâtiment.

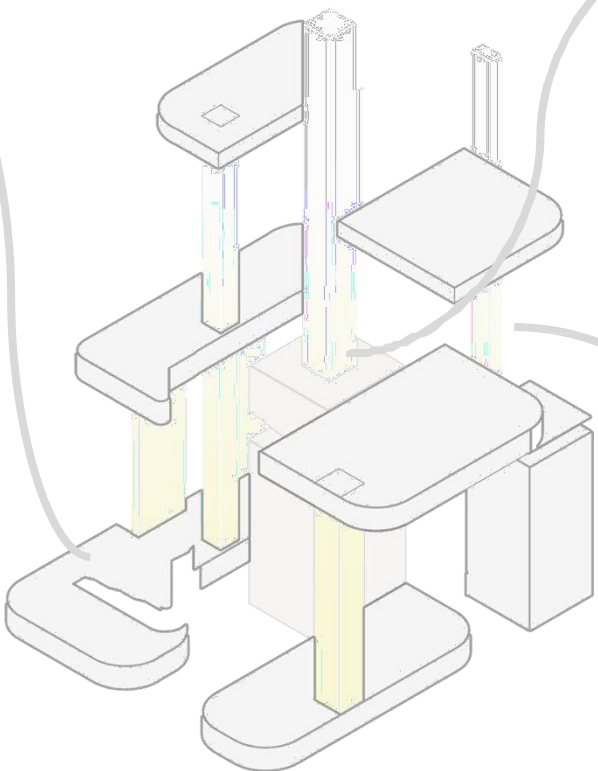


Figure 115: la circulation verticale du projet

Entité d'affaire

Dans la tour d'affaires la circulation verticale se fait par des ascenseurs et des escaliers qui se trouve au noyau de la tour pour créer une distribution des flux équilibrée et efficace. La position centrale fortifie aussi la lisibilité des fonctions du bâtiment et facilite l'orientation des occupants.

Entité de logement

La circulation verticale, en retrait de l'entrée, libère un hall clair et fluide. Les accès sont regroupés pour garantir simplicité, efficacité et intimité des espaces

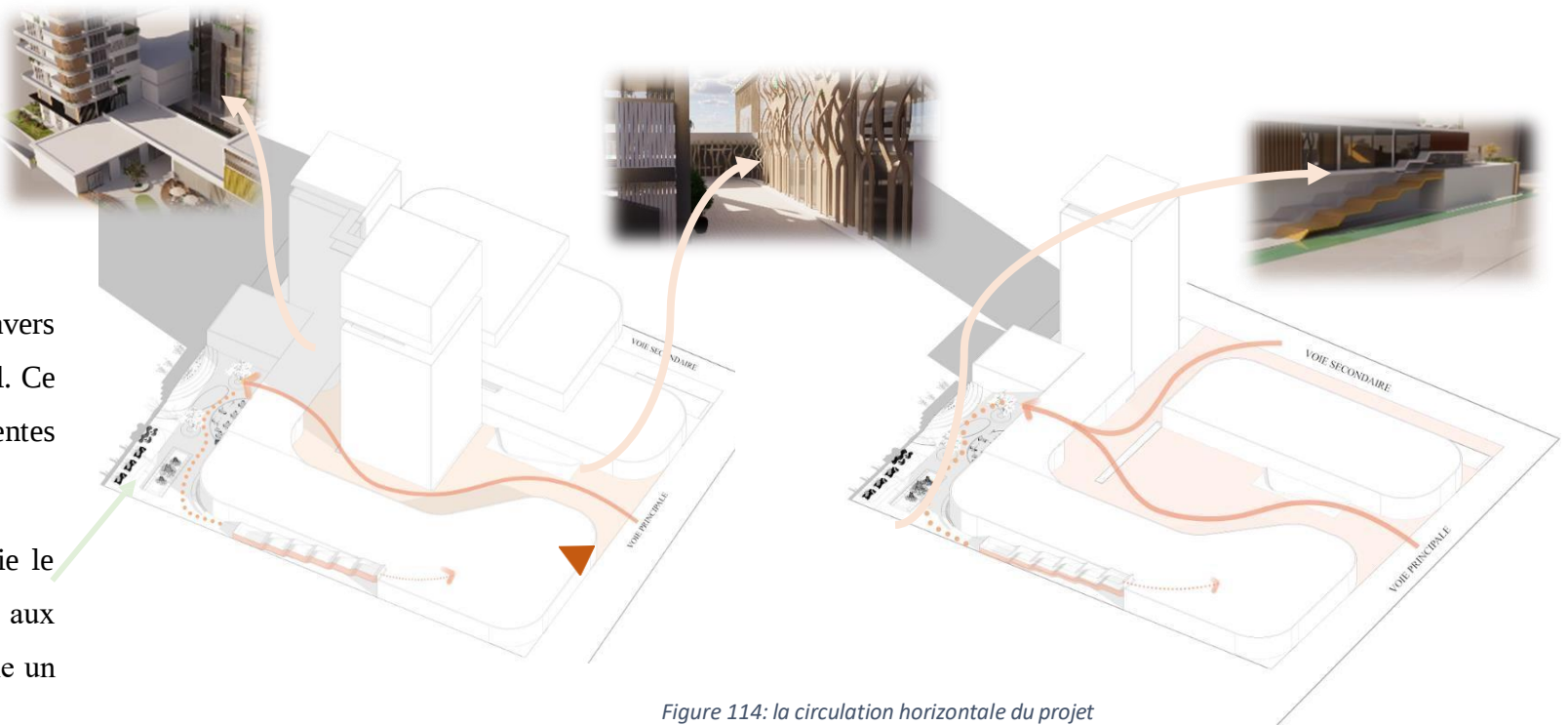


Figure 114: la circulation horizontale du projet

3.11. Analyse de l'enveloppe

3.11.1. Façade

La façade exposée est la façade principale du projet, elle se trouve sur le côté nord.

Cette façade exprime une approche contemporaine, intégrée dans les caractéristiques climatiques et environnementaux actuels. Une multitude de concepts architecturaux et bioclimatiques nous ont aidé dans la conception sont expliqués ci-dessous :



Figure 116: la façade principale du projet

- La façade présente un principe de verticalité dominant, accentué par des éléments répétitifs.

- Une rythmicité claire se dégage grâce à l'alternance de vides et de pleins.

- Des lames verticales sont utilisées pour créer un jeu d'ombre et de profondeur, tout en apportant une certaine légèreté visuelle.

- La façade est modulée avec des retraits à certains niveaux, créant des terrasses.

- Les bandeaux horizontaux rythment la façade et soulignent la lecture des niveaux.

- La façade des niveaux supérieurs (bureaux, logements) présente une forme bien structurée, renforçant une lecture verticale claire, avec des éléments qui donnent du rythme à l'ensemble tel que les protections solaires linéaires, et les balcons.



Figure 117: les éléments de la façade

- La végétation occupe une place importante dans la façade sur le plan esthétique et environnemental, son rôle bioclimatique est de réguler la température et rafraîchir les espaces.

- Les baies vitrées facilitent la pénétration de la lumière, ce qui contribue à créer des espaces plus doux et lumineux, apportant des vues sur le quartier d'affaires. Dans le but de réduire la chaleur excessive, elles sont protégées par des brise-soleils.

- Une passerelle suspendue relie les bâtiments, enrichissant la lecture architecturale et créant un lien aérien dynamique.



Figure 118: les éléments de la façade

- La façade adopte une palette neutre et élégante, dominée par le blanc, les gris et des tons beiges chaleureux avec une touche de jaune, créant un contraste subtil et harmonieux qui valorise les volumes.

- La façade, bien que non symétrique, apparaît visuellement équilibrée. Cette dissymétrie maîtrisée permet de générer une façade dynamique, reflétant la complexité fonctionnelle du projet tout en conservant une harmonie d'ensemble.

• Composition volumétrique de la façade

La façade s'organise autour de trois volumes distincts qui dialoguent entre eux de manière cohérente. Le socle commercial, s'ouvre sur l'espace public et affirme la base du projet. En retrait, le volume des logements garantit calme et intimité avec une large terrasse végétalisée. Enfin, la tour d'affaires occupe une position centrale et dominante, introduisant une verticalité marquée. Ce jeu de retraits et de hauteurs génère une façade rythmée, fonctionnelle et parfaitement adaptée à son environnement urbain.



Figure 119: la composition volumétrique de la façade

3.11.2. Structure

A. Matériaux

Afin de trouver un équilibre entre l’ancrage locale, l’adaptation climatique et les besoins fonctionnels du site, nous avons choisis d’utiliser des matériaux locaux, mais traités et mis en œuvre de manière contemporaine.

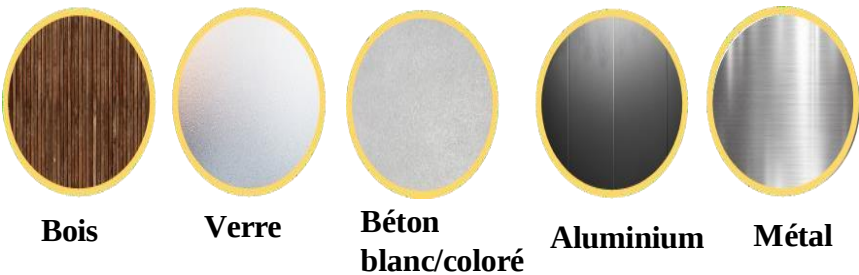


Figure 120 : les matériaux utilisés dans le projet

B. Système de construction

Le système porteur de la tour se trouve au centre du bâtiment, sous forme d’un noyau composé de poteaux mixtes 40x40cm (acier + béton) et d’un voile en béton collé. Ce noyau assure la stabilité verticale et latérale, tout en jouant un rôle important dans le contreventement, notamment contre les risques sismiques de Bâb Ezzouar. Autour de ce noyau, le reste de la structure s’étend en porte-à-faux, permettant de dégager les façades, d’optimiser les espaces intérieurs et de promouvoir une approche bioclimatique. Les planchers collaborants de 21 cm d’épaisseur, assurant résistance mécanique et réduction de la masse structurelle. Chaque étage a une hauteur totale de 4 mètres, avec un faux plafond technique facilitant le passage des réseaux et la maintenance des systèmes.

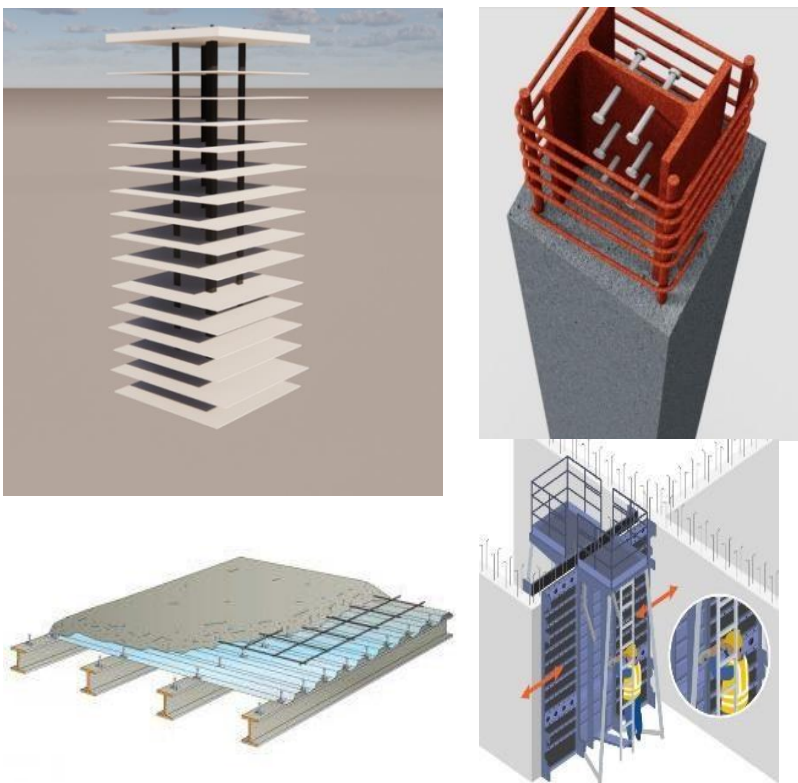


Figure 121:schéma structurale de la tour d'affaire

Le logement reposent sur une structure poteau-poutre simple en béton armé, avec des poteaux de 40x40 cm et des dalles pleines pour assurer solidité et confort. Les deux premiers niveaux, plus hauts (6 mètres). Les étages suivants, avec leurs 4 mètres de hauteur, conservent une belle qualité d’espace tout en restant sobres et efficaces.

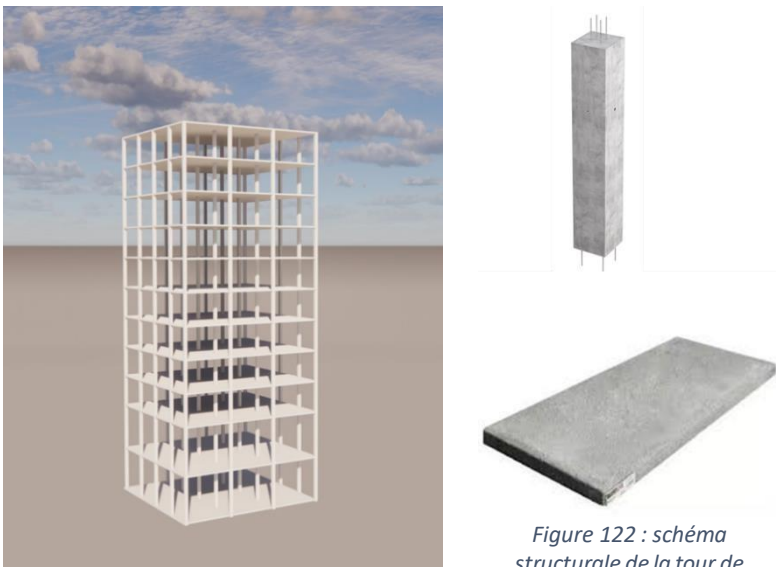


Figure 122 : schéma structurale de la tour de logement

La zone dédiée aux commerces repose sur une structure métallique légère, pensée pour offrir de grands espaces libres et modulables. Elle s’organise autour de poteaux en acier de 50 x 50 cm, disposés selon une trame régulière de 7 x 12 mètres, permettant une grande flexibilité d’aménagement. Les niveaux, répartis sur R+2, présentent chacun une hauteur généreuse de 6 mètres sauf le niveau 3 (m) , adaptée aux besoins des espaces commerciaux. Les planchers sont réalisés en dalles collaborantes acier-béton, combinant légèreté et résistance. Un faux plafond technique d’un mètre permet d’intégrer les réseaux, l’éclairage et les systèmes de ventilation sans gêner la lisibilité de l’espace.

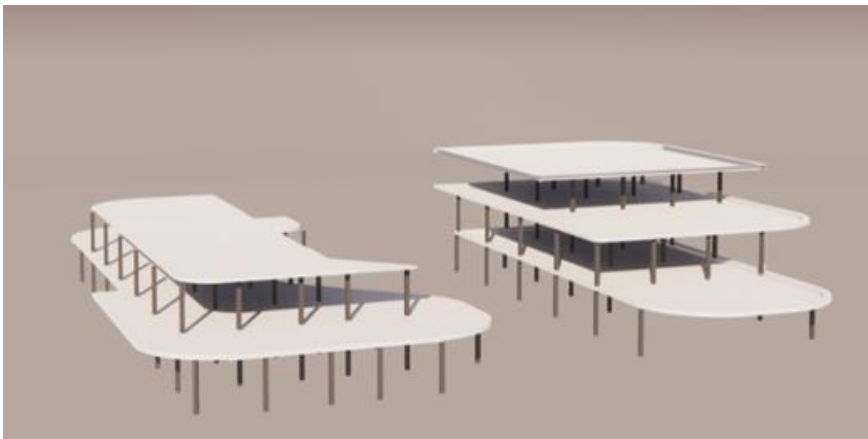


Figure 123: schéma structurale du centre commercial

3.12. Qualités spatiales

Le projet repose sur une organisation verticale des fonctions, combinant un centre commercial en socle, une tour d'affaires et une tour de logements. Cette superposition programmatique permet une hiérarchisation claire des usages et favorise des transitions fluides entre espaces publics, semi-publics et privés, tout en optimisant la densité et la fonctionnalité du site.



Parcours piétons et cheminements fluides

Le projet développe des cheminements piétons fluides et continus, assurant une connexion claire entre les différentes entités fonctionnelles. Ces parcours favorisent l'accessibilité, la déambulation et une lecture intuitive de l'espace, renforcés par un aménagement soigné du sol, du mobilier urbain et des plantations linéaires



Terrasses paysagères de rencontre et sociabilité

Les terrasses du centre commercial sont conçues comme des espaces extérieurs conviviaux, favorisant la pause, la rencontre et l'animation. Aménagées avec soin, elles prolongent les circulations intérieures et renforcent l'attractivité et l'usage social du centre en plein air.



Terrasses suspendues

Intégrés en hauteur dans les deux tours, offrent des espaces de verdure en altitude, accessibles aux usagers. En plus d'améliorer le cadre de vie, ils apportent une touche esthétique forte au projet, en enrichissant les façades et en créant des vues agréables sur le quartier d'affaire.



Jardins entre privé et public

Le projet intègre deux jardins en rez-de-chaussée : un jardin public, ouvert à tous et animé, situé près du centre commercial, et un jardin privé, réservé aux résidents, offrant un espace calme et sécurisé. Cette dualité enrichit la qualité spatiale et paysagère en proposant des ambiances adaptées à différents usages



Figure 124: les qualités spatiales du projet

3.13. Les stratégies environnementales

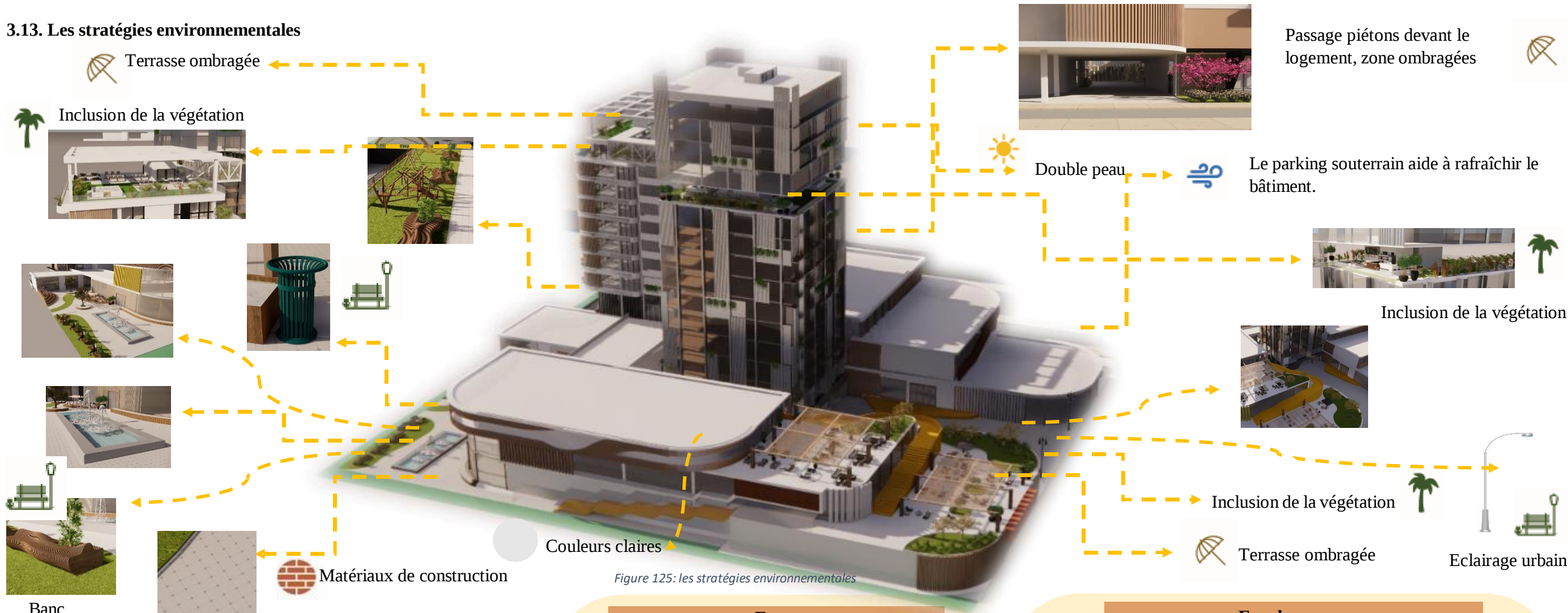


Figure 125: les stratégies environnementales

Environnement

- Pavés extérieurs** : choisis pour limiter l'absorption de chaleur et améliorer l'écoulement de l'eau.
- Végétation variée** : intégrée dans toutes les entités du projet favorisent l'évapotranspiration et améliorent la qualité de l'air
- Bassin d'eau** : placé dans le jardin arrière pour rafraîchir l'air et créer un espace agréable.
- Jardin de 51x20 m** : zone verte de détente qui atténue l'effet d'îlot de chaleur urbain.
- Façade double peau** : utilisée pour favoriser la ventilation naturelle et réduire les besoins en climatisation.
- Mobilier urbain adapté** : bancs, poubelles, plaque, d'orientation, gradin, pergolas pour plus de confort et de fonctionnalité, air de jeux pour enfant

Forme

- Forme ouverte** : favorise une bonne ventilation entre les volumes, améliorant le confort thermique.
- Double peau** : utilisée sur la tour pour limiter la chaleur tout en laissant passer la lumière.
- Circulations couvertes** : escaliers en verre et parcours extérieurs créent de l'ombre et facilitent le passage de l'air.
- Brise-soleil verticaux et bandeaux horizontaux** : protègent des rayons directs du soleil et animent la façade.
- Végétation intégrée** : présente sur plusieurs niveaux, elle rafraîchit l'air, améliore l'esthétique et réduit les îlots de chaleur.
- Coins arrondis** : réduisent la force du vent, fluidifient l'architecture et adoucissent les transitions entre volumes.

Enveloppe

- Baies vitrées** : utilisées sur l'ensemble des façades ,pour maximiser la lumière naturelle et renforcer le lien intérieur/extérieur. Elles sont protégées par des brise-soleil adaptés pour limiter les surchauffes.
- Façade double peau sur la tour d'affaires** : cette stratégie bioclimatique améliore l'isolation thermique, favorise la ventilation naturelle et réduit les besoins en chauffage et climatisation.
- Palette de matériaux variée** : Le verre, associé à des matériaux clairs comme le béton, le bois et le métal, permet de réduire l'absorption de chaleur tout en valorisant une esthétique moderne.
- Brise-soleil verticaux et bandeaux horizontaux** : éléments architecturaux jouant un rôle clé dans la protection solaire, le rythme de la façade et l'expression du projet.
- Inspiration vernaculaire** : certaines protections solaires s'inspirent du moucharabieh traditionnel, réinterprété de manière contemporaine pour filtrer la lumière tout en assurant ventilation et intimité.

3.14. Simulation thermique dynamique

3.14.1. Introduction

La simulation est estimée comme l'une des principales méthodes offrant la possibilité d'étudier de manière globale la performance des bâtiments (Prieto et al., 2017 ; Gunay et al., 2016). Donc, cette méthode peut être employée pour simuler un modèle de bâtiment et ses conditions climatiques, ainsi que d'autres modifications si nécessaire. De plus, ces méthodes ont été employées par plusieurs chercheurs pour obtenir les données statistiques nécessaires à la mesure de la performance des bâtiments (Mateus et al., 2014). Des études antérieures ont révélé que plusieurs outils ont été développés pour simuler diverses applications d'économie d'énergie (Dahanayake et Chow, 2017). Certains ont été développés pour étudier l'énergie et les conditions thermiques des bâtiments et des structures industrielles. (Habu Yusuf Abba et al., 2020)

La simulation thermique dynamique est un outil essentiel pour identifier et quantifier les nombreuses causes de déperdition énergétique, telles que les ponts thermiques ou les pertes liées à la ventilation. Elle permet ainsi de valider les hypothèses conceptuelles et les solutions mises en œuvre techniquement. De nombreux logiciels sont disponibles pour ce type d'analyse, notamment Design Builder, Ecotect, Envi met.

Le choix pour cette étude s'est porté sur le logiciel Design Builder, reconnue pour sa capacité à simuler simultanément la performance énergétique et le confort intérieur du bâtiment.

3.14.2. Design Builder

Le logiciel Conception Design Builder est une interface utilisateur graphique développée spécifiquement pour l'exécution de l'énergie et de la simulation. Les constructeurs de conception peuvent également créer des certificats de performance énergétique (CPE) et démontrer la conformité aux réglementations de construction. Design Builder est un outil logiciel avancé pour le contrôle d'énergie et les performances en termes de CO₂, éclairage et confort. Les constructeurs de conception l'ont développé pour simplifier le processus de simulation d'un bâtiment, comparer rapidement les fonctionnalités et les performances du bâtiment, fournir des résultats et communiquer des budgets.

Le logiciel combine une modélisation à grande vitesse des bâtiments et des cas d'utilisation avec une simulation dynamique avancée. Le logiciel est facile à utiliser avec des

caractéristiques de productivité innovantes permettent les utilisateurs de modéliser rapidement des bâtiments complexes. Il est la première interface utilisateur complète pour les simulations thermique dynamique Energy Plus. (Bhagyesh S, 2018)

3.14.3. Objectif

L'objectif principal de cette simulation est d'évaluer l'impact de différentes configurations de façades à double face sur les besoins de chauffage du bâtiment.

L'analyse bioclimatique réalisée avec le logiciel Climate Consultant (voir page 56-58) a permis la répartition suivante des besoins énergétiques du bâtiment :

- 24,3 % pour le chauffage
- 11,2 % pour le refroidissement actif
- 12,8 % pouvant être couverts par la ventilation naturelle
- 19,7 % pris en charge par des protections solaires passives

Ces résultats nous ont conduits à orienter la simulation de Design Builder vers l'analyse du comportement thermique de la façade double peau durant la période hivernale, en mettant particulièrement l'accent sur la consommation de chauffage.

3.14.4. Méthodologie

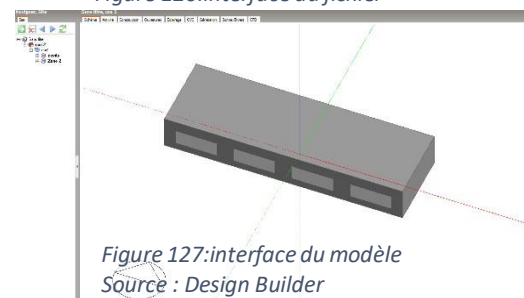
Afin d'évaluer le comportement thermique ainsi que le potentiel d'économie d'énergie des façades à double peau intégrée dans notre cas d'étude, nous avons organisé notre plan de travail en quatre étapes :

3.14.5. Paramètres de simulation

- 1• le fichier climatique de la ville de Bab Ezzouar a été obtenues à l'aide du logiciel Meteonorm 8
- 2• La superficie totale utilisée pour l'analyse est de 200m² (25x8m, h=4m)
- 3• Un modèle rectangulaire représentant un coworking space a été sélectionné pour l'analyse Design Builder en raison de sa typologie ouverte qui favorise la ventilation naturelle, et par rapport à l'intensité d'occupation qui crée des réels enjeux de confort thermique

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
Température moyenne (°C)	7,2	12	17	20,8	24,8	28,8	30,8	29,8	25,8	19,8	12,8	7,2	17,2
Température maximale (°C)	15,2	20,2	25,2	29,2	33,2	37,2	39,2	38,2	34,2	28,2	20,2	15,2	26,2
Température minimale (°C)	-1,8	4,2	9,2	12,8	16,8	20,8	22,8	21,8	17,8	10,8	4,2	-1,8	8,2
Ensoleillement (h)	1,2	2,2	4,2	6,2	8,2	10,2	11,2	10,2	7,2	4,2	2,2	1,2	5,2
Pluie (mm)	102	72	42	22	12	8	6	12	22	42	72	102	52
Humidité relative (%)	72	62	52	42	32	22	18	22	32	42	52	72	42
Vitesse du vent (km/h)	12	15	18	22	25	28	30	28	25	18	15	12	18
Pression (hPa)	1012	1014	1016	1018	1020	1022	1024	1022	1020	1018	1016	1012	1016
Albédo	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Latitude	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8
Longitude	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Altitude (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Nombre de jours de gel	12	8	4	2	1	0	0	1	2	4	8	12	12
Nombre de jours de pluie	12	10	8	6	4	3	2	3	6	8	10	12	10
Nombre de jours d'ensoleillement	10	12	14	16	18	20	22	20	16	14	12	10	16
Nombre de jours de vent	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nombre de jours de brouillard	12	10	8	6	4	3	2	3	6	8	10	12	10
Nombre de jours de neige	12	8	4	2	1	0	0	1	2	4	8	12	12
Nombre de jours de gel	12	8	4	2	1	0	0	1	2	4	8	12	12
Nombre de jours de pluie	12	10	8	6	4	3	2	3	6	8	10	12	10
Nombre de jours d'ensoleillement	10	12	14	16	18	20	22	20	16	14	12	10	16
Nombre de jours de vent	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nombre de jours de brouillard	12	10	8	6	4	3	2	3	6	8	10	12	10
Nombre de jours de neige	12	8	4	2	1	0	0	1	2	4	8	12	12
Nombre de jours de gel	12	8	4	2	1	0	0	1	2	4	8	12	12

Figure 126: interface du fichier



4• la façade concernée par la mise en application des différents scénarios de simulation est : la façade sud

5• Période simulée : une semaine d'hiver

3.14.6. Caractéristiques des matériaux de l'enveloppe

Les matériaux utilisés dans l'enveloppe, notamment les murs extérieurs et les plancher bas et hauts, sont décrits ci-dessous avec leurs différentes couches de composition :

Mur extérieur sans isolant (u=1.24)		Mur extérieur avec isolant (u=0.52)	
Matériau	Épaisseur(cm)	Matériau	Épaisseur(cm)
Enduit de ciment	02	Enduit de ciment	02
Brique creuse	15	Brique creuse	15
Lame d'air non ventilée	05	Polystyrène standard	05
Brique creuse	10	Brique creuse	10
Enduit de plâtre	02	Enduit de plâtre	02

Plancher haut (u=0.28)		Plancher bas(u=0.23)	
Matériau	Épaisseur(cm)	Matériau	Épaisseur(cm)
Étanchéité en fibre	01	Gravier	45
Sable et gravier	05	Asphalte coulé	03
Dalle de compression	05	Béton léger	03
Isolation standard	13	Polystyrène expansé eps	05
Enduit de ciment	02	Béton cellulaire	02

Tableau 21:matériaux de l'enveloppe. Source : Benarous Sihem 2022

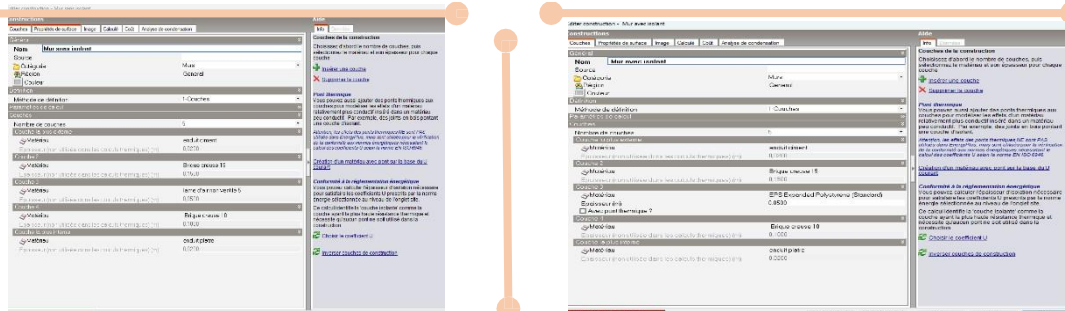


Figure 128:interface des matériaux. Source : Design Builder

3.14.7. Protocole de simulation

Le tableau ci-dessous affiche tous les scenarios qui ont été analysés par le logiciel design Builder avec les résultats afin d'évaluer la consommation de chauffage en hiver à l'aide des variables suivant :

Taux de vitrage %	80 % - 30 %
Type de vitrage	Simple : U=5.9 - double : U=2.5 - U=1.4
Cavité	Ventilée – non ventilée
Mur extérieur	Avec isolant – sans isolant

Tableau 22 : les scenarios de la simulation avec résultat Source : Design Builder

Scenario	Taux de vitrage %	Type de vitrage	U (W/m². K)	Isolant	Cavité	Chauffage (kWh)
1(cas de référence sans double peau)	80%	Simple	5.9	-	-	98.61
2	80 %	Simple	5.9	-	Non ventilée	93.27
3		Double	2.5	-	Non ventilée	90.19
4		Double	1.4	-	Non ventilée	79.91
5		Simple	5.9	-	Ventilée	94
6		Double	2.5	-	Ventilée	91.62
7		Double	1.4	-	Ventilée	81.97
8	30 %	Simple	5.9	Sans isolant	Non ventilée	96.81
9		Double	2.5	Sans isolant	Non ventilée	96.44
10		Double	1.4	Sans isolant	Non ventilée	92.81
11		Simple	5.9	Sans isolant	Ventilée	95.44
12		Double	2.5	Sans isolant	Ventilée	94.94
13		Double	1.4	Sans isolant	Ventilée	91.24
14		Simple	5.9	Avec isolant	Non ventilée	92.88
15		Double	2.5	Avec isolant	Non ventilée	92.24
16		Double	1.4	Avec isolant	Non ventilée	88.34
17		Simple	5.9	Avec isolant	Ventilée	92.37
18		Double	2.5	Avec isolant	Ventilée	91.72
19		Double	1.4	Avec isolant	Ventilée	87.87

Interprétation des résultats

Les graphiques ci-dessous les résultats obtenus :

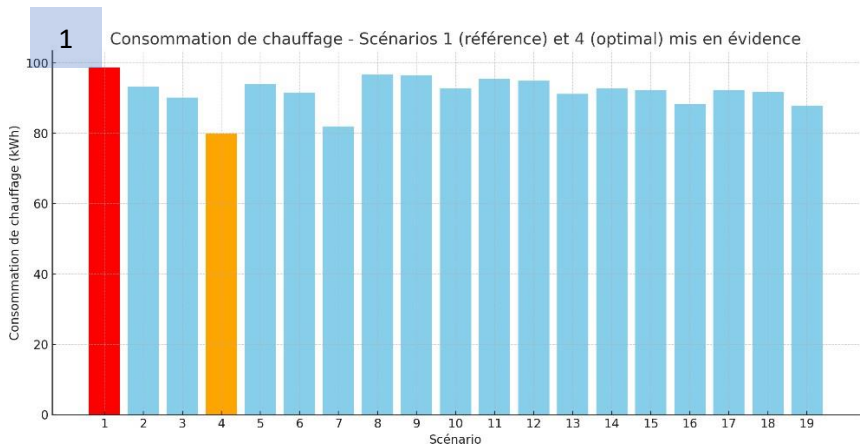


Figure 129 : Consommation de chauffage par rapport à tous les scénarios Source : Auteurs

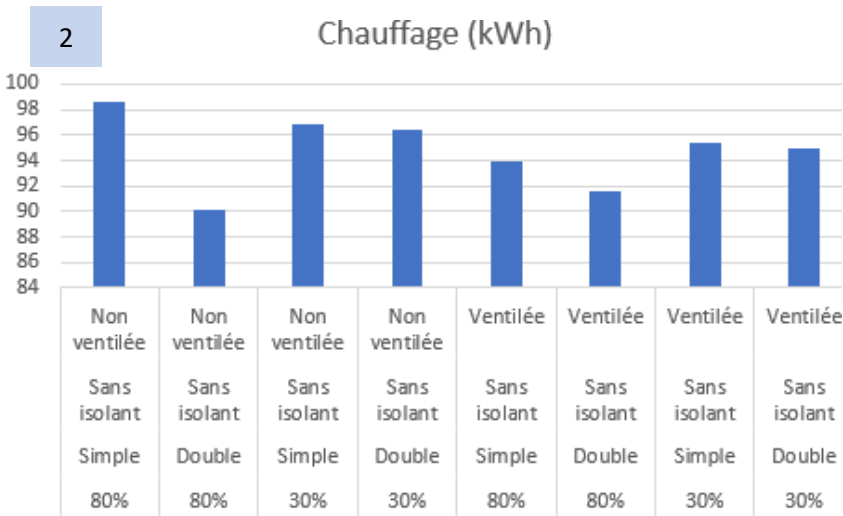


Figure 131 : Effet combiné de la ventilation de la cavité, du type de vitrage et du taux de vitrage sur la consommation de chauffage

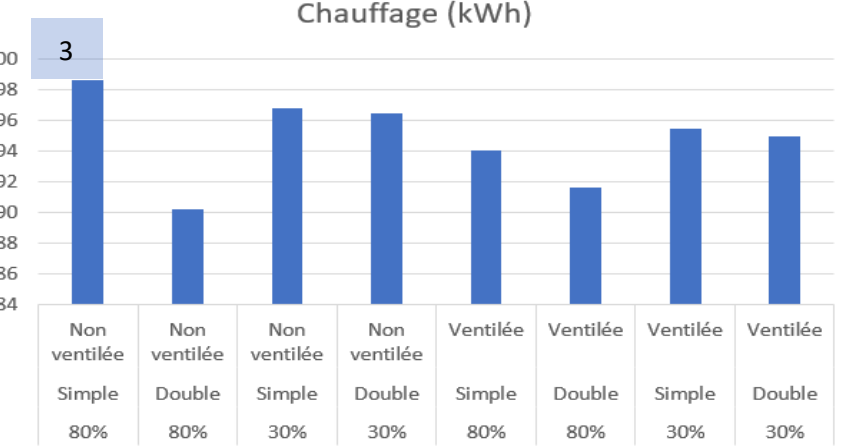


Figure 132: Influence du taux de vitrage et du type de vitrage selon la ventilation de la cavité. Source : Auteurs

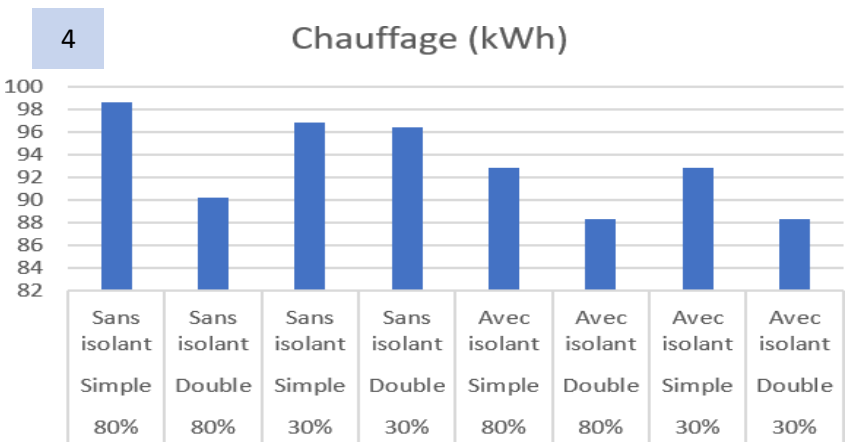


figure 133 : Impact de la présence d'un isolant et du type de vitrage sur la consommation de chauffage Source : Auteurs

• Le graphique 1 présente la consommation de chauffage (en kWh) pour les 19 scénarios simulés avec l'aide de Design Builder.

Le premier scénario, en rouge, est le cas de référence. Il présente une façade vitrée à 80 %, un vitrage simple ($U = 5,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), sans double peau. Avec une consommation de 98,61 kWh.

Le scénario 4, en orange, est la configuration la plus performante pour l'hiver. Il combine une façade vitrée à 80 % avec un double vitrage performant ($U = 1,4$), sans isolation ni ventilation. Sa consommation minimale est de 79,91 kWh, soit 18,96 % de moins que le scénario de référence.

• Effet du type de vitrage Tableau 23: effet du type de vitrage

Type de vitrage	Coefficient U ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	Consommation (kWh)	Scénario
Simple vitrage	5.9	93.27	Scénario 2
Double vitrage	2.5	90.19	Scénario 3
Double Vitrage	1.4	79.91	Scénario 4

• Le passage du simple au double vitrage, suivi d'un double vitrage performant, permet une baisse significative de la consommation, jusqu'à 13,36 kWh entre les scénarios 2 et 4 (gain d'environ 14,3 %). Ceci s'explique en hiver par la diminution des déperditions thermiques causées par les surfaces vitrifiées, plus sensibles aux

variations de température. Un vitrage performant est donc une priorité absolue pour l'optimisation du chauffage.

• Effet de la ventilation de la cavité de la double peau

Tableau 24: effet de la ventilation de la cavité de la double peau

Cavité	Vitrage (U = 1.4)	Isolant	Consommation (kWh)	Scénario
Non ventilée	Oui	Non	79.91	Scénario 4
Ventilée	Oui	Non	81.97	Scénario 7

En hiver, la ventilation de la cavité entraîne une légère augmentation de la consommation d'énergie (+2,06 kWh). En réalité, les cavités fermées retiennent mieux la chaleur solaire et réduisent les pertes thermiques. Par conséquent, la cavité ventilée est moins efficace pour chauffer.

• Effet de la présence d'isolant thermique dans le mur extérieur

Tableau 25: effet de la présence d'isolant thermique

Vitrage	Cavité	Mur extérieur	Consommation (kWh)	Scénario
Performant (U=1.4)	Non ventilée	Sans isolant	92.81	Scénario 10
Performant (U=1.4)	Non ventilée	Avec isolant	88.34	Scénario 16

L'ajout d'un isolant thermique au mur extérieur (scénario 16) permet une réduction d'environ 4,8 % par rapport à un mur non isolé (scénario 10), même avec un vitrage fonctionnel. Cet isolant améliore l'isolation du bâtiment, réduit les pertes de chaleur et stabilise les températures intérieures, notamment dans les environnements froids ou ombragés.

• Influence du taux de vitrage

Tableau 26: influence du taux de vitrage

Vitrage	U (W/m ² ·K)	Taux de vitrage	Consommation (kWh)	Scénario
Simple vitrage	5.9	80 %	93.27	Scénario 2
Simple vitrage	5.9	30 %	96.81	Scénario 8
Vitrage performant	1.4	80 %	79.91	Scénario 4
Vitrage performant	1.4	30 %	92.81	Scénario 10

En utilisant un taux de vitrage élevé (80 %), la consommation hivernale est réduite, à condition que le vitrage soit efficace. Comme le montrent les scénarios 4 (79,91 kWh), les apports solaires passifs dépassent les pertes lorsqu'un vitrage isolant ($U = 1,4$) est utilisé. À l'inverse, si le vitrage est peu isolant ($U = 5,9$), un taux de vitrage élevé augmente les pertes (scénario 2). Par conséquent, le compromis idéal en hiver est une grande surface vitrée avec un type de vitrage performant.

Conclusion

La simulation thermique dynamique réalisée par le logiciel Design Builder dans le but d'analyser l'impact de différentes configurations de façade à double peau sur la consommation de chauffage en période d'hiver. Parmi les 19 scénarios simulés, le Scénario 4 s'est avéré être le plus performant, avec une consommation minimale de 79,91 kWh.

Ce scénario combine les paramètres suivants :

Tableau 27: tableau de synthèse

Scénario	Taux de vitrage	Type de vitrage	U (W/m ² ·K)	Cavité	Isolant mur extérieur	Consommation (kWh)
4	80 %	Double vitrage performant	1.4	Non ventilée	Absent	79.91

Cette configuration tire pleinement parti des apports solaires passifs grâce à une large surface vitrée orientée au sud, tout en limitant les pertes thermiques grâce à un vitrage hautement isolant. Contrairement à certaines attentes, l'absence de ventilation dans la cavité s'est montrée plus avantageuse en hiver, car elle permet de retenir la chaleur accumulée en façade.

Bien que l'ajout d'un isolant ou d'une cavité ventilée améliore certains cas, aucun scénario ne dépasse les performances du Scénario 4 en termes de consommation de chauffage pure. Cela indique que, dans un contexte hivernal, la qualité du vitrage et l'optimisation des apports solaires passifs sont des leviers plus efficaces que la ventilation ou même l'isolation des parois opaques dans certaines conditions.

Ces résultats confirment l'intérêt des façades double peau comme stratégie bioclimatique intégrée, notamment dans les espaces de bureaux où les exigences en matière de confort thermique et d'efficacité énergétique sont élevées. Cette décision semble plus judicieuse dans un climat méditerranéen aux hivers modérément froids, comme celui de Bab Ezzouar, qui offre un potentiel important d'apports solaires passifs.

En hiver, la façade double peau permet de réduire significativement les besoins de chauffage en limitant les déperditions thermiques des vitrages tout en maximisant l'apport de lumière naturelle et le rayonnement solaire incident, notamment sur les façades sud. Cette capacité à maximiser les performances thermiques sans recourir à des dispositifs mécaniques complexes est illustrée par le scénario 4, qui présente la configuration la plus efficace (vitrage très performant, grande surface vitrifiée et cavité non ventilée).

De plus, la façade double peau ne se limite pas aux mois les plus froids. En intégrant le refroidissement passif, la ventilation naturelle et la régulation thermique dynamique, elle constitue également une base flexible pour les saisons chaudes. Elle favorise ainsi une réduction du recours aux systèmes de chauffage et de climatisation actifs, facilitant ainsi la planification à long terme et améliorant la gestion énergétique du bâtiment.

Au final, la façade double peau apparaît comme une solution multifonctionnelle et adaptable, en harmonie avec les principes de conception bioclimatique et parfaitement adaptée aux conditions climatiques locales. Elle répond à la fois aux exigences de confort des usagers et aux objectifs de performance énergétique imposés aux projets de bâtiments tertiaires modernes.

Chapitre 04 :

Conclusion générale

4. Conclusion générale

Ce mémoire s'inscrit dans une réflexion globale sur le rôle de l'architecture face aux enjeux climatiques et environnementaux contemporains. Il explore la manière dont les choix de conception peuvent influencer le confort thermique dans les bâtiments tertiaires, en s'appuyant sur des stratégies passives adaptées au contexte local. Bab Ezzouar, territoire dense et en transformation, a été retenu comme terrain d'expérimentation pour développer un projet qui conjugue performance énergétique, qualité spatiale et réponse aux besoins fonctionnels d'un centre urbain dynamique.

À travers une analyse approfondie du climat de Bab Ezzouar, notre démarche a mis en avant l'importance des stratégies passives comme levier principal d'amélioration du confort intérieur. Le choix d'une façade double peau ventilée naturellement s'est imposé comme une solution efficace pour réguler les apports solaires, favoriser la ventilation transversale, et améliorer la performance énergétique globale de l'enveloppe.

Le projet architectural développé est un centre multifonctionnel regroupant une tour de bureaux, une tour de logements et des espaces commerciaux. Il intègre plusieurs principes bioclimatiques, tels que la ventilation naturelle, une orientation adaptée au climat, la maîtrise des apports solaires, ainsi que l'intégration de végétation sur les façades et en hauteur. L'organisation des espaces est pensée de manière à faciliter la circulation de l'air et l'entrée de la lumière naturelle. L'enveloppe du bâtiment joue un rôle actif : elle s'adapte aux conditions extérieures et contribue à garantir un bon confort thermique aux usagers.

Le choix de Bab Ezzouar n'est pas anodin : ce territoire en plein développement constitue un terrain pertinent pour expérimenter de nouvelles formes de densité urbaine, où la mixité fonctionnelle s'associe à une conception bioclimatique sensible. Ce projet met en évidence que l'architecture durable ne se limite pas à l'intégration technologique, mais repose avant tout sur une lecture fine du site, du climat et des usages.

En somme, ce mémoire a démontré que la conception architecturale consciente et respectueuse du contexte climatique permet non seulement de répondre aux exigences fonctionnelles contemporaines, mais aussi de contribuer activement à une urbanité plus résiliente, plus sobre, et plus humaine.

Bibliographie

Bibliographie :

Article de revue

- Anđelković, A., Jovanović, Z., & Janković, R. (2015). Double skin façade energy performance assessment in different climates. *Energy and Buildings*, 88, 124–131.
- Andreeva, D., Nemova, D., & Kotov, E. (2022). Multi-Skin Adaptive Ventilated Façade: A Review. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 336, p. 02011).
- Article de revue - La lutte contre le changement climatique - Par Pierre-Noël Giraud – 2004 Pages 321 à 332.
- Atasagun, H. G., Okur, A., Psikuta, A., Rossi, R. M., & Annaheim, S. (2019). The effect of garment combinations on thermal comfort of office clothing. *Textile Research Journal*, 89(21-22), 4425-4437.
- El Ashmawy, R. A., Ragheb, A. A., Ragheb, G., & Marouf, O. (2024). Sustainable Design Principles for Green Office Buildings: A Comprehensive Review. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(6), 2069–2077
- Gan, G. (2001). Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort. *Building Services Engineering Research and Technology*, 22(2), 95–101.
- Hadraoui, A. (2024). Les enjeux de l'architecture durable à l'heure de l'urgence climatique. Disponible en ligne : Academia.edu.
- Holford, J. M. (2003). The Performance of Naturally Ventilated Office Buildings.
- Jean-Louis Bal, Bernard Chabot. (2001). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Série IIA - Sciences de la Terre et des Planètes.
- Jiang, R., Li, B., Chen, S., Zhang, T., Lin, P., & Zhang, Y. (2019). Occupants' thermal comfort evaluation methods for indoor environment: A review. *Energy and Buildings*, 205, 109559.
- Kim, Y., Shin, Y., & Cho, H. (2021). Influencing factors on thermal comfort and biosignals of occupant – A review. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 35, 4201–4224.
- Kossecka, E., & Kosny, J. (2002). Influence de la configuration de l'isolation sur les charges de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment à usage continu. *Énergie et Bâtiments*, 34, 321-331.
- Lahayrech, S., Zahi, M., & Amroune, A. (2022). A Review: Ventilated Double-skin Façades. In *2022 9th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)* (pp. 268-273). IEEE.
- Manu, S., Shukla, Y., & Aflaki, A. (2014). Évaluation des préférences et de la satisfaction en matière de vitesse de l'air pour les immeubles de bureaux à

ventilation naturelle en Inde. *International Journal of Ventilation*, 7(7), 39–48.

- Neffah, S. (2024). L'Algérie face au défi climatique : enjeux et perspectives de la transition énergétique. *Revue des Énergies Renouvelables*, vol. 27, n°1, pp. 45–58.
- Ongwuttiwat, K., & Sudprasert, S. (2015). Thermal Balance and the Role of Clothing on Thermal Comfort in Hot and Humid Climate. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology*, 6, 5–14.
- Sami-Mecheri, S., Semmar, D., & Hamid, A. (2012, avril). Efficacité énergétique dans le bâtiment : expérience algérienne. Communication présentée au 2^e Congrès de l'Association Marocaine de Thermique, Casablanca, Maroc.
- Seppänen, O., Fisk, W. J., & Faulkner, D. (2006). Association of indoor environmental quality with productivity and health effects in offices. *ASHRAE Transactions*, 112(1), 226–235.
- Tanabe, S., & Kimura, K. (1994). Effects of air temperature, humidity, and air movement on thermal comfort under hot and humid conditions. *ASHRAE Transactions*, 100(2), 953–969.
- Tomorad, J., Horvat, I., & Dović, D. (2018). Study of operative temperature using the novel detail approach in determining mean radiant temperature – Comparison between wall-mounted convector and conventional radiator. *Transactions of FAMENA*, 42(SI-1), 27–38.
- Wyon, D. P., & Wargocki, P. (2006). Indoor Air Quality Effects on Office Work. In D. Clements-Croome (Ed.), *Creating the Productive Workplace* (2nd ed.). London: Taylor and Francis.
- Yusoff, W. F. M. (2020). The effects of various opening sizes and configurations to air flow dispersion and velocity in cross-ventilated building. *Jurnal Teknologi*, 82.

Livre

Fernandez, P., Chatelet, A., & Lavigne, P. (2000). *Architecture climatique – Concepts et dispositifs* (Vol. 2). Édisud.

- Givoni, Baruch. (1978). *L'homme, l'architecture et le climat*.
- Izard, J.-L. (1979). *Archi bio*. Édition Parenthèses.
- Kragh, N. (2001). *Façades intelligentes: stratégies de conception et exemples de réalisation*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Liébard, A., & De Herde, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*.
- Livre : *construction et energie* Manfred Hegger, 2011.
- Luo, X., Chen, Y., & Martin, S. (2018). Taux métabolique humain et confort thermique dans les bâtiments : le problème et le défi. In E. Yahia (Éd.), *Titre du livre complet* (pp. 44-52). Éditeur.
- Olgyay, V. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*.

Princeton University Press.

- Pallemarts, M., & Gouritin, A. (2007). La stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable.
- Yahia, E. M. (Éd.). (2019). Postharvest technology of perishable horticultural commodities. Woodhead Publishing.



Thèses et mémoires

- Barbosa, S. A. (2015, novembre). Thermal performance of naturally ventilated office buildings with double skin façade under Brazilian climate conditions.
- Caciolo, M. (2010). Analyse expérimentale et simulation de la ventilation naturelle mono-façade pour le rafraîchissement des immeubles de bureaux.
- Faggianelli, G. A. (2014). Rafraîchissement par la ventilation naturelle traversante des bâtiments en climat méditerranéen.
- Hernandez Wilches, Oscar. (2015). Impact du bien-être des salariés sur la productivité en entreprise : le cas du siège de la caisse d'épargne d'Ile-de-France.
- Kabouche, A. (2012). Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires.
- Magee, R. (2005). Qualité de l'air intérieur et confort thermique dans les bureaux à aire ouverte.
- Saelens, D. (2002). Energy Performance Assessments of Single Storey Multiple-Skin Facades.
- Yahiaoui, Ahlam. (2019). Optimisation de la ventilation naturelle dans les immeubles tertiaires : Cas de la Direction du Logement de Tizi Ouzou.

Rapport et documents

- Commission européenne. (2005). Comment consommer mieux avec moins : Livre vert sur l'efficacité énergétique (COM(2005) 265 final). Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes.
- GreenFacts. (2007). Changement climatique : Un résumé du Rapport d'évaluation 2007 du GIEC. Bruxelles.
- Hamilton, I., et al. (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi : United Nations Environment Programme (UNEP).
- Hanifi, H. (2024, novembre). Utilizing Renewable Energy in Sustainable Building Design. Communication présentée au 4th International Congress on Civil Engineering, Architecture, Building Materials and Environment, Helsingfors, Finlande.
- Izard, J.-L. (2006, juillet). L'inertie thermique dans le bâtiment.
https://www.enviroboite.net/IMG/pdf/0607_Inertie_thermique_batiment_Izard_V1.pdf
- Mega, V. & Pedersen, J. (1998). Urban sustainability indicators. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. Dublin: European Communities.
- Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables. (2020). Plan National Climat – Rapport de présentation. GIZ, Alger. Préface de Fatma Zohra Zerouati.
https://www.giz.de/en/downloads/PNC%20Rapport%2064%20pages_VF_2020.pdf
- Organisation internationale de la Francophonie. (2008). L'architecture bioclimatique.
- Rapport d'étude sur la consommation énergétique des bureaux en Île-de-France en 2009. (ARENE)
https://www.aredf.fr/fileadmin/DataStorageKit/AREC/Etudes/pdf/les_consommations_d_energie_dans_les_bureaux_en_ile_de_france_2009.pdf
- Sansaniwal, S. K., & Mathur, J. (2022). Development and validation of ISHRAE Indoor Environmental Quality Standard. In ASHRAE Conference Proceedings (pp. 1301-1320). ASHRAE.
- Sellier, D. (2012). Ventilation naturelle et mécanique (Les guides Bio-tech). ARENE Île-de-France; ICEB.

Site web

- Eveillard, P., & Fabre, C. (2025). Wellbeing and energy efficiency at the heart of sustainable buildings. World Green Building Council. <https://worldgbc.org/article/wellbeing-and-energy-efficiency-at-the-heart-of-sustainable-buildings/>
- Auroma Architecture. (2024, 15 novembre). How Green Architecture Can Help Combat Climate Change. Auroma Architecture. <https://www.auromaarchitecture.com/post/how-green-architecture-can-help-combat-climate-change>
- Treenergy. (2024, 24 décembre). L’impact du changement climatique sur la conception architecturale moderne. Treenergy. <https://www.treenergy.com/impact-changement-climatique-conception-architecturale>
- <https://www.aps.dz/societe/145085-aprue-vers-l-introduction-de-l-etiquetage-de-performance-energetique-dans-le-secteur-du-batiment-d-ici-2024>
- <https://www.sinteo.fr/notre-etude-sur-la-consommation-energetique-des-bureaux-edition-2024/>
- <https://opera-energie.com/consommation-energie-bureaux/>
- Kabouche, A. (2012). Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires
- Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen. (2015, janvier 1). Norme de protection incendie 1-15. Récupéré de <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-55.pdf/content>

Logiciels

- Consultant climatique 6.0
- Métronome 8
- DesignBuilder
- Excel 2022
- Sketchup 2022
- Autocad 2023
- Enscape
- Photoshop 2022
- Illustrator 2022

Annexes

Programme quantitative et qualitative											
	Activité	Espace	Utilisateurs	Capacité d'accueil	Equipements & matériels	Surface pour Equipements et matériels	Surface par personne	Niveau : S.S/ E.S/ RDC/ Etage	Eclairage : Naturel/ Artificiel Directe/Indirecte	Type d'espace : Public/privé/intermédiaire Extérieur/intérieur/intermédiaire Ouvert/Fermé/semi	photos
	Travail	Bureau Individuel	Les employés	1p	Bureau Chaise Rangement	B :120 /60cm C :40/45cm	8 a 12m2	ETAGE	Naturel	Prive Intérieur Ferme	
	Travail	Bureau 2p	Les employés	2p	Bureau Chaise Rangement	B :120 /60cm C :40/45cm	8 a 12m2	ETAGE	Naturel/Artificiel	Prive Intérieur Ferme	
	Travail	Bureau 4p	Les employés	4p	Bureau Chaise Rangement	B :120 /60cm C :40/45cm	8 a 12m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Prive Intérieur Ferme	
	Travail	Salle de réunion	Les employés	Plusieurs p	Table de réunion Chaise Ecran, tableau	Table pour 8 a 10p :180/90cm	2 a 3 m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intérieur Ferme	
	Travail	Coworking space	Les employés	Plusieurs p	Bureau Chaises Table de réunion Rangements	B :120 /60cm C :40/45cm Table de réunion pour 4a6p : 120/70cm	5 a 8m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intermédiaire Ouvert	

Travail	Salle de conférence	Les employés	Plusieurs p	Table de conférence Chaises Estrade Tables	T d c :180/90cm 0,8 m² à 1 m² 6 m² à 18 m² 0,5 m² à 1 m²	1a 2 m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intérieur Fermé	
	Salle d'événement	Les employés Les invités	Plusieurs p	Chaises Tables Podium	40/45cm 2m2	1 a 1.5m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Public Intermédiaire Semi	
Travail	Salle de formation	Les employés	Plusieurs p	Bureau Chaises Tables	120 /60cm 40/45cm	2a3m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Travail	Studio multimédia	Les employés	Plusieurs p	Bureau * Chaises	120 /60cm 40/45cm	4a 8m2	ETAGE	Artificiel	Intermédiaire Intérieur Fermé	
Travail	Salle d'impression	Les employés	Pp	Bureau Chaises Machines	120 /60cm 40/45cm 0,4m2	2 a 3m2	ETAGE	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Travail	Box insonorisé	Les employés	1p	Bureau Chaise	120 /60cm 40/45cm	3m2	ETAGE	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
: stockage	Salle d'archive	Les employés	Pp	Rangements Bureau Chaise	0,5m2 120 /60cm 40/45cm	2 a 3m2	ETAGE	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Communication	Salle visioconférence	Les employés	Pp	Ecran Table Chaises	55 cm et 120 cm de diagonale. Table pour 8 a 10p :180/90cm	2,5 a 3m²	ETAGE	Artificiel	Intermédiaire Intérieur Fermé	
Travail	B ressource humaine	Les employés	Pp	Bureau Chaise Rangement	120 /60cm 40/45cm 0.5m2	2,5 m²	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intérieur Fermé	
Travail	B direction	Les employés	Pp	Bureau Chaise Rangement	120 /60cm 40/45cm		ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intérieur Fermé	
Travail	B comptable	Les employés	1p a 3p	Bureau Chaise	120 /60cm 40/45cm	7m2 a 10m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intérieur	

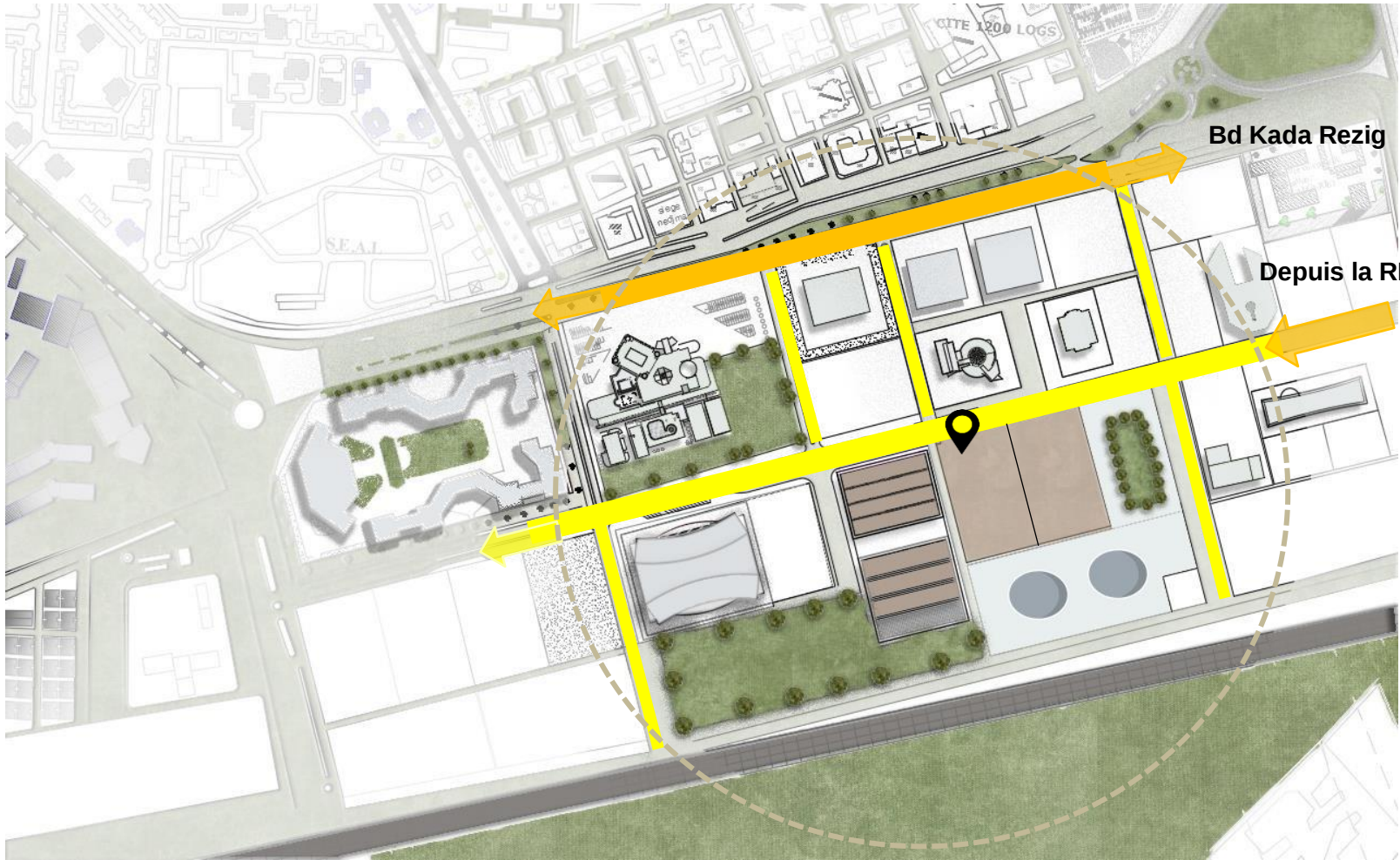
					Rangement	0.5m2				Fermé	
	Travail	B juridique	Les employés	2a3p	Bureau Chaise Rangement		7m2 a 10m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intérieur Fermé	
	Communication	S de communication	Les employés	Pp	Bureau Chaise Rangement	120 /60cm 40/45cm 0.5m2	7m2 a 10m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Intermédiaire Intermédiaire Ouvert	
	Exposition	Salle d'exposition	Les employés /visiteurs	Pp	/	/	1,5 à 3 m²	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Public Intermédiaire ouvert	
Accueil	L'accueil	Réception	Employés /CLIENTS/VISITEURS	Pp	Comptoir de réception Chaises	C pour 2a3p :150/70/120cm	1 à 1,5 m²	ETAGE RDC	Naturel/ Artificiel	Public Intérieur Ouvert	
	L'accueil	Hall d'entrée	Employés /CLIENTS/VISITEURS	Pp			1m2	RDC	Naturel/ Artificiel	Public Intérieur Ouvert	
	Détente	Lounge	Vip	Pp	Fauteuil Tables basses	70/70cm 80/100cm	2.5m2	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Public Intérieur fermé	
	Attente	S d'attente	Clients /visiteurs	Pp	Fauteuil Table	70/70cm 80/100cm	1.5m2	RDC ETAGE	Naturel/ Artificiel	Public Intermédiaire ouvert	
consommation	Préparation	Cuisine	Employés	Pp	Plan de travail	1,26 m².	0.83m2a1.67m2	ETAGE	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Détente	détente	Terrasse	Employés	Pp	Chaises Table	0.84m2 40/45cm2	/	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Public Intermédiaire ouvert	
	détente	Salle de repos	Employés	Pp	Fauteuil Table	70/70cm 80/100cm	2 à 3 m²	ETAGE	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
	Détente et divertissement	Salle de divertissement	Employés	Pp	/	/	1,5 à 2 m²	ETAGE	Artificiel	Public Intermédiaire ouvert	
	consultation	Bibliothèque	Employés	Pp	Rangements livres	0.5m2	1,5 à 2 m²	RDC ETAGE	Naturel/ Artificiel	Public Intermédiaire	

					Table Chaises	0.72m2 40 /45cm				ouvert	
	détente	Salon d'honneur	Vip	Pp	Fauteuil Table basses	70/70cm 80/100cm	1,5 à 2 m²	ETAGE	Naturel/ Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Service	travail	B de sécurité	Employés	1a2p	Table Chaise	0.72m2 40 /45cm	1a2m2	ETAGE	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
	Gestion d'équipements	S de climatisation	Employés	/	/	/	/	ETAGE RDC SS	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
	Gestion d'équipements	S d'électricité	Employés	/	/	/	/	ETAGE RDC SS	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Entretien d'hygiène	Evacuation de dechets H	WC	Employés	Pp	Toilettes Evier	0.24m2 0,24 m2	Min :1 ,5 à 2 m²	ETAGE RDC SS	Artificiel	Public Intérieur ouvert	
	Entretien	L'entretien	Personnel de nettoyage	1a2p	/	/	/	ETAGE RDC SS	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
	rangement	Vestiaire	Personnel de nettoyage	Pp	casier	0,16m2	1 a 2m2	ETAGE RDC	Artificiel	Prive Intérieur Fermé	
Stationnement	Stationnement	parking	Public	pp	Place de stationnement	12,5m2	/	Sous- sol	Artificiel	Public Intérieur ouvert	

	Activité	Espace	Utilisateurs	Capacité d'accueil	Équipements & matériels	photos	Niveau	Éclairage	Type d'espace
Commerce	Vente	Boutique	Clients	10-20p	Rayonnages, caisse, cabines d'essayage		RDC et r+1	Artificiel + Naturel	Public / Intérieur / Fermé
	Restauration	Aire de restauration	Clients	50p	Tables, chaises, comptoirs, poubelles		R+2	Naturel + Artificiel	Public / Intérieur / Semi-ouvert
	Hygiène	Toilettes	Clients et personnel	8p	WC, lavabos, sèche-mains		Tous niveaux	Artificiel	Public / Intérieur / Fermé
	Repos	Zone de repos	Clients	15p	Bancs, plantes, fontaines		RDC	Naturel	Public / Intérieur / Semi-ouvert
	Technique	Local technique	Personnel	2p	Tableau électrique, stockage		Sous-sol	Artificiel	Privé / Intérieur / Fermé

	Activité	Espace	Utilisateurs	Capacité d'accueil	Équipements & matériels	photos	Niveau	Éclairage	Type d'espace
Logement	Habitation	Appartement	Résidents	F2,f3,f4	Cuisine, mobilier, sanitaires		Tous	Naturel + Artificiel	Privé
	Bien-être / Sport	Salle de sport	Résidents	50p	Machines, tapis, miroirs		RDC/Sous-sol	Artificiel +	Semi-public
	Détente / Extérieur	Terrasse commune	Résidents / Invités	10-20p	Mobilier d'extérieur, plantes		Étage haut	Naturel	Commun
	Commercial / Location	Locaux à louer	Commerçants / Clients	Variable	Étagères, comptoirs, vitrines		RDC	Naturel + Artificiel	Public / Commercial
	Rangement / Logistique	Espace de stockage	Résidents / Gestionnaires	N/A	Rayonnages, casiers, armoires		Sous-sol	Artificiel	Technique / Privé

Analyse du site:



-  Voie principale
-  Voie secondaire
-  Site d'intervention



Accessibilité

1- l'accessibilité mécanique

Elle est assurée par 2 axes importants : la route N5 et le boulevard Kada Rezig qui débouche sur des rues secondaires qui mène a notre terrain

la RN5 :

Voie rapide à double sens desservant Bordj El Kiffan vers le nord et Dar El Beida vers le sud.

le boulevard KADA REZIG

Une voie stratégique a double sens qui relie le quartier d'affaires , l'université et le boulevard Rabia Tahar donnat sur la RN5



2- l'accessibilité mécanique

Elle est assurée par 2 axes importants : la route N5 et le boulevard Kada Rezig qui débouche sur des rues secondaires qui mène à notre terrain

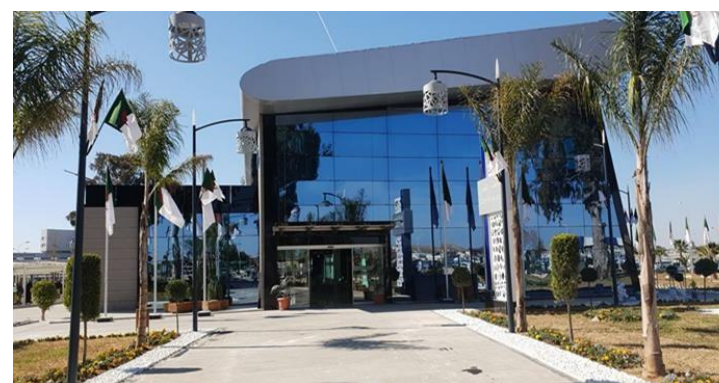
La voie du centre commercial :

Une voie secondaire a double sens se caractérise par une petite largeur et la présence des équipements sur les deux

Synthèse : le site d'intervention est bien desservi, il possède un réseau de voirie dense et hiérarchisée permettant une fluidité et une accessibilité favorable à notre projet par rapport à son emplacement stratégique au cœur du quartier d'affaires



 Voie ferrée
  Arrêt de bus
 Gare de train
  Prochaine Station de métro



Synthèse :

La proximité des arrêts de bus, des stations de métro ou de tramway, donne une bonne infrastructure de transport qui permet une accessibilité efficace pour tous les usagers. Cette organisation assure un transport fluide et contribue à renforcer l'attractivité du site .

Mobilité :

Accessibilité à notre site d'intervention se fait par plusieurs moyens de transport (bus, train, métro).

Le train :

La voie ferrée se trouve entre la commune de bab- Ezzouar et la commune de oued smar, elle représente une barrière, un véritable obstacle de développement urbain de ces deux communes.

- la gare se trouve à 8min par voiture du projet

LE METRO :

L'extension de la ligne du métro va bien relier le quartier d'affaire avec toute la zone et la commune ainsi que la ville d'Alger

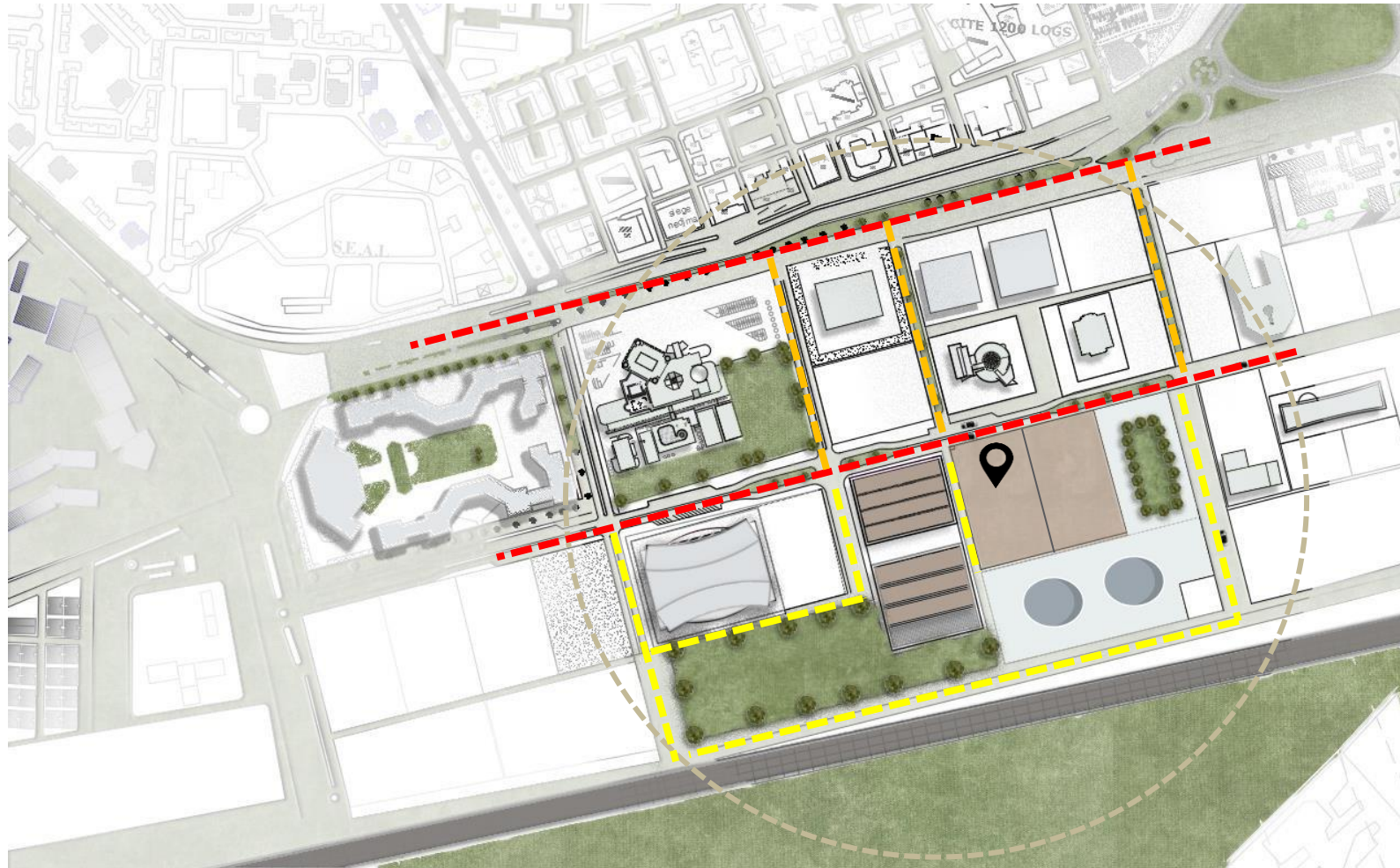
- La station sera a 5min a pied de notre site d'intervention

LE BUS :

plusieurs arrêts de bus se trouve a proximité a notre site afin de faciliter le déplacement à travers la

commune et vers les communes avoisinantes. La station la plus proche est à 5 min a pieds





ANALYSE DES FLUX

-Le quartier présente des flux importants, notamment aux heures de pointe (8h-9h et 16h-18h),entrainant des embouteillages .

ces zones sont stratégiques pour l'aménagement des activités commerciales et des services essentiels

--Nous remarquons que sur le côté nord du terrain les Flux sont fort tandis que sur le côté sud et est les flux sont faibles

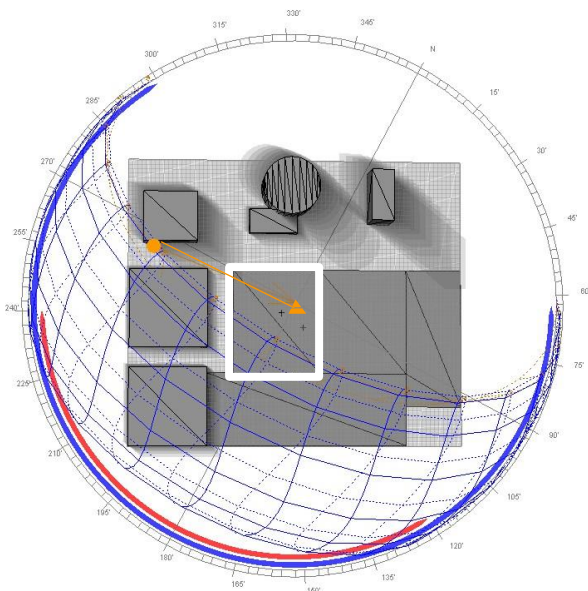
- Flux faible
- Flux moyen
- Flux fort

Synthèse :

Pour le côté nord il est préférable d'aménager des activités commerciales et de b une bonne accessibilité. Pour le côté est et sud nous suggérons des bureaux et espaces résidentiels pour un environnement plus calme

Analyse climatique : Analyse des diagrammes solaires (étude de masque)

- Notre site d'intervention est bordé au nord et à l'ouest par des constructions, tandis que les côtes sud et est donnent sur un parc
- Donc le site est bien exposé a la lumière directe du soleil, par rapport à l'absence des bâtiments au côté est et sud et les ombres portés des bâtiments environnants de côté nord et ouest ne couvrent pas directement le site, indiquant une disponibilité solaire importante



Façade sud :

Cette façade bénéficie d'un ensoleillement direct la majeure partie de la journée en raison d'absence de constructions de ce coté la empêchant la lumière de soleil de pénétrer

Stratégie :

- Brise soleil horizontal
- Installer des végétations grimpantes
- Stores motorisés

Façade nord

Reçoit un éclairage diffus sans lumière solaire directe. Idéal pour des espaces nécessitant une lumière uniforme

Stratégies :

Prévoir des ouvertures vitrées modérées pour maximiser la lumière naturelle

Façade ouest :

à partir de 15h jusqu'au coucher le terrain est exposé au soleil couchant avec un fort rayonnement et L'ombre du bâtiment situé en face de cette façade ne couvre pas le terrain en raison de sa hauteur (4m)

Stratégie :

Installer des protections solaires verticales et des écrans végétalisés pour réduire la surchauffe

Façade est :

Cette façade est exposée au soleil en début de journée, en raison d'absence de constructions de ce coté la empêchant la lumière de soleil de pénétrer

Stratégie

Brise-soleil verticaux :Les rayons matinaux étant souvent obliques, les brise-soleil verticaux sont particulièrement efficaces pour filtrer le soleil

Tableau mensuel: HeatDD, ColdDD, Pertes, Gains

Mois	HeatDD	ColdDD	Pertes (Wh)	Gains
Jan	297.1	0.0	18774	5071
Feb	253.6	0.0	15304	5432
Mar	209.7	0.0	11805	8333
Apr	146.1	0.0	7272	10084
May	79.7	1.8	2751	12664
Jun	23.8	14.0	298	16602
Jul	2.3	54.2	0	23295
Aug	1.0	56.7	0	24034
Sep	15.2	18.4	78	18235
Oct	53.8	8.4	1302	15509
Nov	166.2	0.0	8327	8296
Dec	257.7	0.0	15413	6180
Total	1506.2	153.5		

HDD>CDD : cela indique que le bâtiment aura besoin de plus d'énergie pour le chauffer que pour le refroidir

