

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Blida I
Institut d'architecture et d'urbanisme



Mémoire de master
Option : architecture et efficacité énergétique

BATIMENT PERFORMANT EN ALGERIE

Conception D'une Tour mixte à basse consommation énergétique à Beb Ezzouar- Alger

Travail réalisé par :
BOUDJEMAI Lydia
HAMZA Hassiba

Sous l'encadrement de :

Mr : SEMAHI SAMIR

Assister par:

Mr : MHAMDI HICHEM

Devant un jury composé de :

Président : Mr. BOUKARTA SOFIANE Enseignant à l'institut d'architecture de Blida.

Examinatrice : Mme. ABDEL BAKI AICHA. Enseignante à l'institut d'architecture de Blida.

Année universitaire 2016-2017

Remerciement :

Avant toutes choses, nous remercions Dieu le tout Puissant et Miséricordieux, de nous avoir donné force et courage pour dépasser toute les difficultés. On ne manquera pas non plus de remercier ici certaines personnes, qui nous ont aidés afin de mener à terme ce projet :

Nous citons en particulier notre professeur « **Mr Semahi Samir** » à qui nous tenons à exprimer nos vifs remerciements pour ses conseils, son encouragement, et la patience dont il a fait preuve à notre égard.

Nous tenons à exprimer également notre profonde reconnaissance et toutes nos pensées de gratitude aux architectes « **HAMZA Abd el ghani** », et « **MEKFOULDJI Asma** » pour leurs disponibilité, leurs remarques pertinentes, et les précieux conseils qu'ils nous ont prodigués.

Nous adressons nos remerciement aussi à tous les professeurs et enseignants de l'institut d'architecture de Blida, et on remercie vivement l'ensemble des membres du Jury qui nous font grand honneur d'accepté d'évaluer notre travail. Nous n'oublions pas de remercier tous les amis qui nous ont apporté leur soutien tout au long de notre démarche, surtout « **BOURAS Mehdi** » ainsi que, toute personne qui a participé de près ou de loin, afin que ce travail soit accompli.

Dédicace :

Je dédie ce travail principalement à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs encouragements, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères et sœurs, pour leur encouragements et surtout pour leur patience,

A ma meilleure amie et binôme Lydia, avec qui j'ai partagé de bons comme de difficiles moments,

A mes chères cousines pour leur aide et soutien,

A mes meilleurs ; Sabrina et Chafik pour la bonne humeur et la motivation qu'ils m'apportent.

HAMZA Hassiba

*Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers :
A la mémoire de mon père, décédé trop tôt.
Que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

A ma mère, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, et ma considération pour les sacrifices qu'elle avait consenti pour mon instruction et mon bien être. Que ce modeste travail soit l'exaucement de ses vœux tant formulés, et le fruit de ses innombrables sacrifices. Que Dieu l'accorde santé, bonheur et longue vie.

A ma chère grand-mère que Dieu la guérisse et lui prête une longue vie.

A ma sœur adorée, mes chers frères, je prie dieu le tout puissant pour qu'il vous donne bonheur, santé et prospérité.

A ma meilleure amie et binôme Hassiba, que ce travail soit une récompense pour tous les efforts qu'on a fourni afin qu'il soit accompli.

BOUDJEMAI Lydia

Résumé :

Le secteur du bâtiment représente non seulement un gisement important d'économie d'énergie, mais également une occasion de protéger l'environnement en réduisant les impacts des émissions de gaz à effet de serre. La présente étude vient s'inscrire dans une optique d'optimisation de la performance énergétique des bâtiments, dans ce contexte notre travail vise à concevoir un bâtiment à basse consommation énergétique « BBC » au niveau du quartier d'affaire de Bab Ezzouar. Tout d'abord nous nous sommes intéressés à une étude multicritère des différents dispositifs architecturaux et leur impact sur le comportement thermique du bâtiment, par la suite une série de paramètres et recommandations bioclimatiques seront identifiées afin de développer guide à la conception conforme à notre zone d'étude. Le fruit de ces études sera exploité dans la phase opérationnelle de notre projet où nous allons mettre à profit les connaissances acquises, afin d'établir une conception passive qui répond à la problématique abordée, et ceci en prenant soin d'appliquer les concepts liés à l'efficacité énergétique. Pour une dernière étape de ce travail et afin d'évaluer la performance de notre bâtiment, une simulation sera effectuée à l'aide d'un outil de simulation thermique dynamique.

Mots clés : BBC, Efficacité énergétique, Conception passive, Dispositifs bioclimatiques, Confort thermique.

Abstract :

The building sector is not only an important source of energy savings, but also an opportunity to protect the environment by reducing greenhouse gas emissions. This study is part of an optimization approach of building's energy performance, in this context our work aims to design a low-energy building "BBC" at the business district of Bab Ezzouar. First of all we were interested in a multicriterion study of the different architectural devices and their impact on the thermal behavior of the building, thereafter, a serie of bioclimatic parameters and recommendations will be identified in order to develop a design assistance tool in accordance with our study area. The fruit of these studies will be exploited in the operational phase of our project where we will use the knowledge acquired, to establish a passive design that responds to the problematic discussed, and this by taking care to apply the concepts related to energy efficiency. In a final step of this work and to evaluate the performance of our building, a simulation is performed using a dynamic thermal simulation tool.

Keywords: Low-energy buildings, Energy Efficiency, Passive conception, Bioclimatic Devices, Thermal Comfort.

ملخص :

لا يمثل قطاع البناء مصدرا هاما لتوفير الطاقة فحسب، وإنما يمثل أيضا فرصة لحماية البيئة عن طريق الحد من آثار انبعاثات غازات الدفيئة. تندرج هذا الدراسة في إطار تحسين الأداء الطاقي للمباني، في هذا السياق يهدف عملنا إلى تصميم مبنى ذو فعالية طاقوية على مستوى حي الأعمال في باب الزوار. في البداية قمنا بدراسة متعددة المعايير لمختلف العناصر المعمارية وتأثيرها على السلوك الحراري للمبنى، وبعد ذلك، يتم تحديد سلسلة من المعالم والتوصيات البيومناخية من أجل وضع دليل تصميم وفقا لمنطقة دراستنا. سيتم استغلال ثمرة هذه الدراسات في المرحلة التشغيلية لمشروعنا حيث سنقوم باستغلال المعارف المكتسبة سابقا، لوضع تصميم غير مستهلك للطاقة يستجيب للإشكالية التي يتم تناولها، وهذا مع الحرص على تطبيق المفاهيم المتعلقة بالفعالية الطاقوية. في المرحلة الأخيرة من هذا العمل ولتقييم أداء المبنى سيتم إجراء محاكاة لسلوكه الطاقي باستخدام أداة محاكاة الحرارية الديناميكية.

كلمات البحث: تصميم مبنى ذو فعالية طاقوية، فعالية طاقوية، تصميم بيومناخي، العناصر البيومناخية، الرفاهية الحرارية.

Table des matières :

Remerciment :	I
Dédicace :	I
Resumé :	II
Abstract :	II
ملخص :	II

CHAPITRE I : CHAPITRE INTRODUCTIF

1 Introduction générale :	1
2 Problématique :	2
3 Objectifs :	3
4 Méthodologies :	3
5 Structure du mémoire :	4

CHAPITRE II : ETAT DE SAVOIR

1 Introduction	6
2 Thématique énergétique :	6
2.1 L'efficacité énergétique :	6
2.2 L'efficacité énergétique des bâtiments :	6
2.3 Les labels de performance énergétique :	7
Tableau 01: Labels d'efficacité énergétique.	7
2.3.1 BBC (Bâtiment à basse consommation) :	7
2.4 Le confort thermique :	8
2.4.1 Les mesures du confort thermique :	8
2.5 Architecture bioclimatique :	9
2.5.1 Les stratégies bioclimatiques :	9
3 Dispositif architecturaux et stratégies bioclimatiques :	11
3.1 Les ouvertures :	11
3.1.1 Le Vitrage :	11
a. Les principaux types de vitrages :	11
b. L'influence du choix du vitrage sur les consommations énergétiques :	11
3.1.2 Recommandations théoriques :	12
3.2 La forme du bâtiment :	13
3.2.1 Le coefficient de forme :	13
3.2.2 Forme compacte :	13
3.2.3 Recommandations théoriques :	14
3.3 Les matériaux :	15
3.3.1 Les propriétés thermiques des matériaux :	15
3.3.2 Recommandations théoriques :	16

3.4	L'atrium :.....	17
3.4.1	Types d'atrium :	17
3.4.2	Le comportement thermique de l'atrium :.....	17
3.4.3	Recommandations théoriques :.....	18
3.5	Le patio.....	19
3.5.1	Le comportement thermique (passif) du Patio :	19
3.5.2	Recommandations théoriques :.....	20
3.6	La protection solaire :.....	21
3.6.1	Typologie des Systèmes de protection solaire :.....	21
3.6.2	Le rôle des protections solaire :	21
3.6.3	Recommandations théoriques :.....	22
3.7	Forme de toiture :	23
3.7.1	Les éléments d'une toiture :	23
3.7.2	Les formes de toiture :.....	23
3.7.3	Le rôle de la toiture :	23
3.7.4	Recommandations théoriques :.....	24
3.8	Toiture Végétale :.....	25
3.8.1	Composition d'une toiture Végétale :.....	25
3.8.2	Type de toiture végétale :.....	25
3.8.3	Le rôle de la toiture végétale :.....	25
3.8.4	Recommandations théoriques :.....	26
3.9	L'orientation :.....	27
3.9.1	Choix de l'orientation :.....	27
3.9.2	Le rôle de l'orientation : Une bonne orientation permet de :	27
3.9.3	Orientation des ouvertures et exposition des façades :.....	27
3.9.4	Recommandations théoriques :.....	28
3.10	La végétation :	29
3.10.1	Le choix de la végétation :.....	29
3.10.2	Le rôle de la végétation sur le bâtiment :.....	29
3.10.3	Recommandations théoriques :.....	30
3.11	Synthèse :	31
4	Dispositif architecturaux et consommation énergétique :	32
4.1	Les paramètres d'entrée :.....	32
4.2	Les simulations :.....	32
4.2.1	Orientation :.....	32
4.2.2	Taux de vitrage :.....	33
4.2.3	Type de vitrage :.....	33
4.2.4	Protection solaire :.....	34
4.2.5	L'isolation :.	34
4.2.6	Les matériaux :	35

4.2.7	Patio :.....	35
5	Recherche thématique.....	37
5.1	Introduction :.....	37
5.2	Les immeubles à grande hauteur :.....	37
5.2.1	Le classement des IGH :.....	37
5.3	Les IGH à usage mixte :.....	38
5.3.1	L'avantage des immeubles à grande hauteur mixte :	38
5.3.2	Les différentes fonctions des tours mixtes :.....	38
5.3.3	Exigences spatiales :.....	39
a.	Distribution des fonctions :	39
b.	Programme :	39
c.	Exigences des espaces :.....	40
6	Analyse des exemples.....	41
6.1	Exemple I « 30 St Mary Axe : The Gherkin ».....	41
6.2	Exemple II : la tour de « Jameson house ».....	42
6.2.1	Description du projet.....	42
6.2.5	Lecture des plans.....	42
6.2.6	Construction.....	42
6.2.2	Programme.....	42
6.2.7	Aspects énergétiques.....	42
6.2.3	La forme du bâtiment.....	42
6.2.4	Analyse des façades.....	42
6.3	Synthèse de l'analyse des exemples :.....	43
6.3.1	Exemple II : la tour de « Jameson house ».....	43
6.3.2	Exemple I « 30 St Mary Axe : The Gherkin ».....	43
7	Conclusion :.....	44

CHAPITRE III : PROJET ARCHITECTURAL

1	Introduction :.....	46
2	Analyse du site :.....	46
2.1	Présentation de la commune de Bab Ezzouar :.....	46
2.1.1	Situation :	46
2.1.2	Délimitation :.....	46
2.1.3	Accessibilité :	46
2.1.4	Potentialités de Bab ezzouar :.....	47
2.2	Présentation de l'aire d'étude :.....	48
2.2.1	Situation :	48
2.2.2	Voisinage et environnement immédiat du Site :.....	48
2.2.3	Accessibilité.....	49
2.2.4	Caractéristiques du terrain :.....	49

3	Analyse climatique de Bab Ezzouar :	50
3.1	Données climatiques:	50
3.1.1	Température :	50
3.1.2	Rayonnement manuel :	50
3.1.3	Durée d'insolation :	50
3.1.4	Precipitation:	50
3.1.5	Humidité :	50
3.1.6	Rose des vents :	50
4	Analyse bioclimatique :	51
4.1	Température de confort :	51
4.2	Méthode de Givoni :	51
4.3	Les Tables de Mahoney :	53
5	Conceptualisation architecturale	54
5.1	Approche conceptuelle :	54
5.2	Recommandations conceptuelles :	55
5.3	Eléments d'inspiration :	56
5.4	Conceptualisation du projet	57
5.4.1	Présentation du projet :	57
5.4.2	Schéma de principe du plan de masse :	57
5.4.3	Idée de projet :	57
5.4.4	Genèse de forme :	58
5.4.5	Distribution des fonctions :	59
5.4.6	Lecture des plans :	59
5.4.7	Description des façades :	63
5.5	Partie technique :	64
5.5.1	Système structurel :	64
5.5.2	Circulation interne :	64
5.6	Stratégies bioclimatiques adaptées :	65
5.6.1	Système passif :	66
5.7	Evaluation Energétique :	70
5.7.1	Présentation du logiciel :	70
5.7.2	Protocole de simulation :	70
5.7.3	Optimisation :	72
5.7.4	Système actif :	74
6	Conclusion générale :	76

Bibliographie

Sitographie

Annexe

Liste des figures :

FIGURE 01: PRINCIPE DE BASE D'UNE CONCEPTION BIOCLIMATIQUE	9
FIGURE 02: STRATEGIE DE L'ECLAIRAGE NATUREL	10
FIGURE 03: TYPES DE VITRAGE	11
FIGURE 04: ROLE DE VITRAGE	12
FIGURE 05: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUR OUVERTURE.....	13
FIGURE 06: IMPACT DE LA FORME, LA TAILLE ET LA PROXIMITE SUR LA COMPACTE	14
FIGURE 07: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUR FORME DU BATIEMENT	15
FIGURE 08: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUR MATERIAUX	16
FIGURE 09: TYPES DES ATRIUM	17
FIGURE 10: SYSTEME THERMIQUE DE L'ATRIUM	17
FIGURE 11: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUR ATRIUM	29
FIGURE 12: SYSTEM THERMIQUE PASSIF DU PATIO	19
FIGURE 13: SYNTHESE DES RECOMMANDATION POUR PATIO	31
FIGURE 14: DISPOSITIFS DE PROTECTION SOLAIRE	21
FIGURE 15: SYNTHESE DES RECOMMANATIONS POUR LA PROTECTION SOLAIRE	33
FIGURE 16: TYPES DE TOITURE	23
FIGURE 17: ROLE DE LA TOITURE	23
FIGURE 18: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUR LA FORME DE TOITURE	35
FIGURE 19: COMPOSITION TYPIQUE D'UN TOIT VEGETALISE	25
FIGURE 20: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUT TITURE VEGETALISE	37
FIGURE 21: ORIENTATION ET TRAJECTOIRE DU SOLEIL	27
FIGURE 22: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS POUR ORIENTATION	39
FIGURE 23: LES DIFFERENTS EFFETS DE LA VEGETATION	29
FIGURE 24: SYNTHESE DES RECOMMANDATIONSPOUR VEGETATION.....	41
FIGURE 25 : SCHEMA RECAPITULATIF DE L'IMPACT DES DISPOSITIFS ARCHITECTURAUX SUR LES DIFFERENTES STRATEGIES BIOCLIMATIQUES	32
FIGURE 26: L'ARCHETYPE CHOISIS.....	32
FIGURE 27 TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT A L'ORIENTATION	32
FIGURE 28: TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT AU TAUX DE VITRAGE	33
FIGURE 29: TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT AU TYPES DE VITRAGE	33
FIGURE 30: L'ARCHETYP DE LA PROTECTION SOLAIRE	34
FIGURE 31: TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT A LA PROTECTION SOLAIRE	34
FIGURE 32: TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT A L'ISOLATION.....	34
FIGURE 33: TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT AU MATERIAU UTILISE.	35
FIGURE 34 PROTOCOLE DE SIMULATION DU PATIO	35
FIGURE 35: TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT AU PATIO	35
FIGURE 36: TAUX DE CONSOMATION D'ENERGIE PAR RAPPORT AU <i>Cf</i>	36
FIGURE 37: CLASSEMENT DES INDICATEURS.....	36
FIGURE 38: REGLEMENTATION IGH	37
FIGURE 39: SCHEMAS D'UNE TOUR MIXTE	38
FIGURE 40: SCHEMAS DE DISTUBUTION DES FONCTION D'UNE TOUR MIXTE	39
FIGURE 41: LA TOUR DE30 ST. MARY AXE	40
FIGURE 42: SCHEMAS ECOULEMENT DE L' AIR	40
FIGURE 43 : FACADE DE THE GHERKIN	40
FIGURE 44: SCHEMAS ROTATION DES ETAGE DE THE GHERKIN	40
FIGURE 45: PLAN RDC THE GHERKIN	40
FIGURE 46: PLAN 16 ^{EME} ETAGE THE GHERKIN	40
FIGURE 47: PLAN 38 ^{EME} ET 39 ^{EME} ETAGE THE GHERKIN	40
FIGURE 48: STRUCTURES DE THE GHERKIN	40
FIGURE 49: LA TOUR DE JAMESON HOUSE.....	41
FIGURE 50: DISTRIBUTION DES FONCTIONS	42
FIGURE 51: LA FACADE DE JAMESON HOUSE	42
FIGURE 52: PLAN RDC DE JAMESON HOUSE	42
FIGURE 53: PLAN 6 ^{EME} ETAGE DE DE JAMESON HOUSE	42
FIGURE 54: PLAN 16 ^{EME} AU 19 ^{EME} ETAGE DE DE JAMESON HOUSE	42
FIGURE 55 : ASPECT ENERGETIQUE DE JAMESON HOUSE.....	42
FIGURE 56: LA TOUR DE30 ST. MARY AXE	43

FIGURE 57: LA TOUR DE JAMESON HOUSE.....	43
FIGURE 58: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE BAB EZZOUAR	46
FIGURE 59: ACCESSIBILITE POUR LA COMMUNE DE BAB EZZOUAR.....	46
FIGURE 60: POTENTIALITE DE BAB EZZOUAR	47
FIGURE 61: SITUATION DU SITE	48
FIGURE 62: VOISINAGE ET ENVIRONNEMENT IMMEDIAT DU SITE	48
FIGURE 63: ACCESSIBILITE DU SITE	49
FIGURE 64: L'ETAGE BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE DE BAB EZZOUAR	50
FIGURE 65: GRAPHE DE LA TEMPERATURE MENSUELLE.....	50
FIGURE 66: GRAPHE DU RAYONNEMENT MENSUEL	50
FIGURE 67 : GRAPHE DE LA DUREE D'INSOLATION	50
FIGURE 68: GRAPHE DES PRECIPITATIONS	50
FIGURE 69: GRAPHE DE L'HUMIDITE RELATIVE	50
FIGURE 70: LA ROSE DES VENTS	50
FIGURE 71 GAMMES DE CONFORT ADAPTATIF SELON LA TEMPERATURE MOYENNE EXTERIEURE MENSUELLE DE BAB EZZOUAR	51
FIGURE 72 : DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE DE LA COMMUNE DE BAB EZZOUAR	52
FIGURE 73: RECOMMANDATIONS CONCEPTUELLES CONFORME A BAB EZZOUAR	55
FIGURE 75: HOTEL KAPOK SHENZHEN BAY	56
FIGURE 76 : ODEBRECHT BUILDING SAO PAULO.....	56
FIGURE 77 : ECOLE D'ART ET DESIGN	56
FIGURE 78: SCHEMA DE PRINCIPE	57
FIGURE 79: SCHEMA DE DISTRIBUTION DES FONCTIONS.....	59
FIGURE 80 : PLANS SOUS-SOL	59
FIGURE 81 : PLAN REZ DE CHAUSSEE.....	60
FIGURE 82 : PLAN 1 ^{ER} ETAGE	60
FIGURE 83 : PLAN 2 ^{EME} – 6 ^{EME} ETAGES	61
FIGURE 84 : PLAN 7 ^{EME} ETAGE.....	61
FIGURE 85 : PLAN 8 ^{EME} ETAGE.....	62
FIGURE 86 : PLAN 9 ^{EME} – 12 ^{EME} ETAGE	62
FIGURE 87 : PLAN 13 ^{EME} ETAGE.....	63
FIGURE 88 : FAÇADES NORD.....	63
FIGURE 89 : FAÇADES SUD	63
FIGURE 90 : DALLE PLEINE EN BETON.....	64
FIGURE 91 : POUTRE METALLIQUE ALVEOLAIRE	64
FIGURE 92 : ASSEMBLAGE MIXTE POTEAU-POUTRE	64
FIGURE 93 : STRATEGIES BIOCLIMATIQUES ADAPTEES	65
FIGURE 94 : FORME ET ORIENTATION DU PROJET	66
FIGURE 95 : LE ROLE BIOCLIMATIQUE DE L'ATRIUM.....	66
FIGURE 96 : TERRASSES VEGETALISEES AU SUD.....	67
FIGURE 97 : MOUCHARABIEH A L'EST ET A L'OUEST	67
FIGURE 98: LES TERRASSES VEGETALISEES.....	67
FIGURE 99: TOITURE VEGETALISEE	67
FIGURE 100: LA TERRASSES JARDIN.....	67
FIGURE 101 : FACADE DE LA TOUR EN MUR RIDEAU	68
FIGURE 102 : FONCTIONNEMENT DU MUR RIDEAU VENTILE	68
FIGURE 103 : LA BRIQUE MONOMUR POROTHERME EN TERRE CUITE	68
FIGURE 104 : LA VEGETATION COTE OUEST	69
FIGURE 105 : LA VEGETATION COTE SUD	69
FIGURE 106 : LA MINERALISATION COTE NORD-EST	69
FIGURE 107 : LA MINERALISATION COTE SUD.....	69
FIGURE 108 : ETAGE DE BUREAU	70
FIGURE 109 : TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE POUR ETAGE DE BUREAU.....	71
FIGURE 110 : ETAGE D'HOTEL	71
FIGURE 111 : TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE POUR ETAGE D'HOTEL	72
FIGURE 112 : ETIQUETTE ENERGETIQUE	72
FIGURE 113 : TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE POUR ETAGE DE BUREAU	72
FIGURE 114 : TAUX DE CONSOMMATION D'ENERGIE POUR ETAGE D'HOTEL.....	73
FIGURE 115 : ETIQUETTE ENERGETIQUE	73
FIGURE 116 : FONCTIONNEMENT D'UNE VENTILATION MECANIQUE CONTROLEE A DOUBLE FLUX.....	74

FIGURE 117 : PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUE.....	74
FIGURE 118 : PARAMETRES ET RESULTAT DU CALCUL.....	75
FIGURE 119 : ETIQUETTE ENERGETIQUE	75

Liste des Tableaux :

TABLEAU 01: LABELS D'EFFICACITE ENERGETIQUE.....	7
TABLEAU 02: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR OUVERTURES.	12
TABLEAU 03: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR LA FORME DU BATIMENT.....	14
TABLEAU 04: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR MATERIAUX.	16
TABLEAU 05: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS D POUR E L' ATRIUM	18
TABLEAU 06: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR PATIO	20
TABLEAU 07: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR LA PROTECTION SOLAIRE	22
TABLEAU 08: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR LA FORME DE TOITURE	24
TABLEAU 09: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR TOITURE VEGETALE	26
TABLEAU 10: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR L'ORIENTATION	28
TABLEAU 11: REFERENCES DES RECOMMANDATIONS POUR LE VEGETATION	30
TABLEAU 12: COMPOSITION DU MUR	31
TABLEAU 13: PROTOCOLE DE SIMULATION DE L'ORIENTATION.....	31
TABLEAU 14: PROTOCOLE DE SIMULATION DU TAUX DE VITRAGE.	33
TABLEAU 15: PROTOCOLE DE SIMULATION DE LA PROTECTION SOLAIRE.	34
TABLEAU 16: PROTOCOLE DE SIMULATION DU CF.....	35
TABLEAU 17: CLASSEMENT DES IGH.....	36
TABLEAU 18: PROGRAMME POUR BUREAU	39
TABLEAU 19: PROGRAMME POUR HABITATION	39
TABLEAU 20 : TEMPERATURE MOYENNE EXTERIEUR ET TEMPERATURE DE CONFORT DE BAB	50
TABLEAU 21 : DONNEES CLIMATIQUES DE LA COMMUNE DE BAB EZZOUAR	51
TABLEAU 22 : TEMPERATURE MOYENNE EXTERIEUR ET TEMPERATURE DE CONFORT DE BAB EZZOUAR	52
TABLEAU 23 : PROTOCOLE DE SIMULATION POUR ETAGE DE BUREAU	68
TABLEAU 24 : PROTOCOLE DE SIMULATION POUR ETAGE D'HOTEL	69

CHAPITRE I :

CHAPITRE INTRODUCTIF

1 Introduction générale :

L'énergie a été et demeure un élément essentiel de l'évolution de l'humanité et du progrès. Pour nous assurer un avenir durable, il faut non seulement parvenir à utiliser efficacement les ressources mondiales mais aussi veiller à ne pas entraver la capacité de la biosphère à absorber les produits résiduels et les déchets résultant de nos activités. Un nouveau courant d'idées appelle à un changement radical et immédiat de notre mode de production et de consommation de l'énergie, faute de quoi nous nous dirigeons tout droit vers des conflits sociaux et économiques et des dommages environnementaux irréversibles¹.

Depuis déjà quelques années le contexte énergétique mondial connaît de grandes mutations et fait l'objet de l'une des plus grandes préoccupations internationales. Ceci est lié à une augmentation de la consommation globale d'énergie qui a augmenté de plus de 40% entre 1990 et 2008². En 2012, la consommation d'énergie finale dans le monde avoisine les 9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep)³. Cette augmentation est due à l'industrialisation massive, et les prévisions des besoins en énergie pour les années à venir ne font que confirmer, voire amplifier, cette tendance, notamment compte tenu de l'évolution démographique et du développement de certaines zones géographiques.

Une très grande partie des ressources sont aujourd'hui fossiles : pétrole, charbon, gaz naturel... Bien que diversifiées et très abondantes, ces ressources ne sont pas inépuisables et leur exploitation ne pourra durer plus d'un siècle. Mais la sûreté énergétique à long terme des pays du monde n'est pas le seul péril que fait encourir le recours aux énergies fossiles. Leur utilisation génère considérablement de dioxyde de carbone (CO₂), gaz en parti responsable de l'effet de serre. De ce fait les experts en climat s'accordent aujourd'hui pour dire que les émissions de gaz à effet de serre (GES), liées à l'ensemble des activités humaines, représentent un risque croissant et grave pour l'environnement et la société, notant que environ 300 milliards de tonnes de carbone ont été émises par les activités humaines depuis 1 800. La moitié de ce CO₂ a été reprise par les écosystèmes, l'autre moitié s'accumule dans l'atmosphère et participe à l'accentuation de l'effet de serre. L'équilibre thermique de la terre est, par ce mécanisme, en cours de modification et conduira à une température d'équilibre plus élevée que celle connue actuellement. A la fin du XXI^e siècle, la température aura augmenté de 1,1 °C à 6,4 °C⁴, sachant qu'une augmentation moyenne de la température mondiale de plus de 2°C aurait des conséquences dramatiques sur l'équilibre planétaire : des changements de températures entraînant la multiplication des catastrophes naturelles avec des amplitudes de plus en plus fortes, des productions agricoles en danger, des précipitations à forte variabilité, l'élévation du niveau des mers liée à la fonte des calottes glaciaires...etc⁵

À l'échelle planétaire, le secteur du bâtiment est le premier secteur consommateur d'énergie avec 30 à 40 % de la consommation totale d'énergie et deuxième émetteur de dioxyde de carbone pour un pourcentage de 25%⁶. Il représente donc une forte part des impacts

¹L'Association nucléaire canadienne, 2008, « *L'énergie dans le monde : le passé et les avenir possibles* », Canadian Energy Research Institute, Canada.

²GEORGES ANDRIEUX SELECTION 43 COP 21 Paris 2015 : Un COuP de plus pour rien? jeudi 24 mars 2016

³Key World Energy Statistics 2014, AIE.

⁴ Atelier Parisien D'urbanisme, 2007, « *Consommations D'énergie et Emissions De Gaz A Effete Serre Liées Au Chauffage des Résidences Principales parisiennes* », Paris, France.

⁵HUGUES DE JOUVENEL. Revue Futuribles (N°247, novembre 1999), Mise à jour 2002.

⁶ <http://www.enerzine.com/le-batiment-responsable-de-25-des-emission-de-co2/1437-2006-10>.

environnementaux d'origine anthropique, et présente un fort potentiel d'amélioration à la fois sur les plans énergétiques et environnementaux.

Les émissions de GES, principalement le dioxyde de carbone (CO₂) sont directement liées aux consommations énergétiques des bâtiments par l'utilisation de sources d'énergie qui peuvent être d'origine fossile (essentiellement le gaz et le fioul), nucléaire, ou renouvelable (solaire, éolien, hydraulique, bois et biomasse). Selon la source d'énergie utilisée, les émissions de CO₂ sont plus ou moins importantes. Leur réduction va donc dépendre de la part de l'énergie finale utilisée dans ce secteur, des changements relatifs dans la demande en énergie et du mix de sources d'énergie pour le chauffage et l'électricité. Il existe donc trois grands leviers pour réduire les émissions de CO₂ de ce secteur : réduire les consommations grâce à l'adoption par les occupants d'un comportement de sobriété, améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments (c'est-à-dire réduire les déperditions et améliorer les rendements), développer les énergies à faible contenu en carbone¹.

Aujourd'hui, les bâtiments jouent un rôle très important dans la dépense énergétique. Pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction de cette dépense énergétique. Plusieurs paramètres agissent sur le comportement thermique du bâtiment dont la forme, l'orientation, ses éléments constructifs et les aménagements intérieurs.

Pour plus de confort, on a recours à une surconsommation d'énergie, donc il faudrait d'abord améliorer le bâtiment dans le but de réduire la demande en chauffage et en climatisation, puis bien réfléchir sur la composition des parois de l'enveloppe, la compacité du volume chauffé, l'emplacement, l'orientation, le type de vitrages, l'utilisation des énergies renouvelables et ceci afin d'aboutir à un bâtiment à basse consommation énergétique.

2 Problématique :

L'humanité est aujourd'hui face à trois défis majeurs : la crise énergétique, le changement climatique et le développement durable. Ces trois défis sont reliés entre eux par une problématique commune, « l'énergie », car elle est au centre de toutes nos activités.

Face à l'épuisement des ressources fossiles et à la menace du changement climatique, il va falloir apprendre à se passer du pétrole et plus généralement des énergies fossiles, alors que toute notre économie s'est construite et développée sur leur abondance. Nous arrivons à la fin d'un système, qui oblige à repenser le mix énergétique (et pas seulement électrique) sur un mode réellement durable.

Le secteur de bâtiment doit être en mesure de réduire les défais environnementaux grâce à ses possibilités d'évolution importantes. Aujourd'hui, notre souci ne se focalise pas de comment réduire la consommation énergétique seulement, mais aussi d'arriver aux bâtiments économes et durables. A cet effet il y a deux problématiques qui s'imposent :

- Comment introduire la notion d'écologie et durabilité à notre conception architecturale ?
- Comment réduire la consommation énergétique du bâtiment et participer au confort des individus ?

¹CELINE VARENIO, 2012, « *L'efficacité énergétique dans les bâtiments existants : déficit d'investissement, incitations et accompagnement* », Laboratoire Economie du développement durable et de l'énergie (EDDEN-LEPII, FRE 3389 CNRS), École Doctorale de Sciences économique (ED n°300), France.

3 Objectifs :

Notre objectif consiste à concevoir un bâtiment tertiaire durable qui assure l'économie d'énergie, pour ce faire nous tenons à intégrer les principes de l'architecture bioclimatique et efficacité énergétique à notre conception architecturale.

4 Méthodologies :

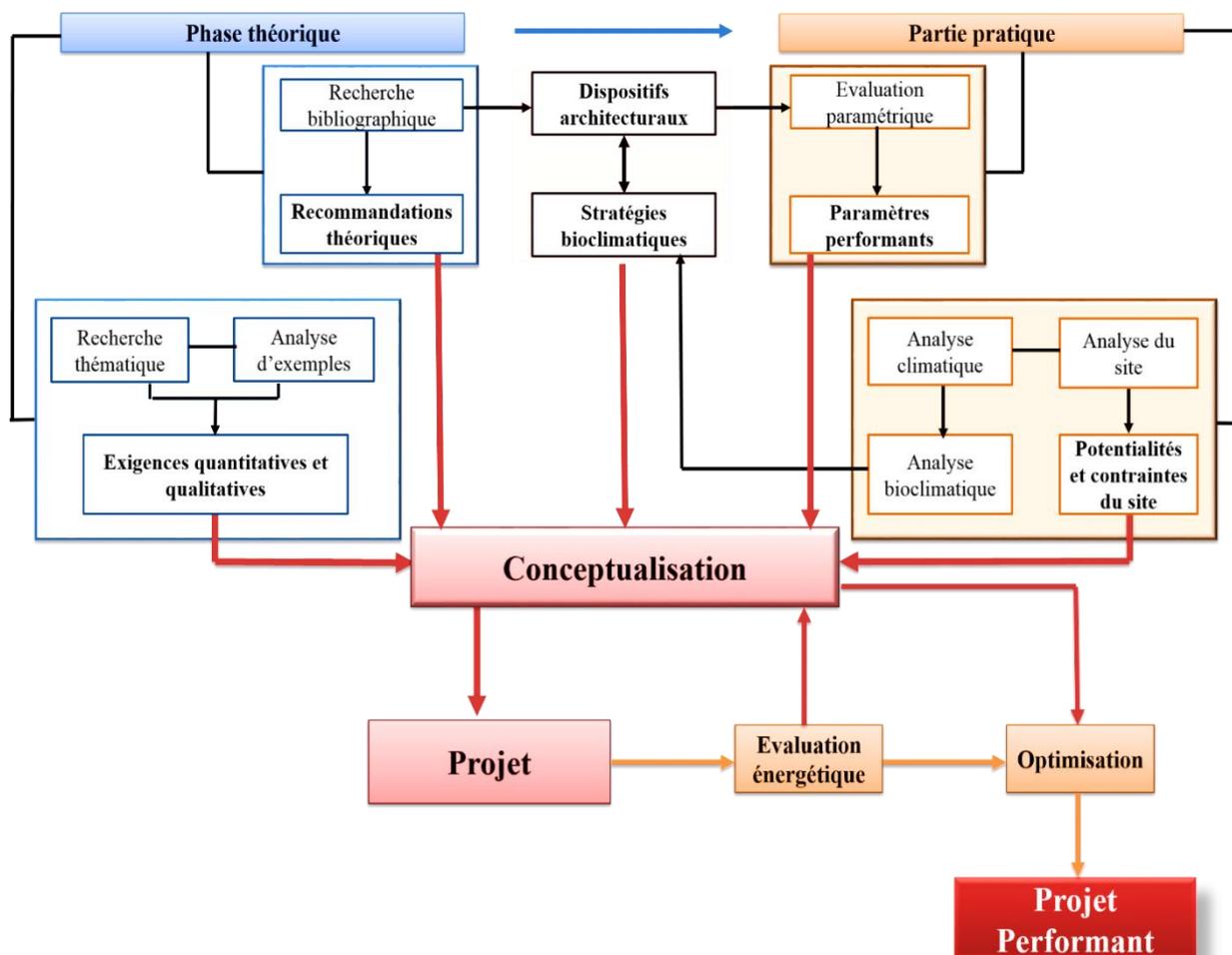
En vue de répondre à la problématique abordée et atteindre notre objectif, une démarche méthodologique qui s'articule sur deux phase : une phase théorique et une phase pratique, a été adoptée :

En premier lieu nous allons effectuer une recherche bibliographique et une étude paramétrique afin d'obtenir les recommandations et les paramètres adéquats a une conception bioclimatique. En second lieu nous allons effectuer une recherche thématique ainsi qu'une analyse des exemples, ceci nous permettra d'identifier les exigences qualitatives et quantitatives et de rédiger un cahier des charges convenable à notre projet.

Par ailleurs, une analyse du site sera établie ou nous allons appréhender les exigences de notre terrain, ainsi qu'une analyse bioclimatique afin de déterminer les stratégies et les dispositifs conformes au climat choisi.

En termes de ces études nous pourrons ainsi, s'introduire a la phase de conceptualisation, ou nous allons exploiter les résultats obtenus auparavant, dans le but d'avoir un projet performant qui sera évalué par la suite. Dans le cas contraire, des modifications seront donc nécessaires au niveau de la conception architecturale.

On présente ci-dessous un organigramme qui résume la méthodologie de notre travail :



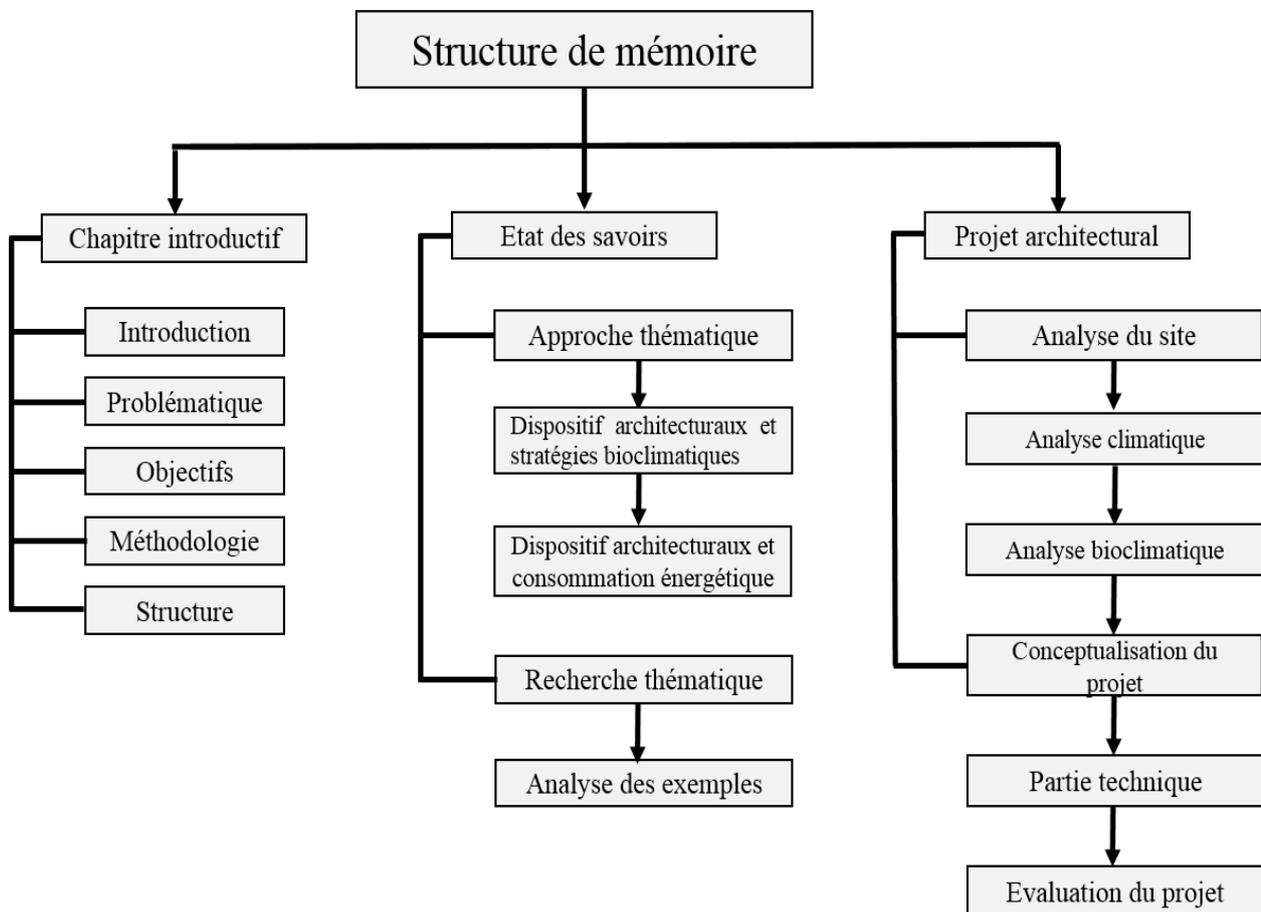
5 Structure du mémoire :

A l'intention de mener à bien cette initiation à la recherche notre mémoire est structuré selon trois chapitres qui se complètent mutuellement :

Le premier chapitre, est un chapitre introductif où nous allons aborder le concept de la consommation énergétique et son impact environnemental, par la suite nous allons évoquer la problématique de notre étude, ainsi que la méthodologie à adopter afin d'atteindre notre objectif.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude bibliographique et paramétrique afin d'appréhender les différents concepts et notions clés liée à notre recherche, et approfondir les connaissances concernant le thème étudié, en l'abordant sous tous ses aspects.

Dans le troisième chapitre, nous allons projeter nos études sur le site, commençant par l'analyses climatique et bioclimatique, et passer par la suite à la phase de conceptualisation où nous allons mettre à profit nos connaissances acquises dans le chapitre précédent.



CHAPITRE II :

ETAT DE SAVOIR

1 Introduction

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays soit 42% de la consommation finale, cependant la consommation peut être considérablement réduite par l'adoption des stratégies d'efficacité énergétique dans le bâtiment.

Dans ce contexte, nous avons effectué des études bibliographiques d'où nous avons repris des définitions et des caractéristiques des dispositifs architecturaux agissant sur le comportement thermique du bâtiment, ainsi que des simulations à l'aide du logiciel ECOTECH, afin d'évaluer l'impact de ces paramètres et élaborer des conclusions sur les variations qui conviennent le mieux au climat choisis. Ces études ont pour but d'accumuler des connaissances, des recommandations, des propositions et des méthodes pour appliquer les notions d'efficacité énergétique dans la conception de notre projet architectural.

2 Thématique énergétique :

2.1 L'efficacité énergétique :

La notion d'efficacité énergétique est de plus en plus présente lorsque l'on s'intéresse de près aux milieux proches de l'environnement et de la gestion de l'énergie. Tout le monde en parle, et émet une définition, propre à son usage. Mais que veut réellement dire ce terme, employé autant par des gestionnaires que par des spécialistes du domaine¹⁴ ?

L'efficacité énergétique vise à réduire les dépenses en énergie tout en maintenant une qualité de service identique pour l'utilisateur. En rationalisant la consommation d'énergie, l'objectif est de limiter les conséquences de la production d'énergie : coût économique et impact écologique.

2.2 L'efficacité énergétique des bâtiments :

L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur leur consommation énergétique représente plus de 40% du total de l'énergie, et ils sont responsables de 20% des émissions mondiales de gaz à effet de serre, ils contribuent donc dans une large mesure au changement climatique¹⁵.

De nombreuses études et retours d'expériences ont montré que la diminution des consommations énergétiques des bâtiments passe par une conception architecturale prenant en compte la compacité du bâtiment et la gestion des apports solaires passifs, une sur-isolation de l'enveloppe.

Pour atteindre une efficacité énergétique au sein d'un bâtiment, deux stratégies complémentaires peuvent être activées¹⁶ :

- **L'efficacité énergétique passive** : éviter les déperditions en renforçant la performance thermique du bâtiment (isolation, parois vitrées)

¹⁴ Mr. Khodja Mohamed el hadi, Juin 2013, *Evaluation De La Consommation Énergétique Des Logements A Haute Performance Énergétique De Tamanrasset Et Opportunité D'utiliser Les Systèmes Solaires*, BLIDA, Département de Mécanique, Université Saad Dahlab De Blida.

¹⁵ KHARCHI Razika, 2013, *L'efficacité énergétique dans le bâtiment*, Equipe bioclimatique, Division Solaire Thermique et Géothermie – CDER.

¹⁶ Schneider Electric, 2011, *Le livre blanc de l'Efficacité énergétique*, ZZ4000.

- **L'efficacité énergétique active** : réduire les consommations d'énergie en optimisant le fonctionnement des équipements et des systèmes.

2.3 Les labels de performance énergétique¹⁷ :

Les labels sont des indicateurs en termes de confort, de performance énergétique et de respect de l'environnement, afin de réaliser des bâtiments à faibles consommation d'énergie, Ils s'appuient sur des référentiels et sont soumis à des procédures d'audit et d'évaluation. Les principaux labels -notamment européens- sont les suivants :

Labels	Exigences de la consommation énergétique
PASSIVHAUS	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation d'énergie finale du chauffage est inférieure à 15 kw/m²/an. • La consommation d'énergie primaire est inférieure à 120 kw/m²/an.
MINERGIE®	<ul style="list-style-type: none"> • MINERGIE – Standard : Construction neuve : 38 kWh/m² an Construction à rénover : 60 kWh/m² an • MINERGIE – P (Passif) : 30 kWh/m² an avec un besoin de chauffage inférieur à 15kWh/m²/an. • MINERGIE ECO – MINERGIE P ECO : Ce label est destiné à l'évaluation de la performance écologique.
HPE (Haute performance énergétique)	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation globale d'énergie est inférieure à 10% de la consommation conventionnelle de référence de la RT2005.
THPE (Très haute performance énergétique)	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation globale d'énergie est inférieure à 20% de la limite exigée par la RT2005.
HPE Energies Renouvelables	<ul style="list-style-type: none"> • Correspond aux exigences du HPE. • La part de la consommation conventionnelle de chauffage par un générateur utilisant la biomasse est supérieure à 50 %. • Le système de chauffage est relié à un réseau de chaleur alimenté à plus de 60 % par des énergies renouvelables.
THPE Energies Renouvelables	<ul style="list-style-type: none"> • Les consommations conventionnelles doivent être inférieures d'au moins 30% par rapport à la consommation de référence RT 2005, accompagnées d'exigences sur l'installation d'équipements d'énergie renouvelable.
BBC (Bâtiment à basse consommation)	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation énergétique globale est inférieure à 50 % de la limite exigée par la RT 2005.

Tableau 01: Labels d'efficacité énergétique.

2.3.1 BBC (Bâtiment à basse consommation) :

Le label BBC « Bâtiment à basse consommation » est un concept qui a été élaboré et mis en place sous forme de label par une association française. Il est délivré à tout bâtiment (industriel, résidentiel ou tertiaire).

Le niveau de performance exigé par le label BBC fixe comme objectif une consommation maximale pour les constructions résidentielles neuves à 50kWh/m²/an, pour le chauffage, le rafraîchissement, la ventilation, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires de chauffage et l'éclairage, calculé selon la méthode de la RT 2005. Cette valeur limite de consommation d'énergie est

¹⁷ Pascale Maes, 2009, *Labels d'efficacité énergétique HQE, BBC-EffinErgie, Maison Passive, RT 2005/2012, Qualitel, C. Charlot-Valdieu & Ph. Outrequin. – Écoquartier mode d'emploi, G12601.*

pondérée par un coefficient en fonction de la zone climatique et de l'altitude du site. C'est trois fois moins que la réglementation actuelle. Le bâtiment BBC est classé dans la catégorie A de l'étiquette énergie du DPE.

2.4 Le confort thermique :

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par les échanges thermiques entre le corps et son environnement. Au confort thermique correspond une plage de températures qui peut varier selon la sensibilité et l'activité menée par l'occupant (repos, travail léger, activité sportive...).

Les principaux facteurs qui régissent les échanges de chaleur entre une personne et son environnement et qui ont une incidence sur son confort thermique sont les suivants¹⁸ :

➤ Pour l'environnement

- La température de l'air et ses fluctuations.
- Le rayonnement thermique.
- L'humidité.
- La vitesse de l'air.

➤ Pour la personne

- Son activité physique (production de chaleur par le corps).
- Son habillement.

2.4.1 Les mesures du confort thermique¹⁹ :

Confort d'hiver :

Si, en hiver, il est nécessaire de chauffer l'air intérieur pour atteindre une température ressentie correspondant au confort thermique, il existe des moyens pour limiter un maximum ses consommations énergétiques :

- Via l'approche bioclimatique en appliquant la stratégie du chaud qui consiste à capter les calories apportées par le soleil (apports gratuits), les stocker, les conserver et les distribuer.
- Via un équipement de chauffage adapté.
- En chauffant et en régulant de manière raisonnée.

Confort d'été :

En été, les bâtiments peuvent faire l'objet de surchauffes, sources d'inconfort. L'approche bioclimatique permet, dans ce cas également, de régler ou de minimiser ces problèmes en évitant le recours à la climatisation. La stratégie du froid consiste à se protéger des apports externes et internes de chaleur, à dissiper les surchauffes et à refroidir naturellement les locaux.

Le confort thermique peut être atteint par une combinaison de paramètres qu'il faut intégrer dans la conception architecturale (la forme du bâtiment, l'orientation...) et dans la mise en œuvre et le choix des matériaux. Durant ces phases, les choix primordiaux s'opèrent et auront un effet direct sur le comportement thermique et la performance énergétique du bâtiment.

¹⁸ Jean-Yves Charbonneau, 2004, *Confort thermique à l'intérieur d'un établissement*, Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Québec.

¹⁹http://www.renovationdurable.eu/IMG/pdf/confort_thermique.pdf.

2.5 Architecture bioclimatique :

La conception bioclimatique consiste à mettre à profit les conditions climatiques favorables tout en se protégeant de celles qui sont indésirables, ceci afin d'obtenir le meilleur confort thermique. Elle utilise l'énergie solaire disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent.

En période froide, une architecture bioclimatique favorise les apports de chaleur gratuits, diminue les pertes de chaleur et assure un renouvellement d'air suffisant. En période chaude, elle réduit les apports caloriques et favorise le rafraîchissement.²⁰

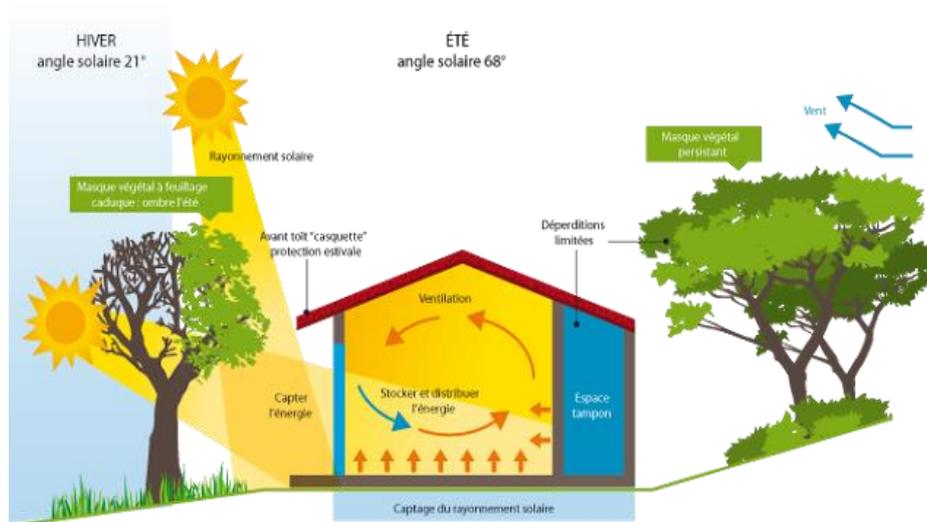


Figure 01: Principe de base d'une conception bioclimatique (Source : Google image)

2.5.1 Les stratégies bioclimatiques :

a. Chauffage solaire passif :

Le chauffage solaire passif consiste à recueillir l'énergie solaire et à la transformer en chaleur. Il se fait essentiellement à travers les surfaces vitrées, et dans une moindre mesure à travers les parois opaques. Pour atteindre ce but, il faut maîtriser les quatre principes de base : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment.²¹

Cette technique permet de faire diminuer la consommation des autres énergies et, parce qu'elle est totalement non polluante et renouvelable, est aujourd'hui défendue comme un des meilleurs moyens de faire diminuer les rejets en CO₂ provoqués par le chauffage des habitations.

b. Rafraîchissement passif :

Le rafraîchissement passif est un terme global qui couvre les différents processus et les techniques de modulation et de dissipation de la chaleur, et qui englobe toutes les mesures préventives pour éviter la surchauffe à l'intérieur des bâtiments, et cela à travers des ressources naturelles environnantes et sans faire recours à l'utilisation des autres formes d'apport énergétique ni aux systèmes de rafraîchissement mécaniques [Santamouris et Asimakopoulos, 1996]. Quatre conditions sont essentielles à toute stratégie de rafraîchissement passif : Protéger le bâtiment du rayonnement solaire, minimiser les gains internes, dissiper les surchauffes et refroidir les locaux.

²⁰ <http://www.asder.asso.fr/info-energie/eco-batiment/construction-et-renovation/conception-bioclimatique>

²¹ HADDAM Muhammad Abdalkhalq Chuayb, 2015, *Application de quelques notions de la conception bioclimatique pour l'amélioration de la température interne d'un habitat*, Université Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen.

c. L'éclairage naturel²² :

Dans un contexte de développement durable, la stratégie de l'éclairage naturel a un impact important sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et permet non seulement la réduction des charges d'éclairage électrique mais aussi de celles de refroidissement des bâtiments. De plus, l'éclairage naturel, de par sa variabilité, sa qualité et sa composition spectrale, agit positivement sur le confort visuel des personnes, ainsi que sur leur bien-être et leur santé. Cette stratégie a pour but de répondre aux exigences de confort des occupants, tout en réduisant la consommation d'énergie du *bâtiment*.

Elle est l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment selon cinq concepts : capter, transmettre, distribuer, se protéger et contrôler la lumière. Ces concepts sont destinés à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturelle.



Figure 02 : Stratégie de l'éclairage naturel
(Source : Google image)

d. Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est la forme la plus ancienne de ventilation qui existe. C'est des forces naturelles qui font pénétrer l'air extérieur dans le bâtiment à travers des ouvertures pratiquées à cet effet dans l'enveloppe du bâtiment. Ce mode de ventilation dépend du climat, de la conception des bâtiments et du comportement des personnes.

Le principal intérêt de la ventilation naturelle est d'exploiter une ressource gratuite et abondante tout en restant fiable, simple d'utilisation et sans entrainer de surcout à la conception. La ventilation naturelle ne peut pas satisfaire les contraintes actuelles en termes de contrôle des débits si elle utilisée sans réflexion particulière. Elle s'intègre cependant parfaitement dans la problématique actuelle qui est de proposer des bâtiments de moins en moins consommateurs d'énergie et non émetteurs de gaz à effet de serre. Utilisée dans de bonnes conditions, la ventilation naturelle peut se révéler comme une alternative aux systèmes de ventilation et de rafraîchissement mécanique²³.

e. Masse thermique²⁴ :

La masse thermique (ou inertie thermique) est le potentiel de stockage thermique d'un bâtiment. Elle peut être composée de divers matériaux lourds (pierre, brique, terre crue,...) qui, répartis à l'intérieur de l'enveloppe isolante d'une construction, agissent comme accumulateurs de chaleur (l'hiver) ou de fraîcheur (l'été). Une construction à forte inertie thermique conserve une température stable et se réchauffe ou se refroidit très lentement, ce qui permet d'équilibrer les températures intérieures et de diminuer les besoins en chauffage et en climatisation. L'inertie thermique est plus efficace lorsqu'elle est utilisée conjointement avec un design solaire passif ou bioclimatique.

➤ Nous allons identifier par la suite les différents dispositifs influant sur le comportement thermique du bâtiment et sur les différentes stratégies bioclimatiques.

²² Magali Bodart, 2007, Les Cahiers de l'Urbanisme N°66, Université catholique de Louvain, Chargée de Recherche FNRS, Louvain-la-Neuve, Belgique

²³ Ghjuvan Antone Faggianelli, 2015, *Rafraichissement par la ventilation naturelle traversante des bâtiments en climat méditerranéen*, Génie des procédés, Université Pascal Paoli, France.

²⁴ Jean David Morneau, 2005, *La Masse Thermique (Ou Inertie Thermique)*, fiche technique, ARCHIBIO, Montréal, Québec, Canada.

3 Dispositif architecturaux et stratégies bioclimatiques :

3.1 Les ouvertures :

Les ouvertures, et particulièrement les fenêtres, sont un élément majeur de tout édifice et ont toujours bénéficié de la plus grande attention des architectes. Elles sont les moyens de communication de l'édifice : leurs positions, leurs dimensions et leurs proportions règlent l'entrée de l'air, de la lumière et du soleil. En effet, les fenêtres sont l'élément de captage le plus simple et le plus répandu, elle apporte à la fois chaleur et éclairage, établissent le contact entre l'intérieur et l'extérieur et permettent ainsi d'améliorer le bien-être de l'occupant.¹

3.1.1 Le Vitrage :

a. Les principaux types de vitrages :

Le choix d'un vitrage dépendra des performances à atteindre relativement aux fonctions : thermique, acoustique, esthétique, sécuritaire, pour assurer le confort des occupants, au moindre coût.²

- **Le simple vitrage :** Il est constitué d'un verre clair ou coloré obtenu par coulage sur bain d'étain en fusion.
- **Le double vitrage :** Le double vitrage consiste à enfermer entre deux verres une lame d'air déshydraté ou un gaz améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Les deux verres sont séparés par un intercalaire en aluminium ou en acier.
- **Le triple vitrage :** Il est possible d'améliorer la valeur U du vitrage en ajoutant une troisième, voire une quatrième plaque de verre. On obtient alors un meilleur pouvoir isolant, mais également une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre les transmissions solaire et lumineuse diminuent.

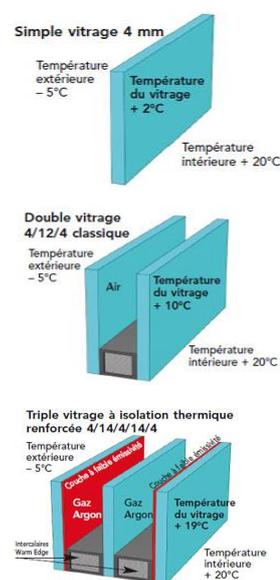


Figure 03 : Types de vitrage
(Source : Google image)

b. L'influence du choix du vitrage sur les consommations énergétiques :

Le vitrage permet de laisser passer le plus de lumière naturelle possible afin de réduire le recours à un éclairage artificiel durant la journée. Sans pour cela entraîner des problèmes d'éblouissement, l'utilisation de la lumière naturelle peut ainsi être optimisée. Le vitrage doit d'une part contrôler le rayonnement entrant afin de limiter, voire d'éviter les dépenses en énergie de refroidissement en été. D'une autre part Il faut veiller à ne pas trop limiter les apports solaires afin de pouvoir encore bénéficier de cette énergie gratuite en hiver.

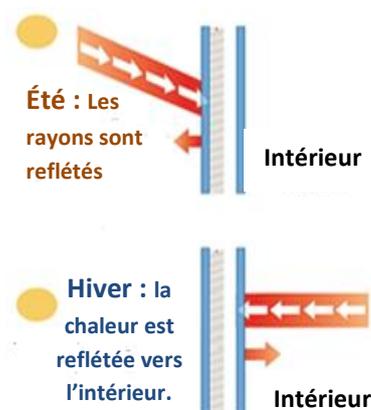


Figure 04 : Rôle de vitrage
(source : Google image)

¹Alain Liébard, André De Herde, 2005, *TRAITER D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUES*, Observ'ER 368 P

² <http://www.fermalux.be/> REGION WALLONE, 2003, *Type de vitrage, Réinventons l'énergie*.

3.1.2 Recommandations théoriques :

D’après les définitions effectuées auparavant et afin de déterminer les recommandations à suivre pour assurer une optimisation énergétique grâce à cet élément, une série de thèses ont été traitées et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Auteur Année	Titre	Objectif
Ali Tahouri 2015	« Evaluation of Windows and Energy Performance » Case-Study: Colored Building, Faculty of Architecture	Comparer la performance énergétique de différentes combinaisons de vitrages et fenêtres dans un modèle simple.
Qiaoxia Yang Meng Liu Chang Shu Daniel Mmereki, Md Uzzal Hossain Xiang Zhan6 2015	Impact Analysis of Window-Wall Ratio on Heating and Cooling Energy Consumption of Residential Buildings	Evaluer le rapport fenêtre-mur optimale et le type de vitrage approprié dans les différents modes de fonctionnement du système de climatisation de bâtiments résidentiels pour chaque orientation dans trois villes typiques en été chaud et zone d'hiver froid.
Timothy M. Ariosto 2013	Evaluation Of The Energy Performance Of Glazing Systems And Fenestration Retrofit Solutions	Comparaison et évaluer des systèmes de vitrage pour l'efficacité énergétique.

Tableau 02 : Références des recommandations pour les ouvertures.

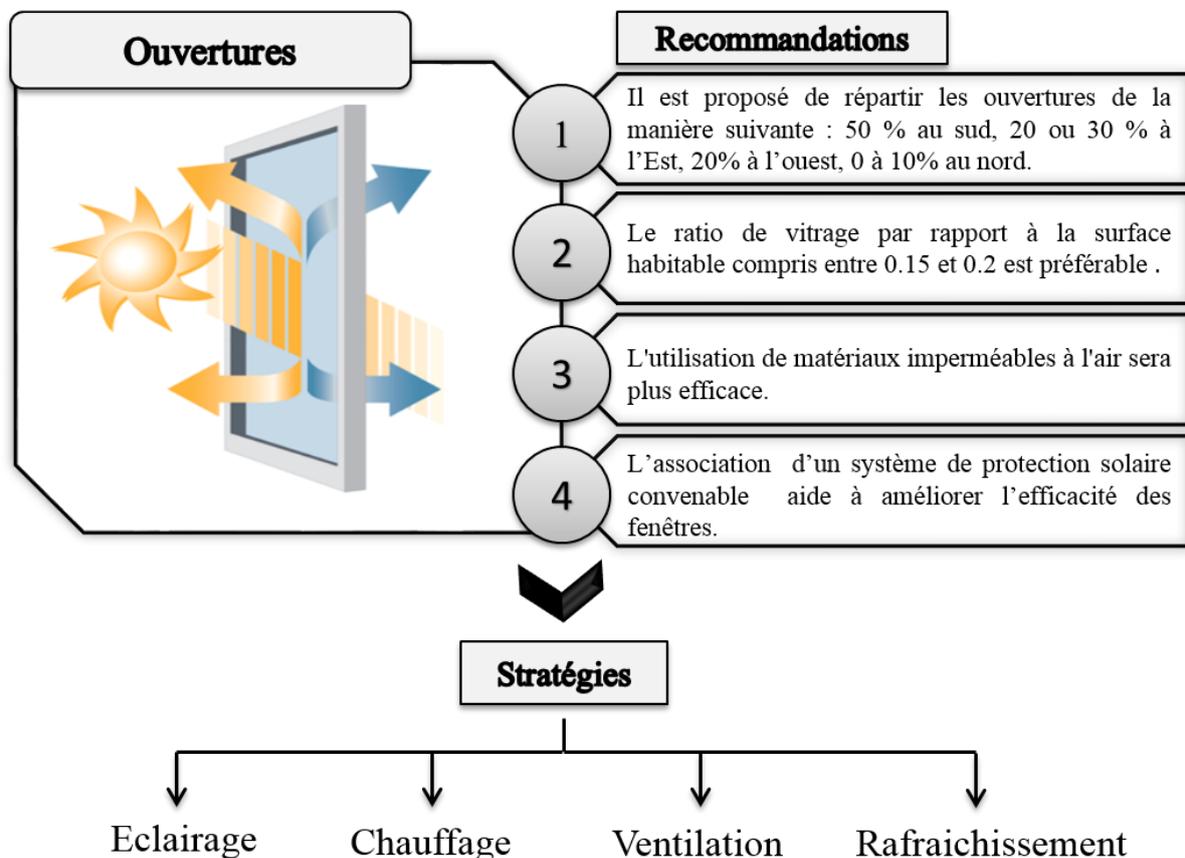


Figure 05 : Synthèse des recommandations pour les ouvertures (source : auteurs)

3.2 La forme du bâtiment :

La forme du bâtiment est l'un des principaux paramètres qui déterminent la relation entre l'enveloppe du bâtiment et son environnement extérieur, elle a un effet sur son exposition et ses pertes thermiques en étant un facteur important qui pourrait influencer une augmentation/diminution de l'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir l'espace occupé. La forme du bâtiment a aussi une influence directe sur : l'éclairage énergétique du soleil, l'écoulement des flux de vents aux abords du bâtiment, et a également un impact important sur la consommation d'énergie et, implicitement, sur les coûts.²¹

3.2.1 Le coefficient de forme :

La compacité d'un bâtiment ou le coefficient de forme (Cf) est défini comme le rapport entre la surface de déperdition de l'enveloppe extérieure et le volume habitable (m²/m³). Il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes. Plus la surface de déperditions est grande, plus les pertes de chaleur augmentent, le bâtiment est plus économe en énergie quand le coefficient de forme prend des valeurs plus élevées (chauffer le même volume mais avec moins de surfaces de déperditions).

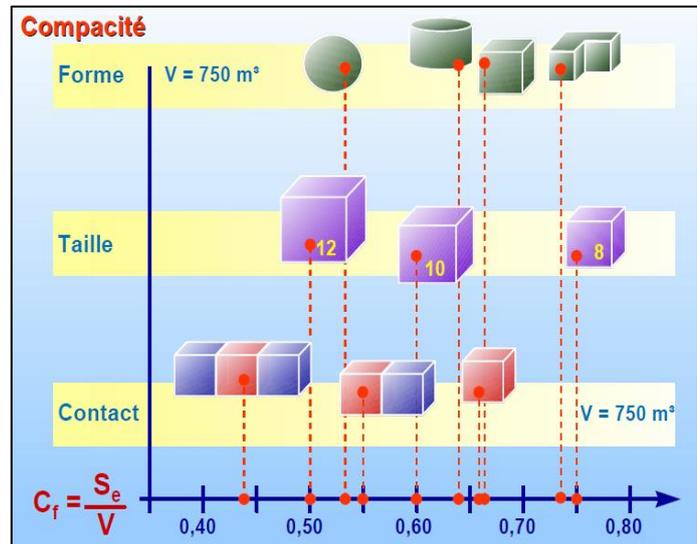


Figure 06 : Impact de la forme, la taille et la proximité sur la compacité (source Google image)

Le coefficient de forme pourrait être critiqué par le fait qu'il ne prend pas en compte la répartition et la surface de vitrage et d'autre part que l'orientation du bâtiment est négligée.²²

3.2.2 Forme compacte :

Une forme simple et compacte est plus économe en énergie qu'une forme éclatée parce que les déperditions sont proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur conditionné et l'extérieur²³. Mais un bâtiment hyper compact n'est pas souhaitable du point de vue architectural et éclairage naturelle, donc un compromis doit être trouvé lors de la conception du projet. Autrement dit, la forme optimale d'un bâtiment correspond à celle qui lui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et de gagner un maximum de fraîcheur en été.

La relation entre la forme du bâtiment et la transmission solaire thermique n'est pas cependant critique, du fait qu'il existe de nombreuses stratégies permettant de contrecarrer les effets négatifs de la forme sur la conception de la peau du bâtiment. Les effets de la forme du bâtiment sur la canalisation du vent et des courants d'air ainsi que sur les possibilités d'utilisation de l'éclairage naturel sont nettement plus importants.²⁴

²¹ Tiberiu Catalina, Joseph Virgone and Vlad Iordache , 2011, Study *On The Impact Of The Building Form On The Energy Consumption* , Université de Lyon, France.

²² MAZARI Mohammed, 2012, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.

²³ Ben Ameer Okba, *Etude de l'impact du rafraîchissement des fontaines d'eau dans les maisons à patio, cas des zones sahariennes*, Université de Biskra.

²⁴ http://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea_ch2_fr.pdf.

3.2.3 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
Vladimír GELETKA, Anna SEDLÁKOVÁ 2011	Energy consumption conditioned by shapes of buildings	Comparer certaines formes de bâtiments pour prédire l'impact de la forme du bâtiment sur l'efficacité énergétique.
Basam Behsh 2002	Building form as an option for enhancing the indoor thermal conditions	Comprendre la relation entre la forme et la performance thermique du bâtiment.
Martin Olsson 2016	Tthermal shape factor ; the impact of the building shape and thermal properties on the heating energy demand in swedish climates	Etudier l'impact de la forme géométrique et de l'orientation du bâtiment sur la performance thermique en ce qui concerne le rayonnement solaire.

Tableau 03 : Références des recommandations pour la forme du bâtiment.

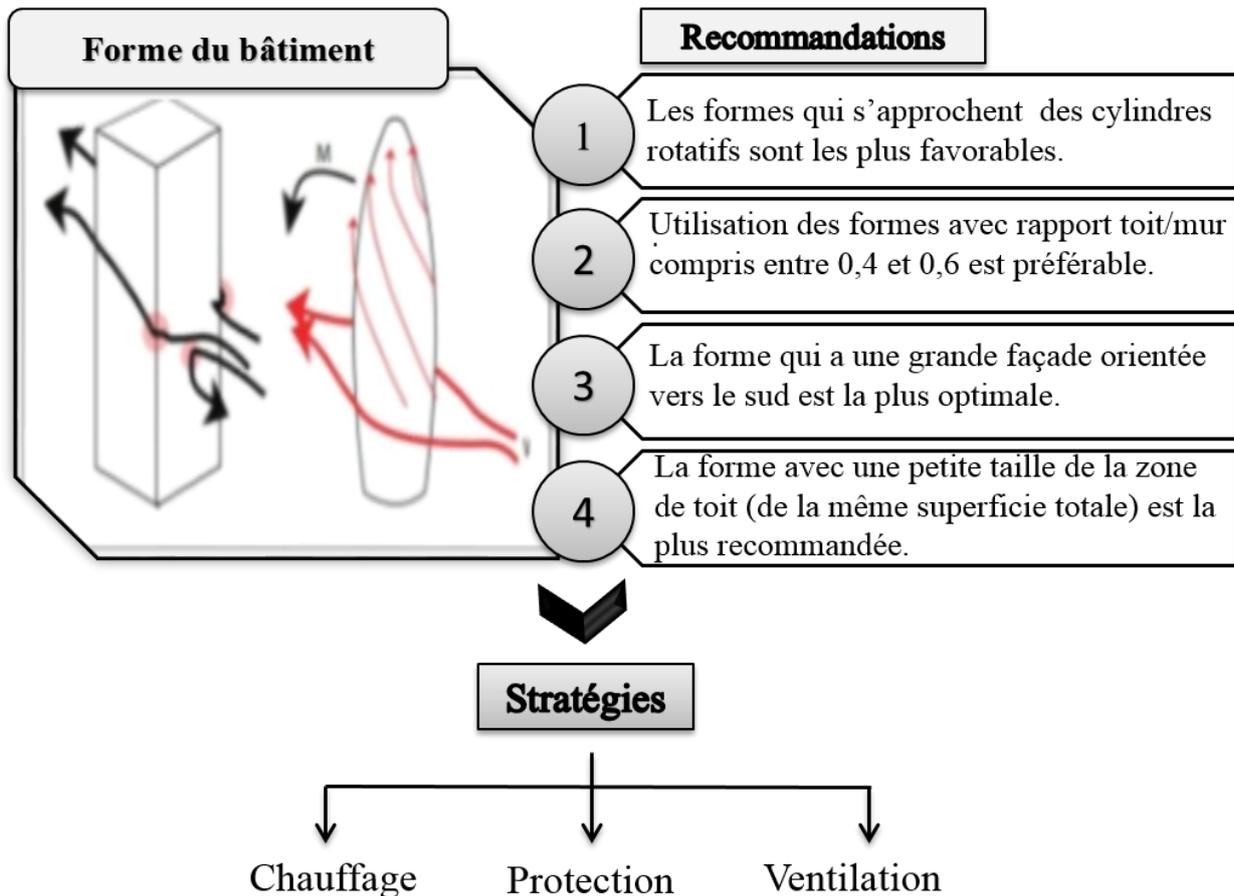


Figure 07 : Synthèse des recommandations pour la forme du bâtiment.
(Source : Auteurs)

3.3 Les matériaux :

Le matériau de construction joue un rôle prépondérant en répondant à des exigences de protection, de confort et de performances techniques tout en favorisant un langage architectural et des sensations. Mais le rôle des matériaux dépasse la notion d'image ou de performance : il doit aujourd'hui répondre à des exigences de préservation des ressources, d'impact environnemental et sanitaire mais aussi à des exigences de réutilisation ou de recyclage.²⁵

3.3.1 Les propriétés thermiques des matériaux :

a. La conductivité thermique (λ) :

La conductivité thermique est la propriété qu'ont les matériaux de transmettre la chaleur par conduction. Symbolisée par le coefficient λ (lambda), elle est exprimée en watt par mètre Celsius ($W/m^{\circ}C$). La conductivité thermique propre à chaque matériau permet de quantifier le pouvoir isolant des parois, c'est-à-dire leur aptitude à s'opposer au passage des calories contenues dans l'air. Plus la conductivité thermique d'un matériau est grande, plus ce matériau sera conducteur et plus la conductivité est faible, plus il sera isolant.

b. La capacité thermique (ρC) :

La capacité thermique d'un matériau désigne son aptitude à stocker de la chaleur. Symbolisée ρC , elle est exprimée en watt heure par mètre cube Kelvin ($Wh/m^3.K$). Plus la capacité thermique d'un matériau est grande, plus la quantité de chaleur à lui apporter pour élever sa température est importante. Autrement dit, plus grande est sa capacité de stockage des calories avant que sa température ne s'élève.

c. La diffusivité thermique (a) :

La diffusivité thermique d'un matériau exprime son aptitude à transmettre rapidement une variation de température. Elle croît avec la conductivité et décroît avec la capacité thermique, elle s'exprime en mètre carré par heure (m^2/h). Plus la diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau : le temps entre le moment où elle atteint l'autre face (déphasage) s'en trouve augmenté.

d. L'effusivité thermique (b) :

À la différence de la diffusivité thermique qui décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau, l'effusivité décrit la rapidité avec laquelle un matériau absorbe les calories. Symbolisée b (quelque fois E_f), elle s'exprime en Watt racine carré d'heure par mètre carré Kelvin ($W.h^{1/2}/m^2.K$). Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe de l'énergie sans se réchauffer notablement. Au contraire, plus elle est faible, plus vite le matériau se réchauffe.

e. La résistance thermique (R) :

La résistance thermique caractérise la capacité d'un matériau à résister au froid et au chaud. La résistance est établie selon l'épaisseur (e) et la conductivité thermique (λ) du matériau. Le rapport entre ces deux facteurs est exprimé en $m^2.K/W$ (Kelvin par Watt). Plus le R est élevé, plus le produit est isolant, l'augmentation de la résistance thermique est possible en augmentant l'épaisseur du matériau ou en utilisant un matériau à faible conductivité thermique.

²⁵ Sophie Trachte, 2012, *Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable*, Presses universitaires de Louvain, 538P.

http://biohabitat.free.fr/dossiers/habitat_ecobio/habitat_bioclimatique/doc/Les_proprietes_des_materiaux.pdf

3.3.2 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
M. Benhouhou Med Naim 2012	L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides	Améliorer la performance énergétique de l'enveloppe des bâtiments par l'emploi du matériau le plus approprié à la région et prouver la performance des techniques passives d'architecture bioclimatique sur le plan du confort thermique et sur le plan environnemental.
Mohd Fadhil Md Hazlini Dzinun M. Ponraj Shreeshivadasan 2012	Investigation of thermal effect on exterior wall surface of building material at urban city area	Décrire l'impact thermique sur les surfaces verticales des bâtiments en fonction de leur comportement thermique.
Monto Mani B. V. Venkatarama Nallaval Chinnaswamy Balaji 2013	Thermal Performance of the Building Walls	analyser la performance thermique des murs du bâtiment attribuée aux propriétés thermiques des matériaux de construction.

Tableau 04 : Références des recommandations pour matériaux.

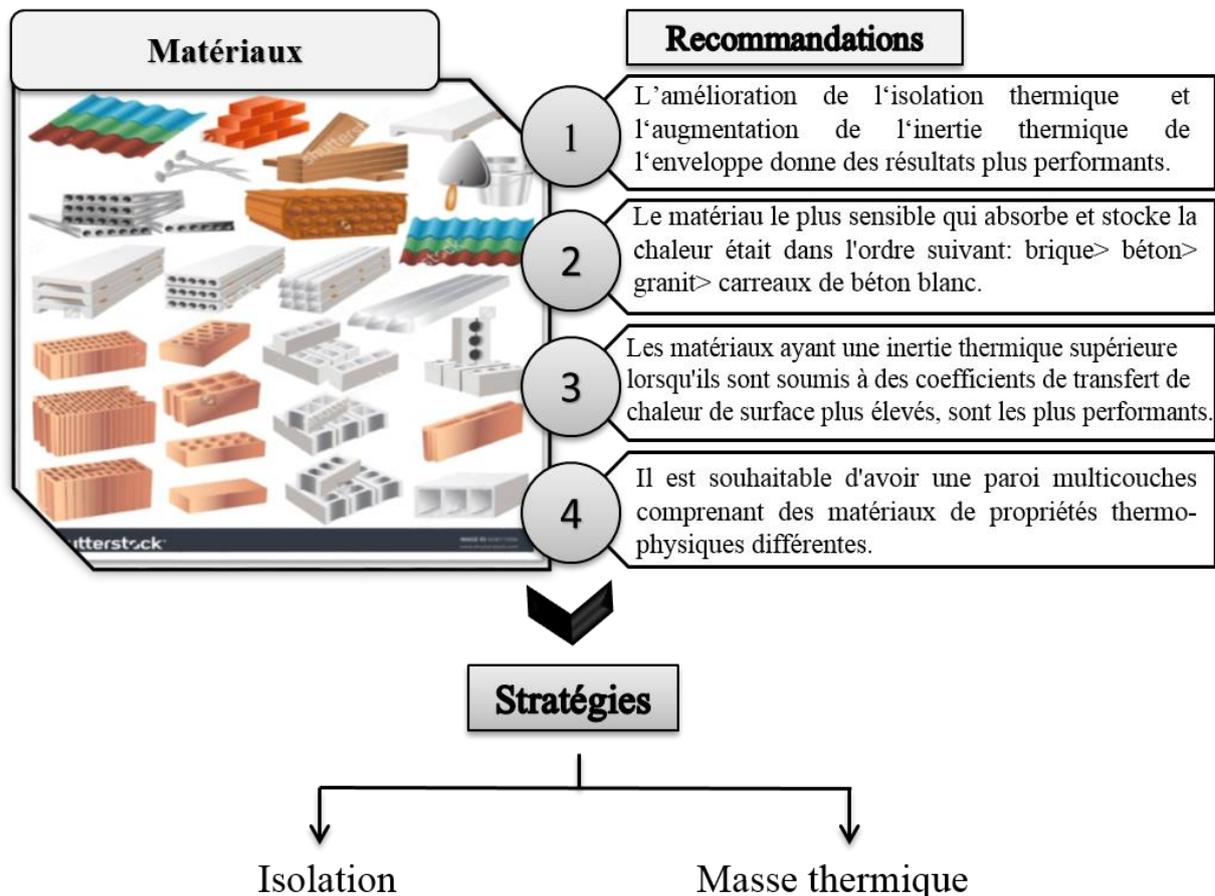


Figure 08 : Synthèse des recommandations pour matériaux (Source : Auteurs)

3.4 L'atrium :

L'atrium est un espace clos ouvert verticalement à plusieurs étages et recouvert au sommet. Les atriums sont généralement utilisés dans les entrées principales, les zones de circulation publique ou comme destinations spéciales dans un bâtiment. La conception d'Atrium implique souvent des puits de lumière et de généreuses surfaces de vitrage qui fournissent une infusion de lumière naturelle qui en font des zones de bâtiment de premier plan bien adaptées pour servir des fonctions cérémonielles et sociales.²⁶

3.4.1 Types d'atrium :

La conception d'un atrium repose généralement sur les conditions climatiques, les expériences architecturales, le niveau attendu de confort thermique et les fonctions de construction.²⁷ Les configurations de l'atrium peuvent être classées en quatre types, y compris centralisé, semi clos, attaché et linéaire. Les différentes formes et orientations ont des performances thermiques sensiblement différentes.²⁸

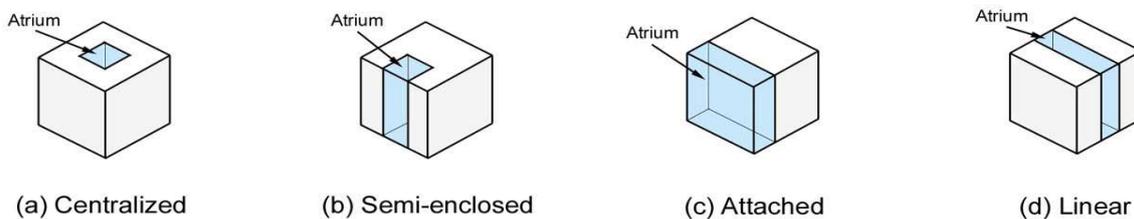


Figure 09: Types des atrium (source : W.Y. Hung, 2003)

3.4.2 Le comportement thermique de l'atrium :

- L'éclairage naturel :** Un atrium peut créer une contribution très significative aux économies d'énergie dans le bâtiment qui le contient en procurant une source importante d'éclairage naturel, parfois profondément à l'intérieur du bâtiment, qui remplace l'éclairage artificiel.
- Chauffage et ventilation :** En période hivernale l'atrium révèle un aspect bioclimatique, jouant le rôle d'un système passif régulant ainsi les variations des températures, grâce au rayonnement solaire qui traverse la couverture vitrée. Pendant la période estivale, l'incorporation de la ventilation naturelle permet une abaissement des températures d'air et par la suite, un rafraîchissement des ambiances interne de sorte qu'elles s'égalisent avec les températures extérieures.

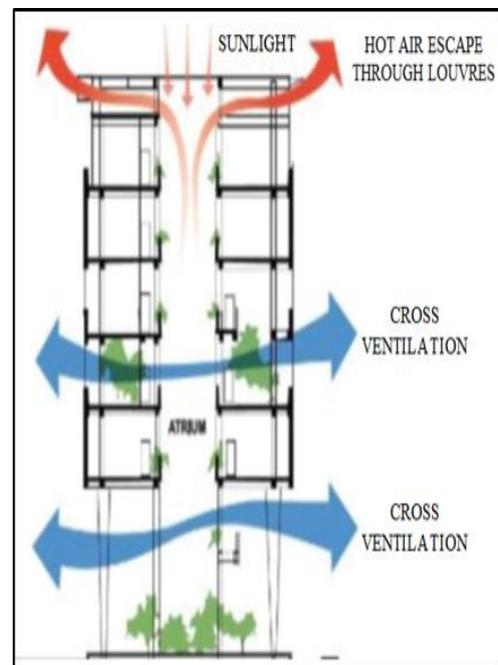


Figure 10 : Système thermique de l'atrium (source : Google image)

²⁶ Aysel Miray Gemi, 2006, AN ESTIMATION APPROACH for THERMAL PERFORMANCE of ATRIUM BUILDINGS, Institute of science and, Istanbul technical university.

²⁷ Hung W, Chow W. A review on architectural aspects of atrium buildings. *Archit Sci Rev* 2001;44:285–95.

²⁸ W.Y. Hung, 2003, *ARCHITECTURAL ASPECTS OF ATRIUM*, International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, volume 5, number 4, Chine.

3.4.3 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
RAHAL Samira 2011	L'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les bâtiments publics	Déterminer le comportement thermiques des espace atriums sous latitude, et valoriser la ventilation naturelle dans ce dernier comme stratégie passive de rafraichissement en été, dans l'optique de contribuer à l'amélioration de la conception des atriums adéquats à notre climat méditerranéen.
Ahmed Qadir Ahmed Mohamed B Gadi 2013	Solar Performance of Courtyard and Atrium Buildings with Different Forms and in Different Latitudes	Etudier les effets de la forme du bâtiment sur l'irradiation solaire reçue par les atriums à différentes latitudes.
Ayse Miray Gemi 2006	An estimation approach for thermal performance of atrium buildings	Analyser la performance thermique des bâtiments à atrium afin de réaliser une conception performante des atriums et de l'incorporer correctement aux bâtiments commerciaux.

Tableau 05 : Références des recommandations pour Atrium.

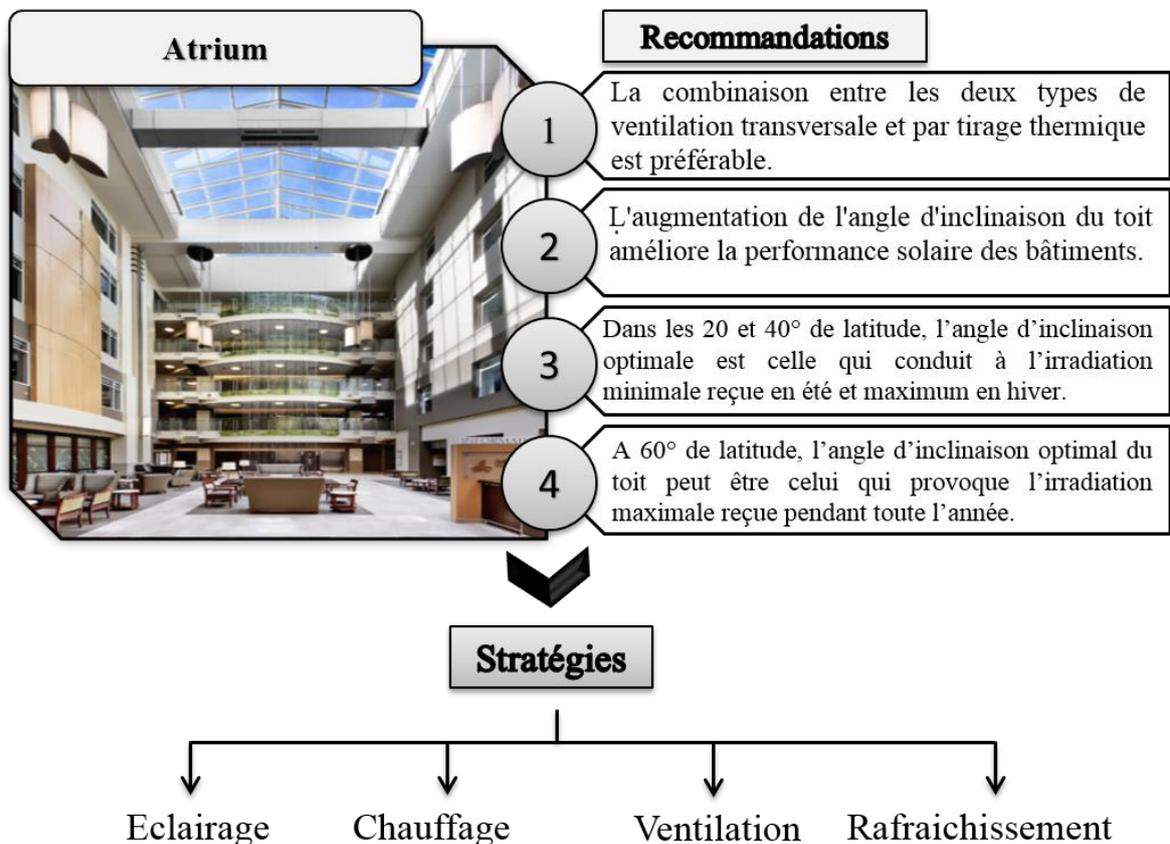


Figure 11 : Synthèse des recommandations pour atrium (Source : Auteurs)

3.5 Le patio

Le patio est un espace de transition définie comme « cour intérieure fermée d'une maison individuelle ; il est en principe de plan carré, et souvent bordé d'une Galerie d'accès aux différents locaux d'habitation ». [DICOBAT, 2008].

Auparavant, le mot patio a été utilisé comme un élément traditionnel en particulier dans la conception des maisons. Récemment, il est considéré comme une stratégie de conception passive pour modérer les conditions climatiques.

Le patio désigne à la fois le centre et le cœur du logement et de la vie familiale, puis il est devenu l'espace à habiter, le puits de vie, l'espace actif, recueillant et intime.²⁹

3.5.1 Le comportement thermique (passif) du Patio :

L'analyse du comportement, du rôle environnemental (ou énergétique) du patio vise à comprendre les effets microclimatiques qui peuvent s'y produire suivant ses proportions et ses configurations propres. En fait, ces connaissances de base sont liées aux phénomènes qui se produisent dans le patio quelle que soit sa forme, ses proportions, sa clôture, son orientation et ses matériaux.³⁰

a. La Ventilation naturelle :

Un des avantages majeurs du patio, pendant les saisons froides, le patio fait augmenter les gains de chaleur solaire directe dans les chambres qui ont une surface vitrée. En outre, la ventilation naturelle pendant les saisons chaudes se fait par le patio, particulièrement dans les climats chauds. Pendant la journée, l'air dans le patio devient plus chaud et remonte et s'évacue à travers les ouvertures. Par conséquent, il permet une bonne circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment adjacent. Pendant la nuit le processus est inversé, l'air frais ambiant circule dans le patio et entre dans les espaces internes à travers les ouvertures du rez-de-chaussée. Cela provoque des flux d'air dans les chambres et l'air refroidi devient chaud, puis il remonte et s'évacue à travers les ouvertures des chambres à l'étage.

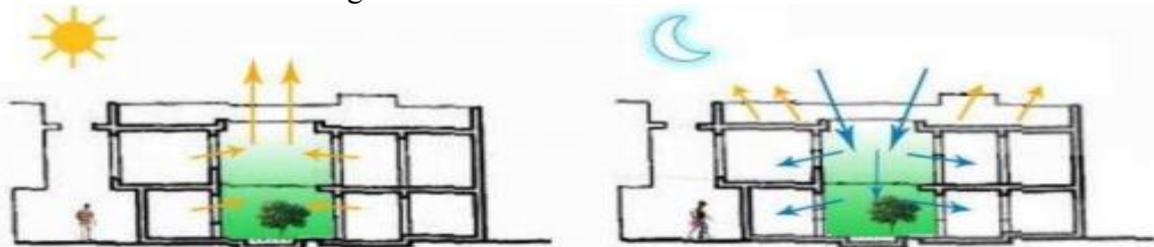


Figure 12 : System thermique passif du Patio (Source : Qadir Ahmed, 2013)

b. Eclairage et ombrage :

Dans des climats divers, le patio est peut être utilisé comme une source d'éclairage le matin, spécialement pour les pièces profondes des maisons. Et pendant l'hiver il sert à protéger le bâtiment des conditions météorologiques tels que les vents [Upadhyay, 2008].

Un patio profond avec n'importe quelle forme géométrique est recommandé pour atteindre un maximum de surfaces ombragées internes durant la période estivale, par contre en hiver, une forme peu profonde semble être avantageuse pour obtenir des zones plus ensoleillées et éclairées. La présence d'un bassin d'eau dans un patio est très importante, parce que l'eau est un élément transparent qui joue un rôle important dans la réflexion de la lumière envers les différentes parties de la maison.

²⁹ BEN AMEUR Okba, 2016, *Etude de l'impact du rafraichissement des fontaines d'eau dans les maisons a patio, cas des zones sahariennes*, Université Khider Mohamed-Biskra.

³⁰ SEMIDOR Catherine, 2012, *Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens. La cour : contribution environnementale et socioculturelle*, L'université Bordeaux.

3.5.2 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
BEN AMEUR Okba 2016	Etude de l'impact du rafraichissement des fontaines d'eau dans les maisons a patio, cas des zones sahariennes	Aborder le potentiel du rafraîchissement par une ressource infinie « l'eau ». Optimiser l'impact de la présence d'eau sur certaines typologies de maisons.
HAYDER Murad Khan 2015	Modelling And Thermal Optimization Of Traditional Housing In A Hot Arid Area	L'optimisation de la conception thermique des maisons à patio dans les zones chaudes et arides.
SEMIDOR Catherine 2012	Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens.	Aborder l'interrelation entre l'espace extérieur et la question de la qualité des ambiances dans l'habitat palestinien (traditionnel et contemporain) à travers deux approches : qualitative et quantitative.

Tableau 06 : Références des recommandations pour patio.

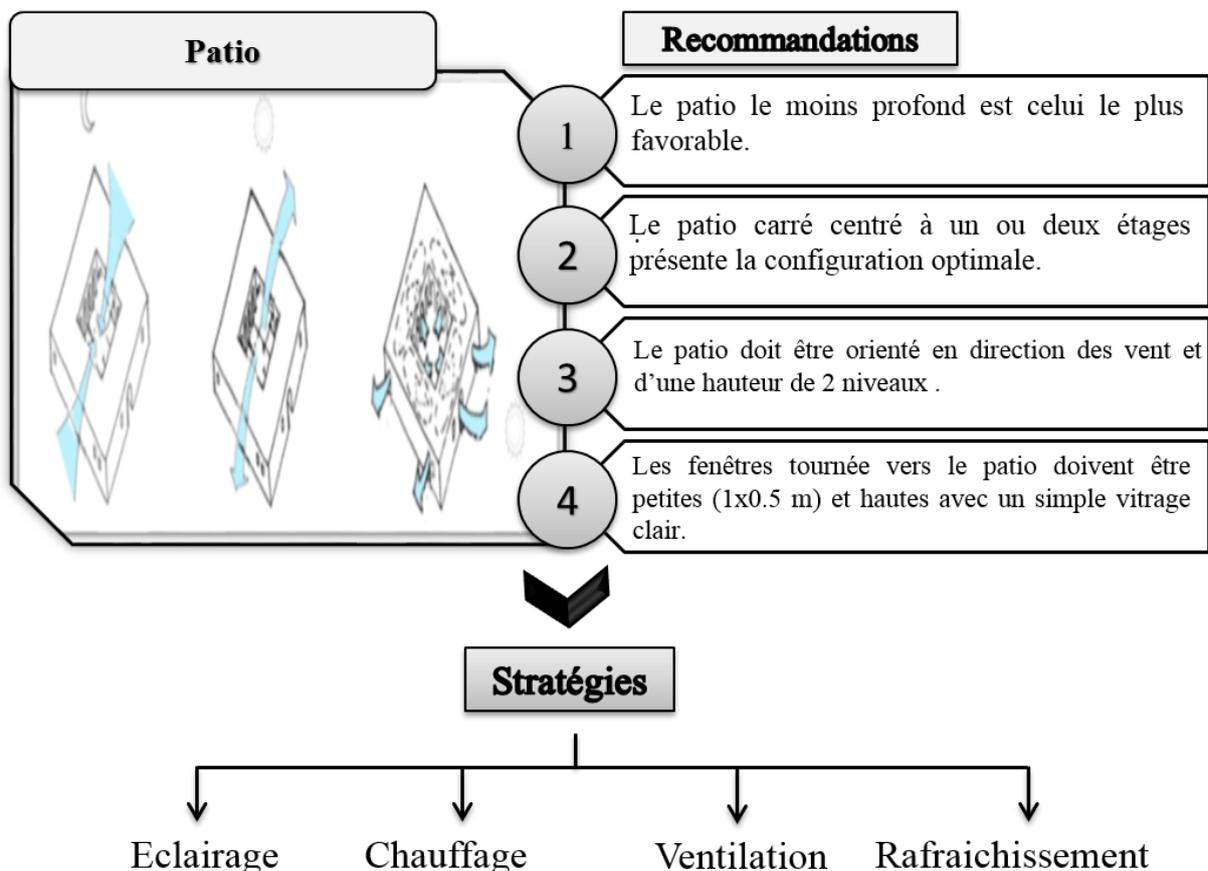


Figure 13 : Synthèse des recommandations pour patio (Source : Auteurs)

3.6 La protection solaire :

On entend par "protection solaire" tout élément qui réduit, temporairement ou continuellement, la pénétration des rayons solaires à travers une baie, par rapport à un vitrage clair. Ainsi, le choix d'un vitrage spécial est une protection solaire au même titre qu'un store ou un auvent.³¹

3.6.1 Typologie des Systèmes de protection solaire :

Les dispositifs de protection solaire peuvent être extérieurs ou intérieurs, saisonnier, fixes ou mobiles et peuvent aussi servir pour l'éclairage naturel, ou comme systèmes d'isolation. Certains dispositifs permettent de remplir tous ces rôles.

Le choix d'une stratégie de protection solaire est déterminé par le site et la localisation du bâtiment, son type, son usage, les conditions climatiques, d'ensoleillement et les autres sources d'éclairage.³²

a. Les protections fixes :

Idéalement intégrées au bâtiment, il peut s'agir d'un débord de toiture, d'une terrasse couverte, d'un auvent, d'un balcon, d'une loggia, de lames horizontales ou verticales...

b. Les protections mobiles :

Ces protections peuvent être situées à l'extérieur, à l'intérieur, ou entre les vitres d'un double ou triple vitrage. Il s'agit des volets, d'un rideau occultant, de stores vénitiens ou enroulables...

c. Les protections végétales :

Les plantations de végétaux sous formes diverses (arbres, alignement d'arbustes, plantes grimpantes...) aux endroits appropriés, permettent d'ombrager les constructions.

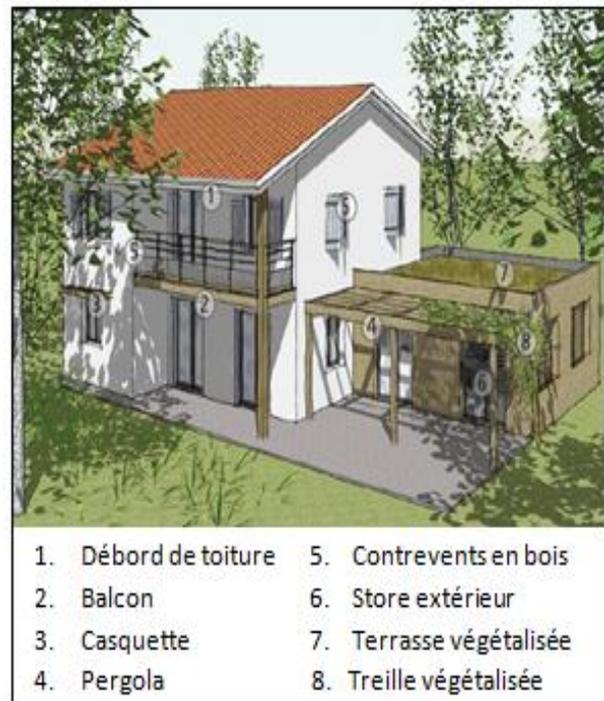


Figure 14 : Dispositifs de protection solaire.
(Source : CAUE de Haute-Garonne ,2010)

3.6.2 Le rôle des protections solaire :

Les bâtiments contemporains à façades largement vitrées sont souvent sujets à la réception d'intenses rayonnements solaires, qui peuvent être souhaitables en période de froid, mais conduisant à des risques d'éblouissement et de surchauffe, en période chaude.

Les dispositifs de protection solaire viennent au secours du confort thermique et visuel en réduisant les surchauffes et les risques d'éblouissement, notamment par affectation de la quantité du rayonnement incident, modification et contrôle des températures intérieures. Les architectes ont mis en œuvre des formes et des objets architecturaux destinés à contrôler l'ensoleillement ; toutefois leur performance est étroitement liée à la géométrie, à l'orientation et à la latitude.³³

³¹[http://app.bruxellesenvironnement.be/alter_clim/\(S\(abievfrwhod1p355qkqspy45\)\)/fichesPDF/IMPACT_protectionsolaire.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/alter_clim/(S(abievfrwhod1p355qkqspy45))/fichesPDF/IMPACT_protectionsolaire.pdf)

³² http://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea_ch2_fr.pdf

³³ A.F.M.E Agence Française pour la Maîtrise de l'énergie, Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur. Edisud.1988. p46

3.6.3 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
Mazari Mohammed 2012	Etude et évaluation su confort thermique des bâtiments à caractères public	Chercher les stratégies de conception à adopter et les dispositifs architecturaux à utiliser pour assurer le confort thermique et réduire les besoins en chauffages et en rafraichissement.
Bellara Samira 2005	Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective.	Exploiter les paramètres du bâtiment dans le but de réduire les consommations énergétiques et assurer des ambiances intérieures confortables.

Tableau 07 : Références des recommandations pour la protection solaire.

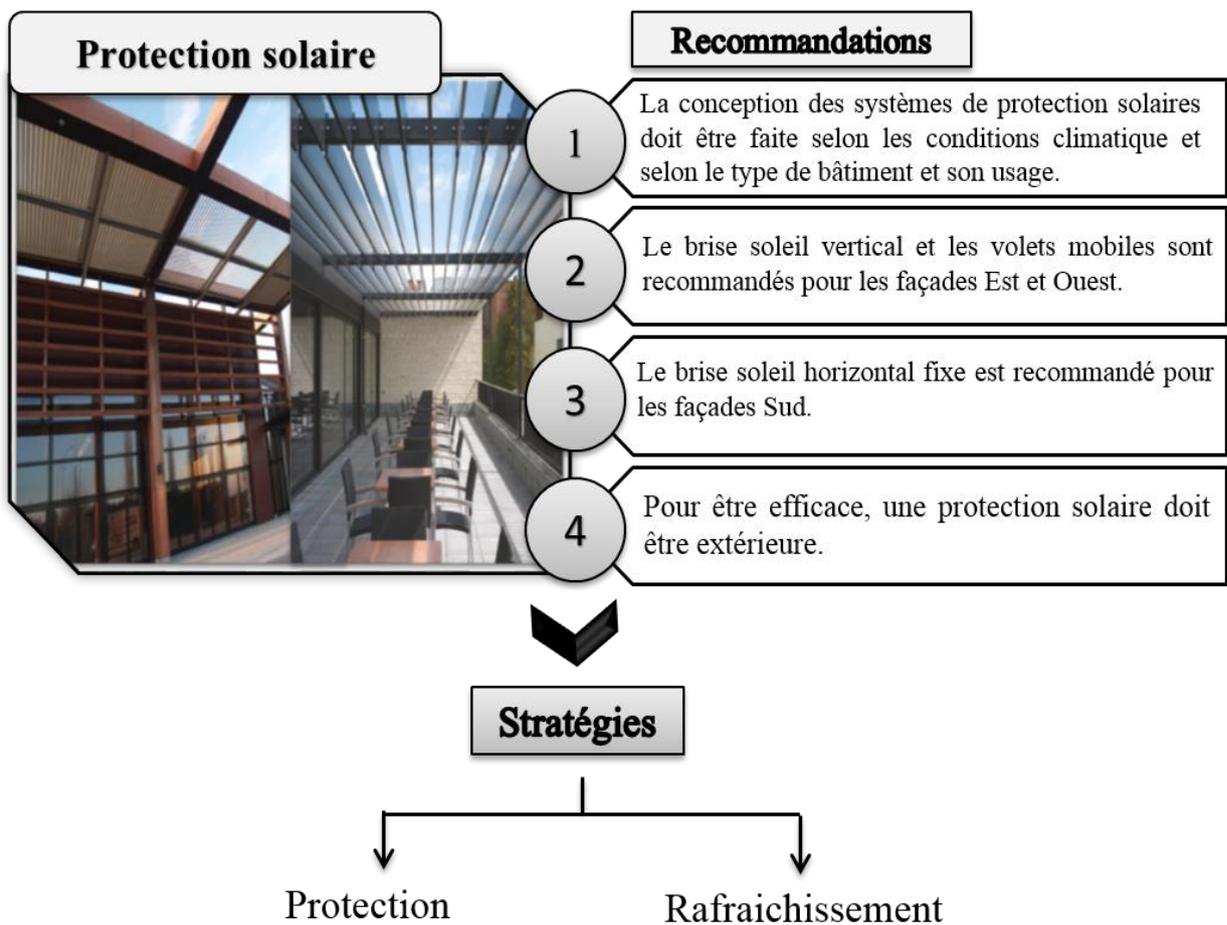


Figure 15 : Synthèse des recommandations pour la protection solaire (Source : Auteurs)

3.7 Forme de toiture :

La toiture est un élément important dans une construction, elle est considérée comme la cinquième façade. Elle est indispensable pour être au chaud et au sec chez soi. Protectrice, étanche, isolante, esthétique, lieu de vie, la toiture à bien a plusieurs fonctions qui garantissent le confort et le bien-être de ses habitants. Pour qu'elle réponde à nos attentes, il est primordial de bien la choisir et de bien préparer sa construction.³⁴

3.7.1 Les éléments d'une toiture :

Les toitures sont généralement composées :

- Une charpente.
- Matériaux d'isolation.
- Un écran de sous-titre pour garantir l'étanchéité.
- Une couverture (tuiles, ardoises...).
- Un système de ventilation.
- Un système d'évacuation de l'eau.
- Ouvertures dans le toit, selon les cas.

3.7.2 Les formes de toiture :

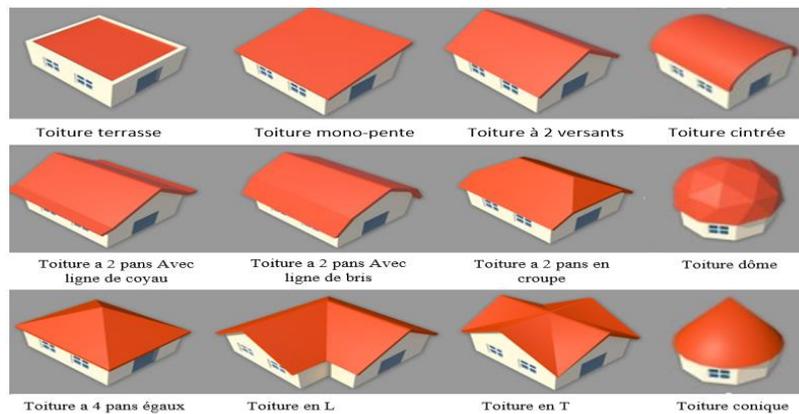


Figure 16 : Types de toiture (source : Google image)

3.7.3 Le rôle de la toiture :

La toiture a pour fonction principale de protéger des intempéries. Elle assure, grâce notamment à ses différents composants, la protection du bâtiment contre : La pluie et la neige grâce à son étanchéité, Le vent grâce aux sous écrans, La chaleur et le froid grâce à l'isolation.³⁵

Une toiture peut récupérer l'énergie du soleil et sa performance thermique exerce une influence importante sur la température ambiante intérieure. Le chauffage solaire a un effet important non seulement sur le toit, mais aussi sur le mur et le plancher, les toits sont chauffés par le rayonnement solaire pendant les heures de la journée, entraînant une température élevée de la zone occupée.³⁶

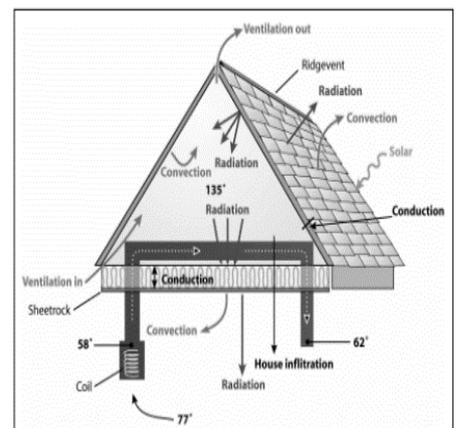


Figure 17 : Rôle de la toiture (source : Google image)

Le toit peut aussi être un formidable atout, pour récupérer l'eau de pluie ! A savoir : 100 m² de toiture, peut couvrir 50 % des besoins en Eau froide Sanitaire.

³⁴ MM. de Royer et Roux, 2012, *Guide de la toiture*, Fine Media, filiale de Solocal Group, Boulogne.

³⁵ <http://www.lamy-expertise.fr/>

³⁶ M.Ponni, R.Baskar, 2014, *Evaluation of the Thermal Performance of Light Roofing Systems*, International Journal of Engineering Science Invention, Annamali University, India.

3.7.4 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
Danny S. Parker Jeffrey K. Sonne John R. Sherwin 2002	Comparative Evaluation of the Impact of Roofing Systems on Residential Cooling Energy Demand in Florida.	Étudier l’impact des divers systèmes de toiture sur la demande électrique de climatisation.
Francisco Toja-Silva Ignacio Cruz 2013	On Roof Geometry for Urban Wind Energy Exploitation in High-Rise Buildings.	Exploration des formes de toits les plus compatibles avec le placement de différents types de petits générateurs éoliens sur les gratte-ciel pour l'exploitation de l'énergie éolienne urbaine et l'influence du bord du toit sur l'écoulement du vent.
M.Ponni R.Baskar 2014	Evaluation of the Thermal Performance of Light Roofing Systems.	La présentation d’une nouvelle conception pour la structure de toiture légère afin d'améliorer l'environnement intérieur.

Tableau 08 : Références des recommandations pour forme de toiture.

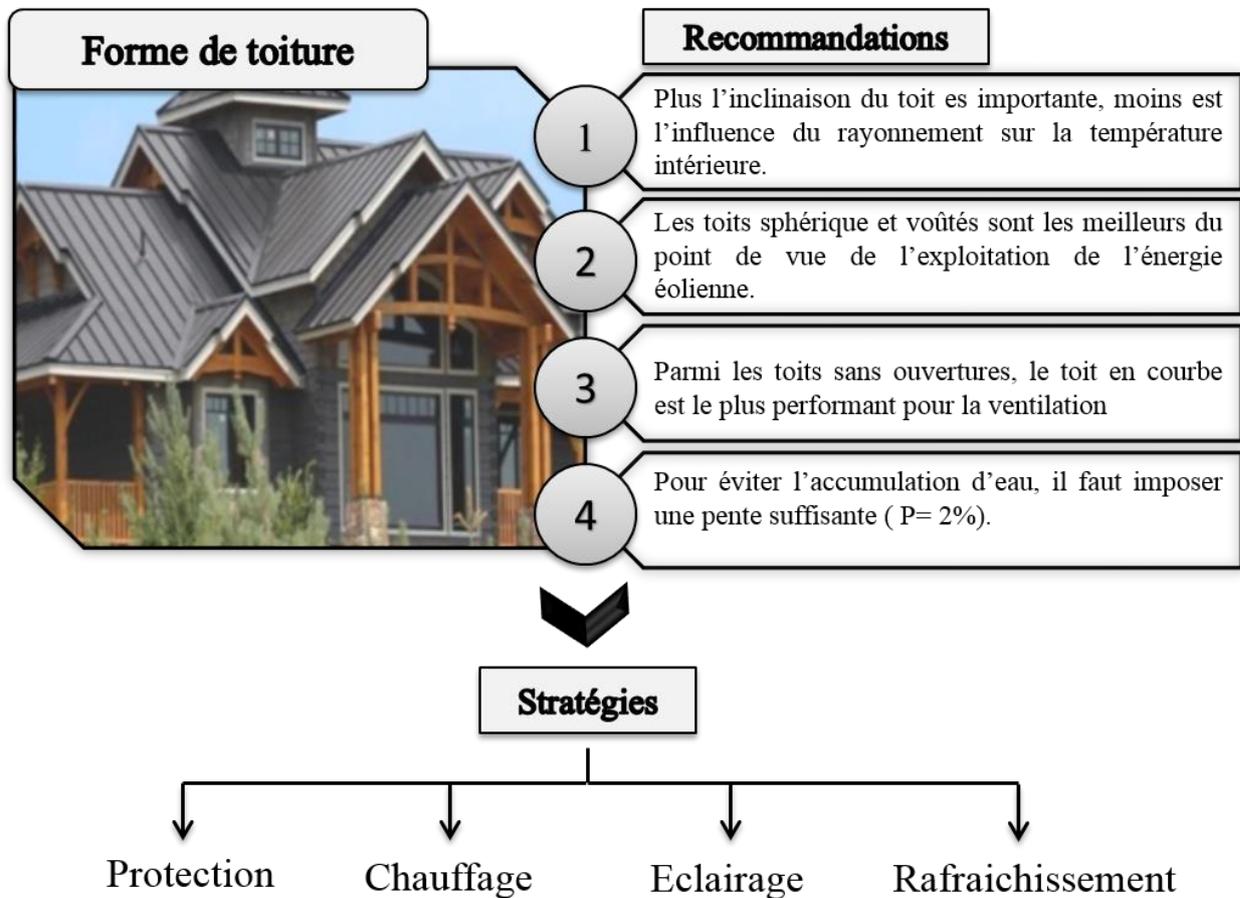


Figure 18 : Synthèse des recommandations pour forme de toiture (Source : Auteurs)

3.8 Toiture Végétale :

L'intégration d'une toiture végétale dans un bâtiment peut avoir des impacts à l'échelle du bâtiment lui-même comme l'augmentation de l'efficacité énergétique du bâtiment ou la prolongation de la vie utile de la membrane d'étanchéité de la toiture, mais aussi à des échelles plus grandes, comme celle d'une ville entière par exemple³⁷.

3.8.1 Composition d'une toiture Végétale :

La toiture végétale consiste en un système d'étanchéité recouvert d'un complexe drainant, composé de matière organique et volcanique, qui accueille un tapis de plantes pré cultivées (sédum, vivaces, graminées...). S'installant aussi bien sur une structure en béton, en acier ou en bois, elle offre une surface vivante qui change d'aspect en fonction des saisons et de la floraison des végétaux.³⁸

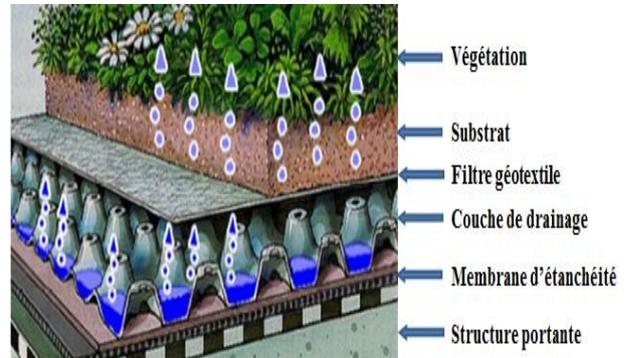


Figure 19 : Composition typique d'un toit végétalisé
(Source : www.ecovegetal.fr)

3.8.2 Type de toiture végétale :

Les toitures végétales sont classifiées en deux types selon l'épaisseur de la couche de substrat :

- a. **Type extensif** : est une technique adaptée particulièrement aux bâtiments de grandes Superficies, toits inclinés ou habitations déjà existantes, pour leur faible épaisseur de substrat (10 à 15 cm environ), sa plantation est limitée aux variétés comprenant du gazon, des sedums et des herbes.
- b. **Type intensif** : appelé aussi jardin suspendu, préconisé pour les petites et moyennes surfaces. L'épaisseur du substrat est plus importante (15 à 30 cm environ), permettant d'accueillir une végétation plus variée à fort développement racinaire et aérien du fait de sa charge importante.³⁹

3.8.3 Le rôle de la toiture végétale :

Les toitures végétales permettent, par la qualité de leur mise en œuvre et par les ombres portées, de renforcer l'isolation thermique de la toiture. Elles contribuent également à diminuer les nuisances sonores, en absorbant une partie des bruits urbains, habituellement réfléchis par les surfaces minérales.

L'ensemble "végétation + substrat" écrête les pointes de surchauffe de la température de surface de la toiture en mi- saison et en été ; elle contribue donc à diminuer les chocs thermiques, et à augmenter la durée de vie de la structure. La végétation crée un microclimat par évapotranspiration, qui permet de rafraîchir localement la température. La mise en œuvre de cette solution sur les toits des villes permettent de diminuer les îlots de chaleur en période estivale. Ce type de toiture favorise également une meilleure gestion des eaux de pluie par une absorption partielle, ce qui permet de ne pas surcharger les réseaux.⁴⁰

³⁷ Sébastien Jacquet, 2011, *Performance énergétique d'une toiture végétale au centre-ville de Montréal*, L'École de technologie supérieure, Montréal, Canada.

³⁸ FACER.J : "The role of 'greening' in commercial property development" *Fourth-year undergraduate project*, UK 2004/2005

³⁹ Benhalilou Karima, 2008, *Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment*, Université de Constantine.

⁴⁰ Les dossiers techniques de l'ALE de l'agglomération lyonnaise, 2008, *LATOITURE VÉGÉTALISÉE*, France.

3.8.4 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
Elmira Jalali Saeid 2011	Effect of Green Roof in Thermal Performance of the Building An Environmental Assessment in Hot and Humid Climate	Evaluation des impacts environnementaux du toit vert sur la performance thermique du bâtiment résidentiel dans le climat chaud et humide de Dubaï, aux Emirats Arabes Unis.
M.ABDERREZAK ADJIEL 2010	Evaluation De L'efficacité De Rafraîchissement Passif D'une Toiture Végétale Sous Un Climat Semi-Aride «Cas d'une terrasse à végétation extensive à Constantine»	La compréhension de l'apport du végétal quant au confort thermique intérieur, la maîtrise des concepts de végétalisation des toits en particulier le procédé extensif, et la vérification de la capacité de rafraîchissement intérieur procurée par ces toits.
DJEDJIG Rabah 2013	Impacts des enveloppes végétales à l'interface bâtiment microclimat urbain	La modélisation et l'expérimentation de toitures et de façades végétales en vue de l'évaluation de leurs impacts hygrothermiques sur les bâtiments et sur les microclimats urbains.

Tableau 09 : Références des recommandations pour toiture végétale.



Figure 20 : Synthèse des recommandations pour toiture végétale (Source : Auteurs)

3.9 L'orientation :

L'orientation d'un bâtiment est la direction vers laquelle sont tournées ses façades C'est-à-dire la direction perpendiculaire à l'axe des blocs⁴¹.

L'orientation se rapporte à l'angle d'azimut d'une surface à Nord vrai relatif. La direction générale dans laquelle une surface fait face. Tandis que l'orientation réelle est habituellement donnée en degrés du nord (à partir de l'orientation nord), elles peuvent également être données en général des directions telles que (N) du Nord, (S) du Sud, (E) du Est, (O) de L'Ouest...

3.9.1 Choix de l'orientation :

Le choix de l'orientation d'après GIVONI. B (1980) est soumis à de nombreuses considérations, telles que :

- La vue
- La position par rapport aux voies
- La topographie du site
- La position des sources des nuisances et la nature du climat (facteurs climatiques ; Les radiations solaires et le vent).

3.9.2 Le rôle de l'orientation : Une bonne orientation permet de :

- ✓ Couvrir les besoins en lumière naturelle pour assurer un confort visuel.
- ✓ Optimiser l'utilisation des rayons solaires pour chauffer en hiver tout en assurant une protection contre les surchauffes en été.
- ✓ Se protéger contre la présence de vents dominants froids d'hiver.⁴²

3.9.3 Orientation des ouvertures et exposition des façades :

a. **Exposition nord :** En climat tempéré, on minimisera les ouvertures côté nord pour la façade principale car elle est très défavorable en hiver et en demi-saison où les rayons du soleil sont recherchés pour chauffer. Par contre, en climat chaud, elle est très intéressante.

b. **Exposition est et ouest :** pour ces orientations, le soleil est bas. La direction de ses rayons de rapproche de l'horizontale. L'exposition des ouvertures à ces deux directions rend leur protection difficile. L'ouest est l'exposition la plus défavorable.

c. **Exposition sud :** C'est la plus intéressante du point de vue bioclimatique parce qu'elle est plus facile à maîtriser : l'ensoleillement d'hiver est maximal et l'ensoleillement d'été minimum, il est facile de s'en protéger moyennant un simple masque horizontal.

d. **Toiture, la cinquième façade :** comme c'est la partie la plus exposé en été, il est recommandé, pour éviter les surchauffes, d'orienter les prises de jour de façon à éviter autant que possible les pénétrations solaires directes.⁴³

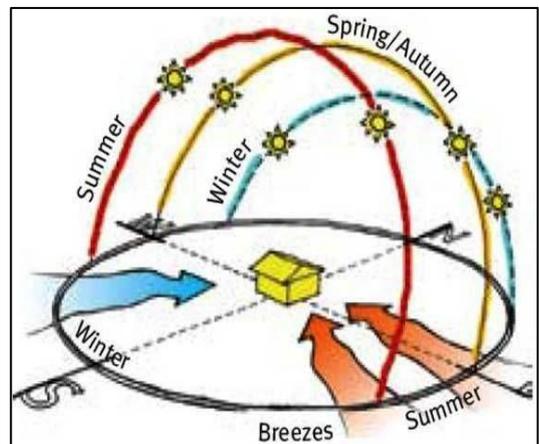


Figure 21 : Orientation et trajectoire du soleil (source : Google image)

41 GIVONI.B – L'homme, L'architecture Et Le Climat- édition le moniteur. Paris, 1978. page244.

42 Bellara Samira, 2005, Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective, Université Mentouri, Constantine.

43 Khalef Naima, 2012, Etude du patrimoine architectural de la période ottomane entre valeurs et confort, Université Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou.

3.9.4 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
Bellara Samira 2005	Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective.	Tester le comportement thermique d'un bâtiment collectif contemporain situé à la nouvelle ville Ali Mendjli de Constantine vis-à-vis les conditions climatiques extérieures. Cela concerne l'étude de l'impact de l'orientation sur la température intérieure de l'habitat collectif.
Marcelino Januário Rodriguês 2010	Influence of Solar Shading and Orientation on Indoor Climate	Décrire et d'analyser l'influence des orientations du bâtiment et de l'ombrage solaire sur le confort thermique.

Tableau 10 : Références des recommandations pour orientation.

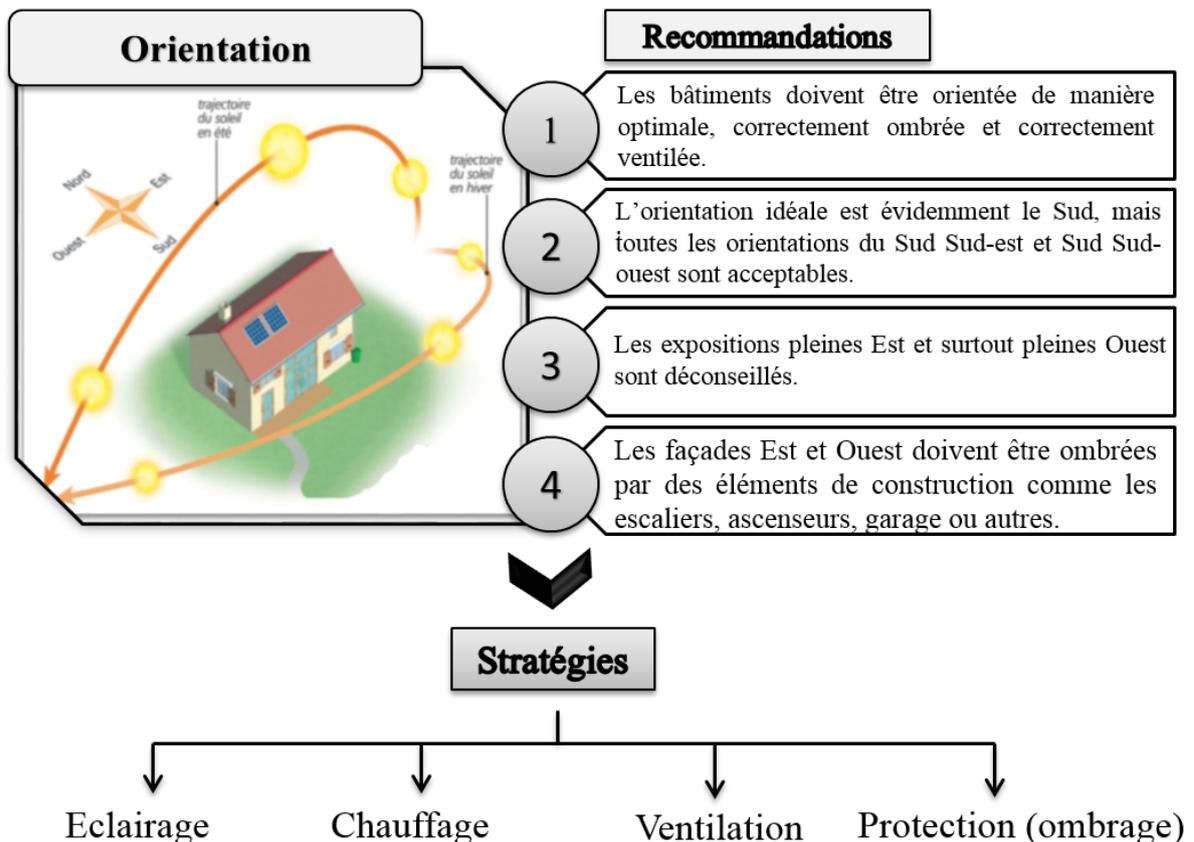


Figure 22 : Synthèse des recommandations pour l'orientation(Source : Auteurs)

3.10 La végétation :

La présence de la végétation sous toutes ses formes (arbres, arbustes et espèces herbacées, arbres isolés, en bosquets ou en boisés) en milieu urbain constitue un élément important qui nous assure un contact avec les variables naturelles de l'écosystème. La végétation joue un rôle important dans le topo climat des villes et le microclimat des bâtiments. Elle peut également apporter une contribution significative aux conditions climatiques, sans oublier son influence sur la qualité de l'air et sur l'environnement thermique et sonore des bâtiments.⁴⁴

3.10.1 Le choix de la végétation :

Les végétaux doivent être choisis en fonction des critères d'adaptation au terrain du point de vue climatique (exposition au vent, au soleil, au gel et humidité du terrain), géologique (structure et qualité nutritive du sol) et notamment le rythme d'évolution de la plante (feuillage) en phase avec les saisons.⁴⁵

Le type et le détail des plantes autour d'un bâtiment ou dans un espace public peuvent affecter son exposition au soleil et au vent, ses conditions de confort et l'usage d'énergie pour chauffer en hiver et principalement pour refroidir en été.

La végétation peut se trouver sous différentes formes : pelouses, prairies, haies, arbres, et plantes grimpantes.

3.10.2 Le rôle de la végétation sur le bâtiment :

La végétation joue un rôle protecteur sur les constructions environnantes. Haies et rangées d'arbres protègent le bâtiment du vent et de l'excès d'ensoleillement en été. Si les espèces sont à feuilles caduques, l'ombrage qu'elles offriront en été se réduira en hiver pour laisser entrer les rayons du soleil. A cet égard, il est préférable de choisir une espèce à large feuille, faisant peu de bois, pour maximiser l'ombrage en été et minimiser le blocage du soleil en hiver. Il ne faut pas oublier que, même dépourvus de leurs feuilles, les arbres réduisent l'insolation effective de 20 à 40%.

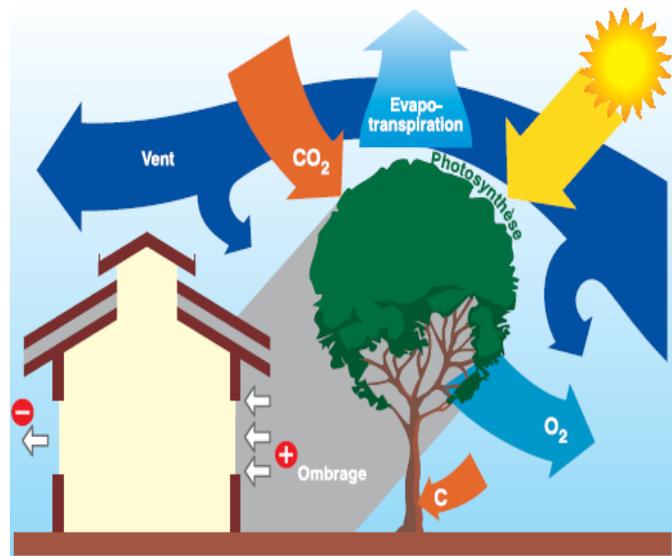


Figure 23 : Les différents effets de la végétation
(source : Alain Liébard, André De Herde, 2005)

La végétation grimpante contribue également à réduire les pertes par convection au droit de l'enveloppe du bâtiment et améliore son comportement énergétique. La vapeur d'eau émise par évapotranspiration des feuillages permet de rafraîchir l'air ambiant. Par ailleurs, la végétation filtre la lumière naturelle. En effet, la lumière diffuse assurée par une couverture végétale atténue les effets de réverbérations ou d'éblouissement dus à la présence d'ombre et de soleil.⁴⁶

⁴⁴ BALLOUT AMOR, 2010 , *Le Rôle De La Végétation Et L'eau Dans La Creation D'un Microclimat Urbain « Cas De La Place De Ain El Fouara A Setif»*, Université Mentouri de Constantine.

⁴⁵ AFME Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie : « Conception thermique de l'habitat guide pour la région Provence-Alpes- Côte d'Azur -> Edition EDISUD, Décembre 1988. p 44.

⁴⁶ Alain Liébard, André De Herde, 2005, TRAITER D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUES, Observ'ER 368 P.

3.10.3 Recommandations théoriques :

Auteur Année	Titre	Objectif
Koukia Dimitra 2012	The influence of the surrounding environment on the building's energy performance	Fournir un aperçu des paramètres tel que la végétation et leur influence sur la demande d'énergie, et le confort thermique du bâtiment.
Alamah Misni 2012	The effects of surrounding vegetation, building construction and human factors on the thermal performance of housing in a tropical	Examiner et quantifier la relation entre la végétation, et la performance thermique des logements dans un climat chaud-humide.
Laurent Malys, Marjorie Musy, Christian Inard 2015	Direct and Indirect Impacts of Vegetation on Building Comfort	Comparer les impacts de diverses «stratégies d'écologisation» sur la consommation d'énergie estivale des bâtiments et le confort intérieur.

Tableau 11 : Références des recommandations la végétation.



Figure 24 : Synthèse des recommandations pour la végétation (Source : Auteurs)

3.11 Synthèse :

On présente ci-dessous un schéma récapitulatif des différents dispositifs étudiés influents sur chacune des stratégies bioclimatiques.

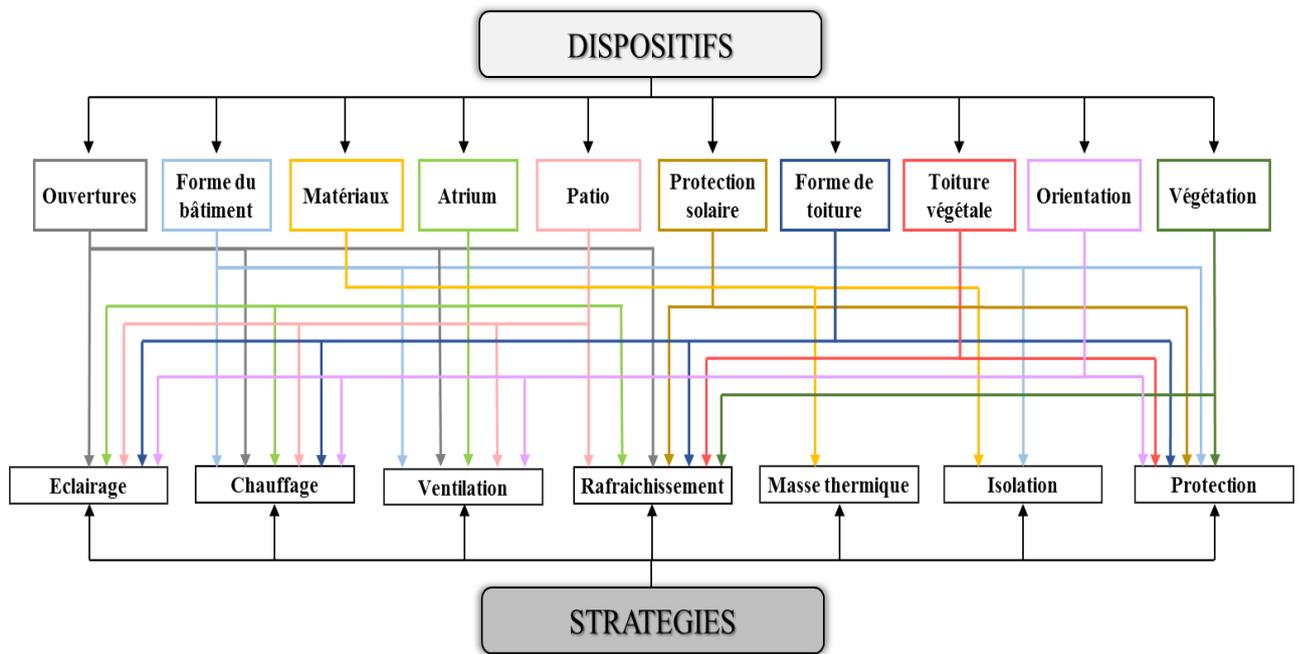


Figure 25 : Schéma récapitulatif de l'impact des dispositifs architecturaux sur les différentes stratégies bioclimatiques (Source : Auteurs)

4 Dispositif architecturaux et consommation énergétique :

Comme il a été mis en évidence précédemment, les dispositifs et les aspects architecturaux ont un grand impact sur le comportement thermique du bâtiment. Afin d'évaluer leurs influence sur la consommation énergétique, une étude sera réalisée en utilisant un logiciel de simulation nommé « ECOTECT ANALYSIS ». Cette méthode d'évaluation sera appliquée sur un archétype situé à Alger en agissant sur des différents paramètres qui sont liés à l'enveloppe, à la forme et à l'environnement de ce modèle, sachant que l'évaluation de chaque paramètre comporte plusieurs variantes.

4.1 Les paramètres d'entrée :

1. **Les dimensions :** L'archétype choisie est de dimensions 4*4*4 m.
2. **L'orientation :** Plein sud.
3. **Le taux de vitrage :** Il est fixé à 10%.
4. **Le type de vitrage :** Vitrage simple, $U=3w/m^2.k$.
5. **Les parois :**

Composition	Epaisseur	λ	U
Enduit extérieur	2 cm	0.80	1.29w/m ² .k
Brique creuse	15 cm	0.71	
Lame d'air	5 cm	5.56	
Brique creuse	10 cm	0.71	
Enduit plâtre	2 cm	0.52	

Tableau 12 : Composition du mur.

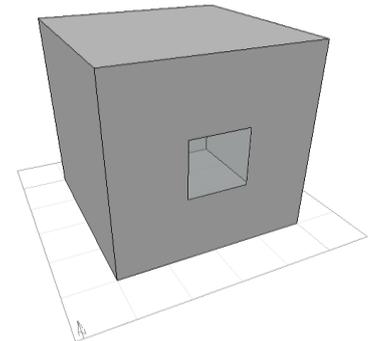


Figure 26: L'archétype choisie (source : auteurs)

4.2 Les simulations :

4.2.1 Orientation : L'Orientation de la façade vitrée est varié par un pas de 45° ce qui totalise 8 simulations.

Nord 0°	Sud 180°
Nord-Est 45°	Sud-Ouest 225°
Est 90°	Ouest 270°
Sud-Est 135°	Nord-Ouest 315°

Tableau 13 : Protocole de simulation de l'orientation.

Résultat : les résultats obtenus de ces simulations montrent que la meilleure orientation pour le site considéré est le plein sud avec un potentiel de réduction de 7% des besoins énergétiques annuelles. On analysant séparément ces besoins, on obtient en hiver l'orientation sud avec un potentiel de réduction de 6% et l'orientation nord en été avec un potentiel de réduction de 8%.

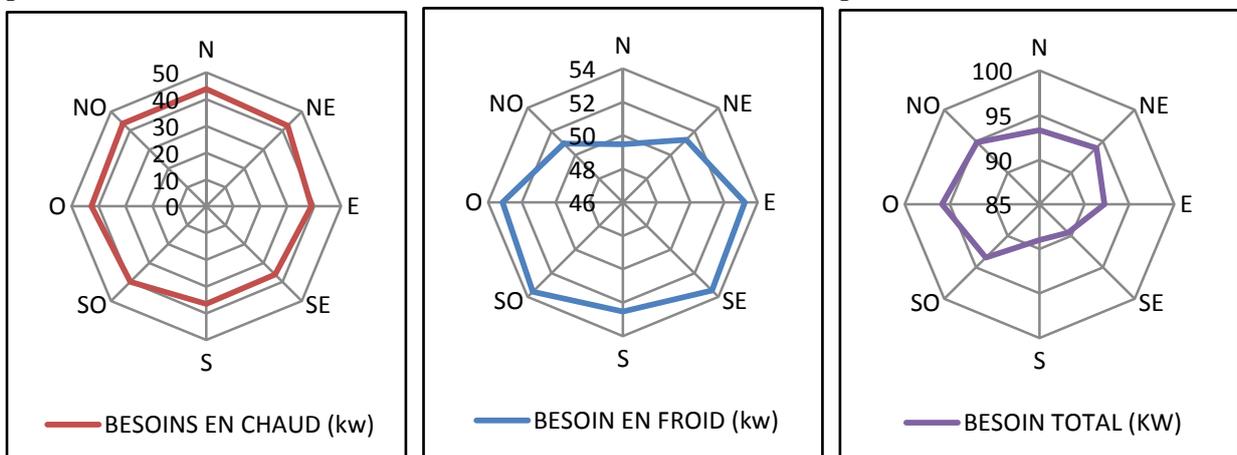


Figure 27 : Taux de consommation d'énergie par rapport à l'orientation. (Source : Auteurs)

4.2.2 Taux de vitrage : C'est le pourcentage de la surface vitrée par rapport à la surface total de la façade. Il est varié par un pas de 10% jusqu'à atteindre les 100% de vitrage, ce qui totalise 10 simulations.

10% = 1.6 m ²	60% = 09.6 m ²
20% = 3.2 m ²	70% = 11.2 m ²
30% = 4.8 m ²	80% = 12.8 m ²
40% = 6.4 m ²	90% = 14.4 m ²
50% = 08 m ²	100% = 16 m ²

Tableau 14 : Protocole de simulation du taux de vitrage.

Résultat : D'après les simulations, le taux de vitrage de 10% est recommandé pour minimiser la consommation d'énergie jusqu'à 64%. On constate que l'augmentation du taux de vitrage entraine celle des besoins thermiques et par conséquent la consommation énergétique.

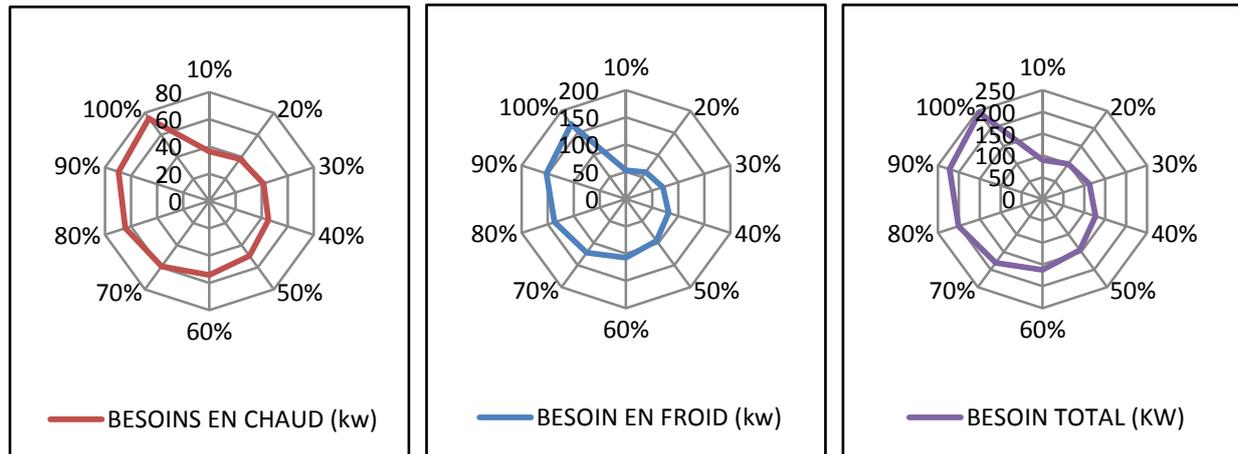


Figure 28 : Taux de consommation d'énergie par rapport au taux de vitrage. (Source : Auteurs)

4.2.3 Type de vitrage : Les variations du type de vitrage sont faites par rapport aux couches du vitre (simple, double, triple) et au coefficient de transmission U qui varie selon chaque type, on a 9 simulations.

Résultat : Les résultats montrent que le triple vitrage est le plus performant avec un potentiel de réduction de 10% et ceci est dû à sa faible émissivité. On remarque que le double vitrage avec un Ug=1 W/m²xK réduit la consommation avec le même potentiel de réduction que le triple vitrage.

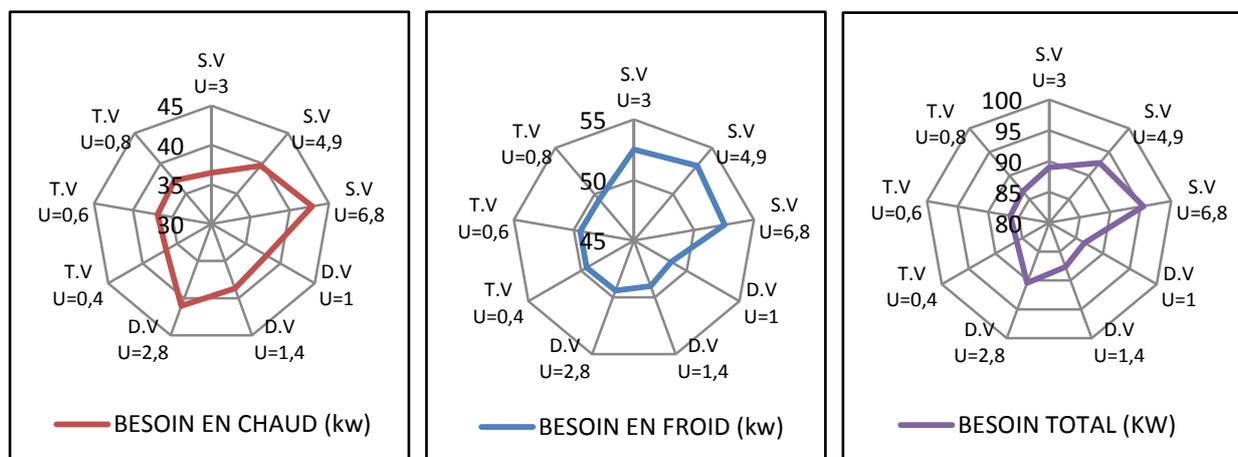


Figure 29 : Taux de consommation d'énergie par rapport au types de vitrage. (Source : Auteurs)

4.2.4 Protection solaire :

On utilise un brise soleil et on varie sa profondeur par rapport la hauteur de l'ouverture de 12.5% jusqu' à 100% avec un intervalle de 12,5%. Ce qui totalise 8 simulations.

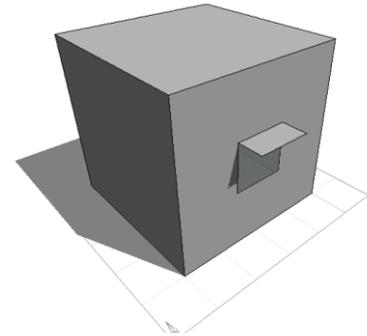


Figure 30 : L'archétype de la protection solaire (source : auteurs)

12.5% = 0.15 m	62.5% = 0.75 m
25% = 0.3 m	75% = 0.9 m
37.5% = 0.45 m	87.5% = 1.05m
50% = 0.6 m	100% = 1.2 m

Tableau 15 : Protocole de simulation de la protection solaire.

Résultat : Comme indiquer ci-dessous, L'installation de la protection solaire en hiver augmente la consommation énergétique proportionnellement à ses dimensions (de 0.7 à 3% quand les dimensions varient entre 0.15 et 1.2m). Cependant en été, elle réduit la consommation de 1.5% quand sa profondeur est égale à la longueur de la fenêtre. La phase finale nous donne un résultat qui n'est pas exploitable puisque la consommation annuelle augmente.

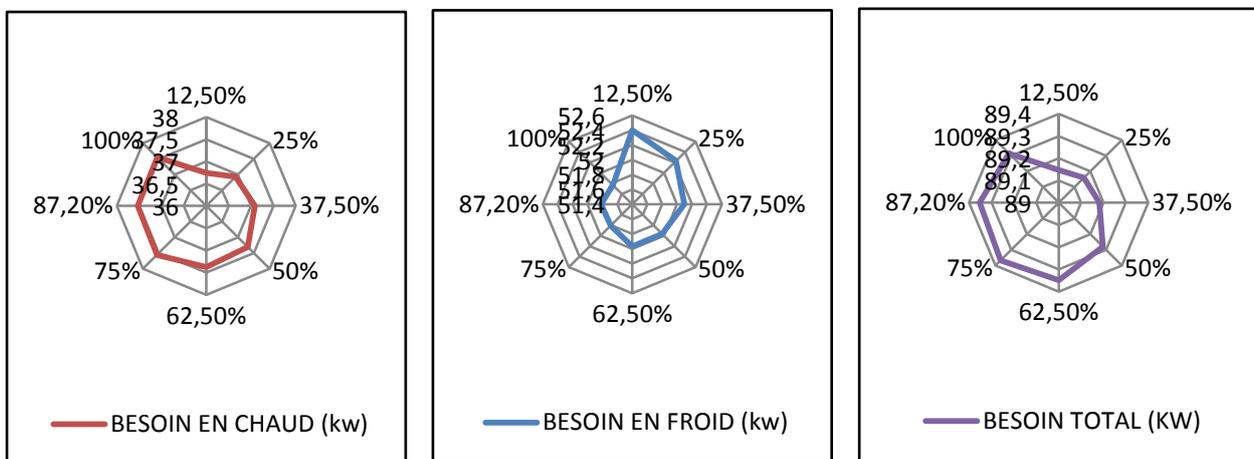


Figure 31 : Taux de consommation d'énergie par rapport a la protection solaire. (Source : Auteurs)

4.2.5 L'isolation : On utilise le polystyrène expansé sur toute l'enveloppe, d'une épaisseur fixe à 2,5 cm pour la toiture, et une épaisseur qui varie entre 2,5 cm et 10 cm avec un intervalle de 2,5 cm pour les parois. On a donc 4 simulations.

Résultat : L'augmentation de l'épaisseur de l'isolant jusqu'à 10cm réduit 40% des besoins en chaud, 61% des besoins en froid et 53% de la consommation énergétique annuelle.

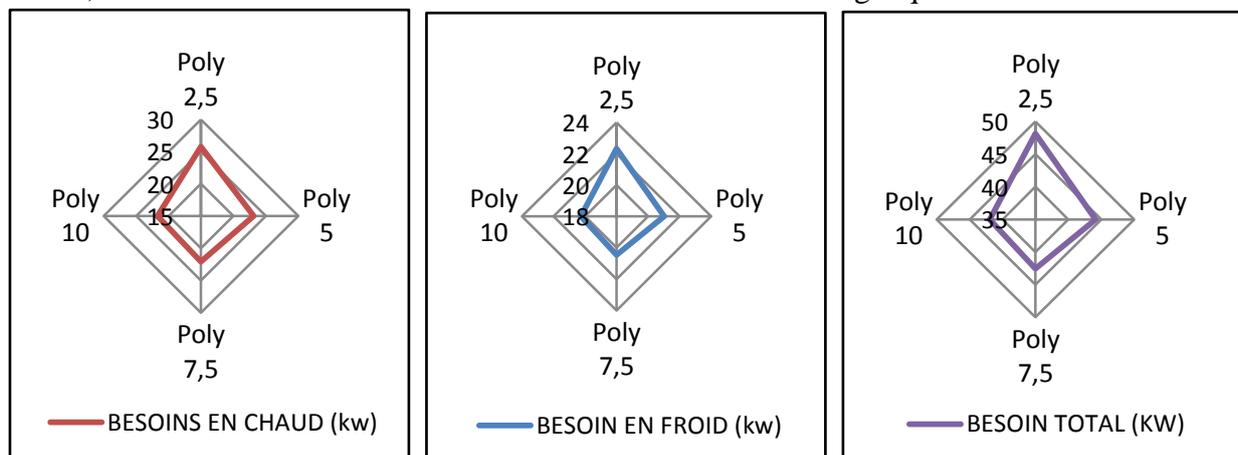


Figure 32 : Taux de consommation d'énergie par rapport à l'isolation. (Source : Auteurs)

4.2.6 Les matériaux : une simulation sera établit sur différent matériaux (avec la même épaisseur) qui sont: la brique , le béton , la terre et la pierre. Donc on a 4 simulations.

Résultat : le matériau recommandé selon les simulations effectuées est la brique qui minimise les besoins thermique annuels, avec un potentiel de réduction de 41%.

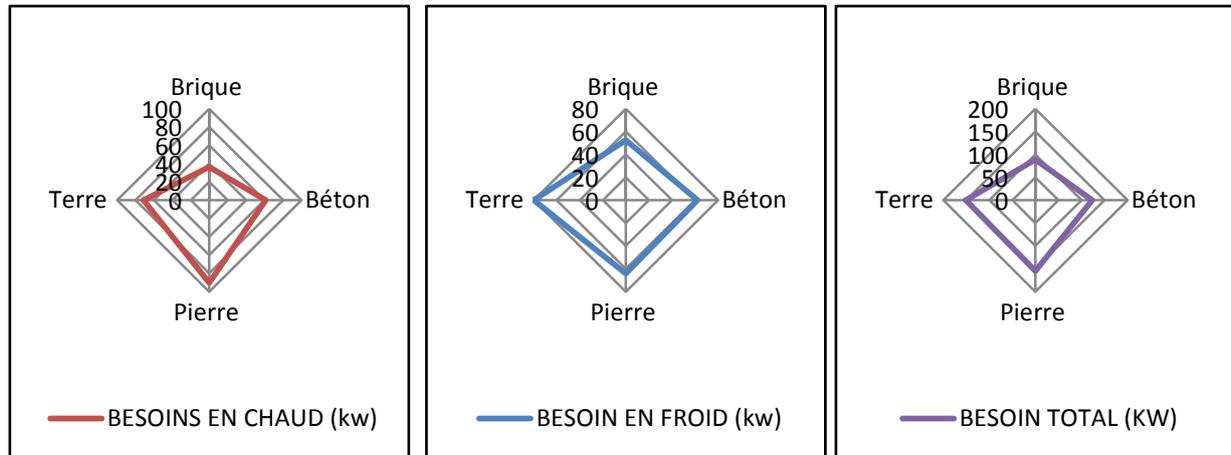


Figure 33 : Taux de consommation d'énergie par rapport au materiau utilisé. (Source : Auteurs)

4.2.7 Patio :

Dans ce cas, on change les dimensions de notre archétype par les valeurs suivantes : 4*16*16, avec un patio de 64 m³. Les variations sont faite par rapport à la forme et à l'orientation du patio :

- Un patio carrée
- Un patio rectangle de 2*4*8m allongé sur l'axe E/O
- Un patio rectangle de 2*4*8m allongé sur l'axe N/S

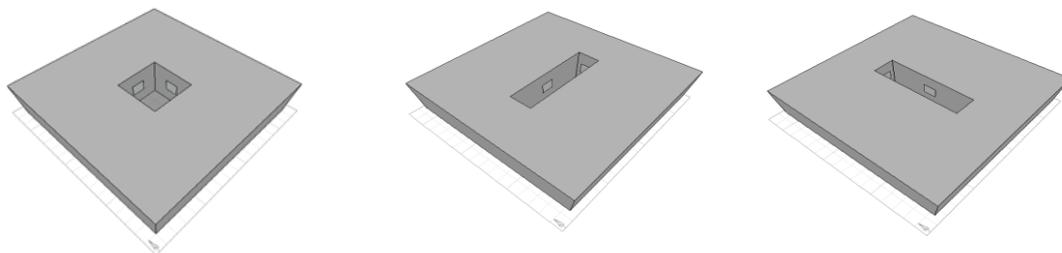


Figure 34 : Protocole de simulation (source : auteurs)

Résultat : Les résultats montrent que le patio carré (4mx4m) réduit les besoins énergétiques en hiver de 3% cependant, le patio de forme rectangulaire (8mx2m) allongé sur l'axe E/O est le plus performant car il réduit 2% de la consommation en été et 1.3% de la consommation annuelle.

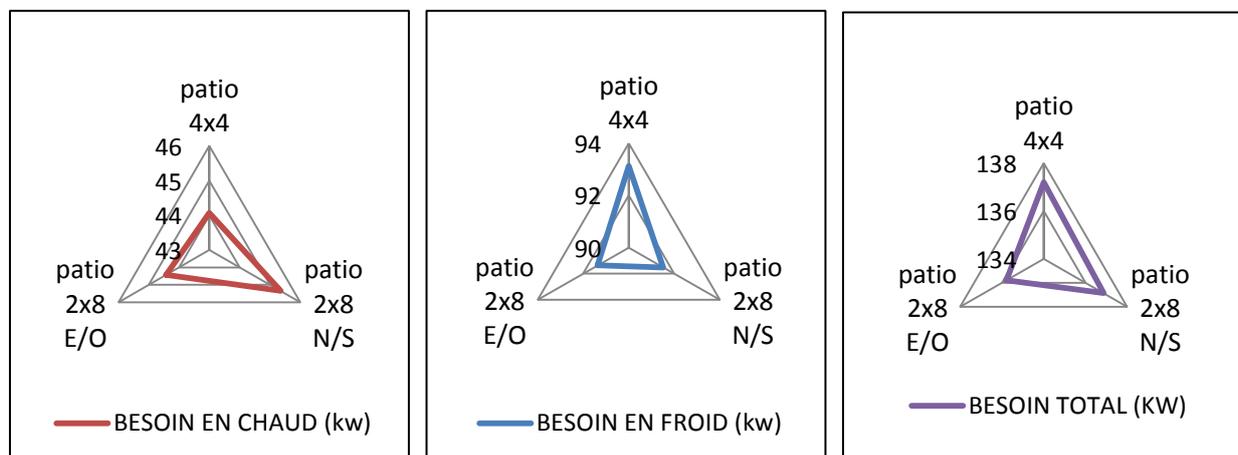


Figure 35 : Taux de consommation d'énergie par rapport au patio. (Source : Auteurs)

4.2.8 Coefficient de forme :

Une simulation sera établie avec différente valeur de compacité dont $Cf = S/V^{(2/3)}$, en fixant la hauteur à 4m et l'arrête du volume est variable de 4m à 40m, on a donc 5 simulations.

Cf = 01 (4x4x4)
Cf = 1.16 (5x5x4)
Cf = 1.84 (10x10x4)
Cf = 2.92 (20x20x4)
Cf = 4.64 (40x40x4)

Tableau 16 : Protocole de de simulation pour Cf.

Résultat : D’après les résultats ci-dessous, on remarque que plus la valeur de Cf est grande, moins est la compacité du bâtiment ce qui entraine une augmentation des besoins énergétique, on peut conclure alors que l’augmentation de la compacité du bâtiment induit une réduction de 17% de la consommation annuelle.

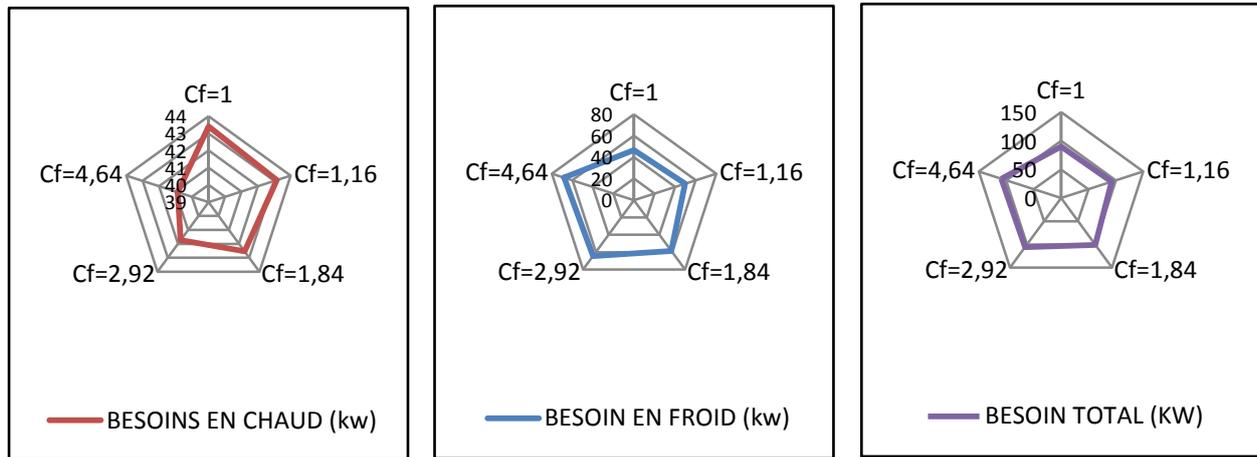


Figure 36 : Taux de consommation d'énergie par rapport au Cf. (Source : Auteurs)

Synthèse :

Les résultats obtenus de chaque simulation nous ont permis d’élaborer des conclusions sur les variations des dispositifs architecturaux qui conviennent le mieux au climat choisis, et d’identifier ceux qui influent le plus sur le comportement thermique du bâtiment.

En terme de ces études, on constate que les indicateurs prédominants sont, les ouvertures avec un taux de 64%, suivi par l’isolation avec 53% ainsi que les matériaux avec 41%, sans négligé l’importance du type de vitrage et du coefficient de forme qui aident à l’optimisation de la performance énergétique du bâtiment.

On présente ci-dessous un classement des dispositifs architecturaux selon leurs potentiels de réduction de la consommation d’énergie annuelle.

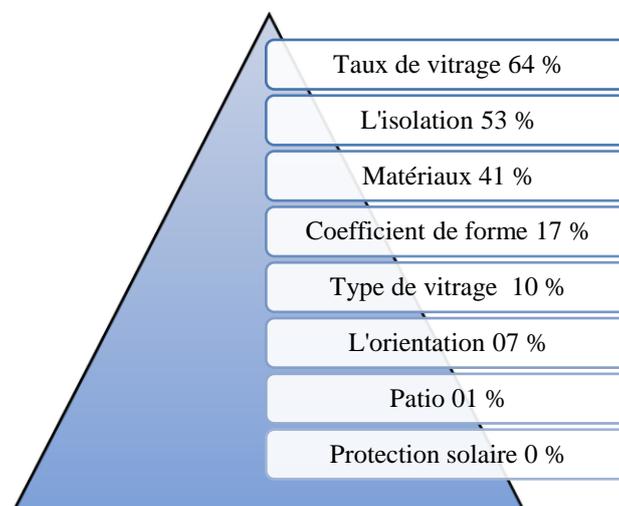


Figure 37 : Classement des dispositifs architecturaux (Source : Auteurs)

5 Recherche thématique

5.1 Introduction :

La construction d'immeubles de grande hauteur (IGH) est un projet urbain d'actualité dans de nombreuses villes confrontées aux problématiques de la densification. Fort des expériences passées, un certain nombre de projets se tournent aujourd'hui vers le concept de tours multifonctionnelles mieux ancrées territorialement et mêlant bureaux, habitation, commerces et parfois espaces publics. La mixité d'usages est aujourd'hui considérée comme un principe essentiel à la conception de formes urbaines plus durables. Elle encourage les déplacements actifs, garantit la vitalité des économies locales et la convivialité des milieux de vie.

5.2 Les immeubles à grande hauteur :

IGH est un bâtiment relevant, d'une faible emprise au sol par rapport à la hauteur. Cette dernière induit des conditions différentes dans la conception, l'utilisation et la construction qui impose des procédures spécifiques dans le domaine de la sécurité.⁴⁷

Selon certaines normes internationales, l'IGH se définit comme étant un bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est situé, par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable pour les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie :

- à 50 mètres pour les immeubles à usage d'habitation.
- à plus de 28 mètres pour tous les autres immeubles⁴⁸

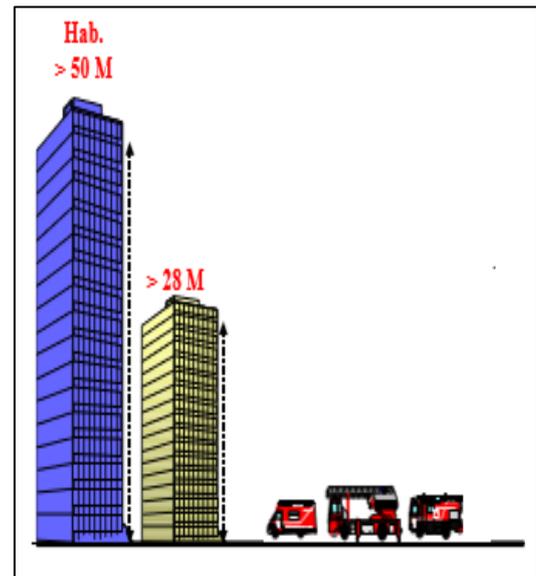


Figure 38 : Réglementation IGH
(source : Réglementation ERP et IGH)

5.2.1 Le classement des IGH :

Classe	Usage
GHA	habitation
GHO	hôtel
GHR	enseignement
GHS	dépôt d'archives
GHU	sanitaire
GHW1	bureau entre 28 et 50 mètres
GHW2	au-dessus de 50 mètres
GHZ	mixte

Tableau 17 : Classement des IGH (source : Réglementation ERP et IGH)

⁴⁷ Oguz Gunes, 2004, *High-Rise Buildings: Evolution and Innovations*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.

⁴⁸ Wiki de l'Unité Construction de Gramme, Pr GC 0607, Définition Des Bâtiments De Grande Hauteur.

5.3 Les IGH à usage mixte :

Un IGH à usage mixte (IGHZ) ou une tour mixte, est un bâtiment qui combine deux ou plusieurs types d'utilisations, Les combinaisons les plus courantes des usages mixtes comprennent les bureaux, les résidences, l'hébergement et le commerce de détail. Les étages inférieurs ont généralement plus d'utilisations publiques, avec des usages privés aux niveaux supérieurs. L'usage mixte peut avoir un certain nombre d'utilisations génératrices de revenus et de soutien mutuel dans le même bâtiment. Dans les zones urbaines, il y a parfois des quartiers entiers qui sont composés exclusivement de bâtiments à usage mixte.⁴⁹

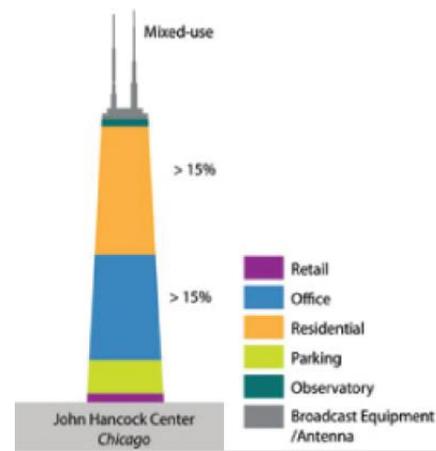


Figure 39 : Schémas d'une tour mixte
(source : Google image)

5.3.1 L'avantage des immeubles à grande hauteur mixte⁵⁰ :

- ✓ Réunir et intégrer les différentes utilisations et activités, en les rendant facilement accessibles en un seul endroit.
- ✓ Promouvoir l'utilisation efficace des terres et des infrastructures.
- ✓ maximise l'utilisation de l'espace, offre différents services, et atténue la circulation et l'étalement.
- ✓ Distances réduites entre le logement, les lieux de travail, les commerces de détail et d'autres destinations.
- ✓ Réduit la dépendance à l'égard de l'automobile, la congestion routière et la pollution atmosphérique en Co-localisant plusieurs destinations.
- ✓ Augmente les revenus.
- ✓ Fournit un modèle de développement durable.

5.3.2 Les différentes fonctions des tours mixtes⁵¹:

Les différentes parties de la tour jouent un rôle différent définissant ce qu'on appelle la mixité fonctionnelle : Échanger, commander, habiter, produire...

Les fonctions de la tour sont liées aux activités dominantes qu'elle exerce. On classe habituellement ces fonctions en :

- | | |
|----------------------------------|----------------|
| • Fonction résidentiel (Habitat) | • Finance |
| • Fonction culturelle | • Education |
| • Fonction hôtelière | • Service |
| • Fonction commercial | • Restauration |
| • Loisir | • Sanitaire |

⁴⁹ Frederick Steiner, Kent Butler, 2006 , *Planning and Urban Design Standards*, Student Edition. American Planning Association, 448 pages.

⁵⁰ Michael Harbison, Lord Mayor, 2010, *Mixed-use-development-guide*, Adelaide City Council, 41 pages.

⁵¹ Bouterf Ikram, 2016, *Tour Mixte Ecologique*, Université Abou Bekr Belkaid ,Tlemcen.

5.3.3 Exigences spatiales ⁵²:

a. Distribution des fonctions :

Sous-sol :

- Aires de stationnement.
- Chambres de stockage.
- Salles d'usine.

Rez-de-chaussée :

- Fonction commerciale : les petits supermarchés et les cafés...

Niveaux Inférieurs :

- Zones pour des fonctions culturelles : Des halls multifonctionnels, des bureaux ou des fonctions similaires.

Niveaux Intermédiaires :

- Logements.

Niveaux Supérieurs :

- Hôtel avec restaurant ou fonction similaire.



Figure 40 : Schemas de distubtion des fonction d'une tour mixte (source : Google image)

b. Programme :

Les bureaux et les logements sont deux fonctions importantes qui ont une grande influence sur la conception de la tour.

Bureau	Type de bureau	Hall d'entrée	Bureaux	Salles de réunion	Espace repas	Sanitaire
	Bureau open space	10-20 m ²	200-1000 m ²	20-30 m ²	30-50 m ²	20-40 m ²
	Bureau close space	5-10 m ²	100-500 m ²	/	15-30 m ²	15-20 m ²

Tableau 18 : Programme pour bureau (source : Niels Thuesen, 2010)

Les appartements devraient attirer un large éventail d'occupants et, par conséquent, trois types différents de logements sont souvent utilisés dans le programme de surfaces différentes.

Habitation	Surface d'appartement	hall	séjour	cuisine	Chambre principale	Chambre (s)	Salle de bain
	50-100m ²	2-5 m ²	10-20 m ²	15-20 m ²	10-20 m ²	/	5-15 m ²
	100-150m ²	2-5 m ²	10-20 m ²	15-20 m ²	10-20 m ²	5-15 m ²	10-20 m ²
	150-200m ²	2-5 m ²	20-30 m ²	20-30 m ²	15-25 m ²	20-30 m ²	15-25 m ²

Tableau 19 : Programme pour Habitation (source : Niels Thuesen, 2010)

⁵² Niels Thuesen, 2010, high rise... rethinking mix use high rise architecture, MA4-ARK7, 172 pages.

c. Exigences des espaces :Bureaux⁵³ :

- En règle générale la longueur doit être inférieure à deux fois la largeur pour des bureaux de moins de 25 m², et trois fois pour des bureaux de plus de 25 m².
- Les locaux de travail doivent autant que possible disposer d'une lumière naturelle suffisante.
- Hauteur sous plafond : Hauteur conseillée : 2,80 m, Hauteur minimum : 2,50 m.
- L'éclairage et l'éblouissement doit être réduit dans les bureaux.
- Optimiser la distance et l'emplacement des bureaux par rapport aux ascenseurs, escaliers, sanitaire, photocopie, salles de réunion.

Habitation⁵⁴ :

- L'organisation spatiale de l'immeuble devrait donner, à chaque logement, des fenêtres ouvrant sur au moins deux côté, idéalement sur trois côtés, pour assurer la ventilation et l'éclairage naturels.
- Le séjour doit être disposé à l'entrée, de façon qu'un visiteur éventuel puisse y accéder directement, sans passer par des espaces réservés à la vie intime du ménage.
- Les salles d'eau doivent être conçues de manière à recevoir une ventilation naturelle.
- La surface des dégagements (circulations intérieures, hall et couloirs) ne doit pas excéder 12% de la surface habitable du logement.

Hôtel⁵⁵ :

- Une vue panoramique.
- L'éclairage des chambres doit contribuer à créer une ambiance chaude et chaleureuse.
- Les murs doivent être suffisamment isolés de même que la porte entre l'appartement et le couloir.

d. **Le noyau central :** Les tours sont généralement construites sous forme d'une tour monolithique organisée autour d'un noyau central généralement en béton, qui assure la rigidité et porte tout le bâtiment. Il comprend notamment les voies de circulation verticale, les espaces techniques, sanitaires et les conduites, ceci afin de libérer l'espace aux plateaux et salles de travail.

e. **Les circulations internes⁵⁶ :** Les ascenseurs sont des systèmes vitaux et leurs organisation est compliquée : ils doivent pouvoir acheminer les personnes à n'importe quel étage en un temps réduit. Pour faire face à ceci deux type d'ascenseur ont été adoptés l'ascenseur directs et l'ascenseur omnibus. Les ascenseurs directs permettent d'atteindre rapidement des paliers déterminés, une tour en comportant 2 ou 3. Les ascenseurs omnibus ne servent qu'à desservir des portions de la tour, entre deux paliers. Ainsi pour se rendre à un étage il faut dans un premier temps prendre l'ascenseur direct se rapprochant le plus, puis prendre l'ascenseur omnibus jusqu'au niveau souhaité.

⁵³ B. Vandevyver, J.-L. Pomia, 2013, *L'aménagement des bureaux Principales données ergonomiques*, Institut national de recherche et de sécurité, Fiche pratique de sécurité ED 23.

⁵⁴ André Casault, 2006, *Comprendre L'habitat de Hà Nội: Une Expérience Interculturelle de Partenariat Universitaire*, Presses Université Laval, 373 pages.

⁵⁵ Niels Thuesen, 2010, *high rise... rethinking mix use high rise architecture*, MA4-ARK7, 172 pages.

⁵⁶ <http://technocalvisi.free.fr/Techno/5eme/architecture/gratteciel/index.htm#1>.

6 Analyse des exemples

6.1 Exemple I « 30 St Mary Axe : The Gherkin »

6.1.1 Description du projet

30 St. Mary Axe est une tour d'affaire de 39 étages, situé dans la région de St. Mary Axe de Londres. Conçu en 2003 par le célèbre architecte Norman Foster du cabinet d'architectes "Foster and Partners".

Il est reconnu comme l'un des immeubles les plus distinctifs dans le quartier d'affaire de Londres et également, le premier bâtiment construit avec des critères écologiques. En raison de sa forme unique il est toujours connu sous le «The Gherkin» ou «le Cornichon».



Figure 41: La tour de 30St. Mary (source: Google image)

6.1.2 La forme du bâtiment

Norman Foster a conçu une forme aérodynamique qui répond aux contraintes du site. Généré par un plan circulaire dont le diamètre mesure 49m, avec une géométrie radiale, le bâtiment s'élargit dans le profil comme il se lève jusqu'à atteindre 56.5m de diamètre et se rétrécit vers son sommet avec un diamètre de 26.5m.

Cette forme aérodynamique offre également une augmentation de la pénétration de la lumière du jour et permet l'écoulement du vent autour du bâtiment et de sa façade, plutôt que de rediriger le vent vers le sol comme dans le cas d'une tour rectiligne.

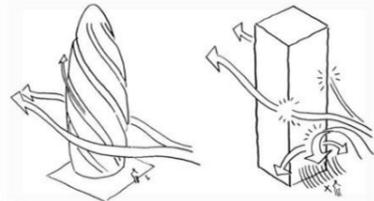


Figure 42: Schéma d'écoulement d'air (source: Google image)

6.1.3 Analyse des façades

Une façade active et ventilée est utilisée dans tout le bâtiment, composée de 5 500 panneaux lisses en verre, d'une forme triangulaire ou en losange, qui varient par niveau. Les façades des bureaux sont constituées à l'extérieur d'un double vitrage et de simple vitrage à l'intérieur qui enferme une cavité centrale ventilée. La lame d'air agit comme tampon afin de réduire les besoins de chauffage et de climatisation.

Les façades des puits de lumière qui montent en spirale sont composées d'ouvrants à double vitrage gris teinté combiné à une couche de haute performance qui réduit efficacement les apports du soleil. Les vitres s'ouvrent automatiquement pour augmenter le système de conditionnement d'air avec une ventilation naturelle, ce qui peut économiser l'énergie jusqu'à 40% par an.

Au niveau du sol, la base de l'immeuble est bien intégrée, avec l'entrée qui comporte d'immenses entretoises blanches en X, et les arcades de boutiques et cafés accessibles à partir d'une place publique nouvellement créée.



Figure 43: Façade de 30St. Mary Axe (Source : Google image)

La conception de la tour est basée sur l'efficacité énergétique et la flexibilité, les planchers sont entièrement décloisonnés et organisés en étoile à six branches pour profiter au maximum de l'espace, avec de légers puits de lumière, combinant ainsi les avantages des configurations curvilignes et rectilignes.

Chaque étage est tourné de cinq degrés par rapport à l'étage inférieur, générant des atriums sous forme de prismes triangulaires qui se développent en spirale autour de l'édifice, qui fournissent de fortes connexions visuelles entre les étages, tout en profitant de la lumière du jour et permettant une ventilation naturelle dans l'ensemble du bâtiment, ce qui minimise 50 % de l'énergie généralement requise par un immeuble de bureau.

Le bâtiment comprend 18 ascenseurs. 378 personnes peuvent être transportées verticalement à travers le bâtiment à des vitesses de 6 m par seconde à tout moment. Il existe 4 types différents d'ascenseur :

- Petite hauteur : passe du RDC jusqu'au 12ème étage.
- Moyenne hauteur : passe directement du RDC au 11ème étage et continue jusqu'au 22ème étage avec un arrêt à chaque niveau.
- Grande hauteur : passe directement du RDC au 22ème étage et continue jusqu'au 38ème étage avec un arrêt à chaque niveau.
- Ascenseur de Navette : à partir du 34ème étage jusqu'au 39ème étage.

• Sous-sol : Réservé au parking avec 18 places de stationnements pour les voitures, ainsi qu'un immense parking vélo, encourageant ainsi l'utilisation des véhicules à deux-roues.

• Rez-de-chaussée : avec un diamètre de 49m, le hall d'entrée donnant sur l'ouest, donne accès à trois types d'ascenseurs, correspondant à basse, moyenne et haute hauteur. La partie Est du plan est occupée par des magasins avec une surface de 14000m².



Figure 44 : Schemas rotation des etage de The Gherkin (source : Google image)

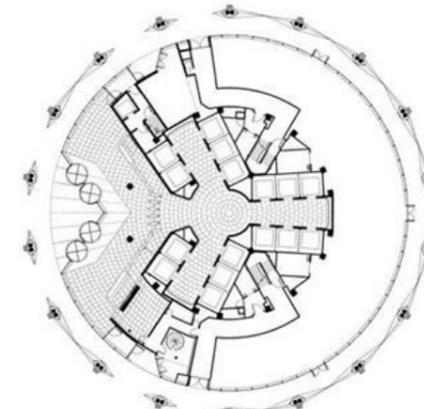


Figure 45 : Plan RDC The Gherkin (source : Google image)

6.1.4 Lecture des plans

• Du 1er au 37ème étage : réservés pour les bureaux avec un total de 46 450m². La conception inclue les deux types de bureaux, open et close space, avec des salles de réunions, sanitaire, salle de pause. À partir du 16ème étage, les atriums ne figureront plus dans la conception.

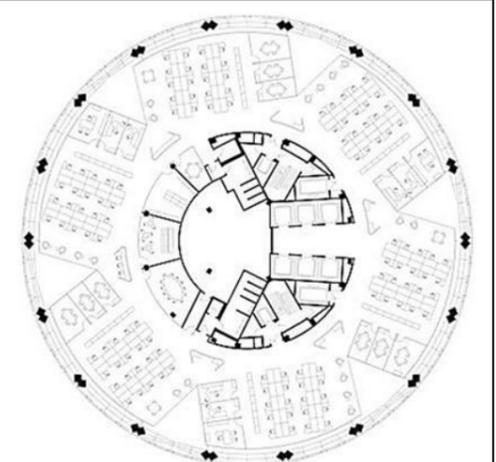


Figure 46 : Plan 16ème etage The Gherkin (source: Google image)

• 38ème étage : avec un diamètre de 27m. Réservé au restaurant, on y trouve également des cuisines, sanitaires et autres services.

• 39ème étage : avec un diamètre de 22m, Le bar au sommet du bâtiment est accessible par un escalier circulaire et ascenseur du niveau du restaurant ci-dessous. C'est le plus haut étage occupé dans la ville de Londres.

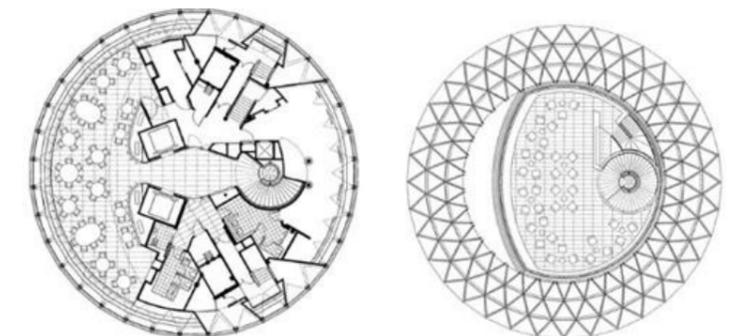


Figure 47 : Plan 38ème et 39ème etage The Gherkin (source: Google image)

6.1.5 Structure

La structure est composée d'un noyau central entouré d'une grille d'éléments en acier reliés entre eux en diagonale, ce qui lui donne une grande résistance au vent, de sorte que la structure interne en acier du bâtiment porte uniquement des charges verticales. Le système de support de tour est assuré par cette armure extérieure en acier dont la pierre angulaire est formée par deux puissant V inversé, avec un maximum de deux niveaux.

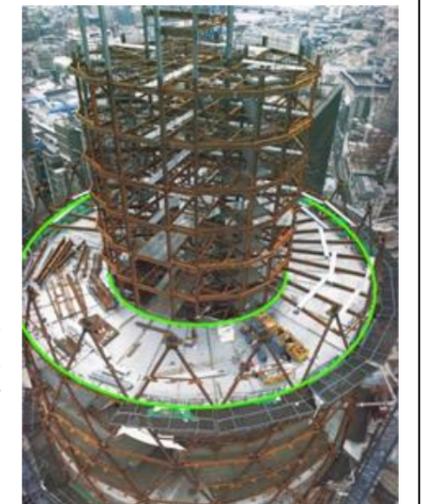


Figure 48 : Structures de The Gherkin (source : Google image)

6.2 Exemple II : la tour de « Jameson house »

6.2.1 Description du projet

La tour Jameson House est un nouvel immeuble mixte de 35 étages, située au cœur de Vancouver, Canada. Le projet combine la restauration de bâtiments patrimoniaux avec de nouvelles constructions, Une fusion de l'ancien et le moderne.

Le projet a été réalisé en 2011 par le cabinet international d'architecture Foster and Partner, en prenant en compte les contraintes climatiques locales à savoir des vents dominants, des niveaux d'humidité, des températures et des taux de précipitations spécifiques à Vancouver.



Figure 49 : La tour de Jameson house (Source: Google image)

6.2.2 Programme

La tour comporte :

- 07 sous-sols réservés au parking
- 02 étages de commerce
- 08 étages de bureaux
- 25 étages d'appartement

Habitations

Bureaux

Commerces

Parkings

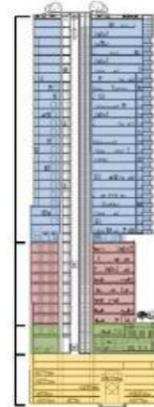


Figure 50 : Distribution des fonctions (source : auteurs)

6.2.3 La forme du bâtiment

La forme de la tour est une composition de deux volumes de différents niveaux, ainsi deux entités apparaissent :

- Les deux premiers étages de commerces sont alignés au niveau de la rue, et huit niveaux de bureaux étendent au-dessus dans un cube vitré rectiligne élégant, le niveau supérieur correspond à la hauteur de la corniche du bâtiment le plus proche situé à l'angle.
- Ce volume contraste avec le reste de la tour, qui abrite les appartements résidentiels, ces derniers créent la principale forme distinctive du bâtiment, délimitant quatre baies incurvées qui sont décalées pour laisser pénétrer la lumière du jour et escaladées verticalement pour fournir de l'ombre.

6.2.4 Analyse des façades

La façade est simple et régulière avec des éléments de structure apparents. La façade est entièrement vitrée pour fournir une vue ininterrompue du paysage et profiter de l'ensoleillement.



Figure 51 : La façade de Jameson house (Source : Google image)

6.2.5 Lecture des plans

La tour comprend trois fonctions différentes qui sont disposés d'une manière bien réfléchi en séparant les fonctions entre public, pour les étages inférieurs et privé pour les étages supérieurs, avec une cage d'escalier et cinq ascenseurs qui se trouvent au cœur du bâtiment afin d'optimiser l'espace et de créer un environnement plus vivant avec des espaces attrayants.

- **Parking** : au sous-sol avec 249 places de stationnement.

- **Commerce** : destiné au deux premiers niveaux, le rez-de-chaussée avec une surface de 18.197m², il comprend 3 zones séparées, un restaurant, un grand hall d'entrée, et des espaces de vente qui s'étendent jusqu'au premier étage. L'accès au parking se fait par la façade arrière.

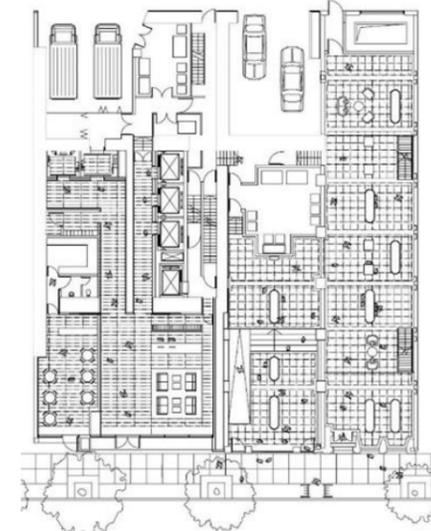


Figure 52 : Plan RDC de Jameson House. (source : Google image)

- **Bureaux** : s'étendent sur 8 niveaux, du 2^{ème} jusqu'au 9^{ème} étage, les bureaux ont été conçus de façon à fournir la lumière naturelle aux différents espaces.

On trouve environ 30 bureaux par étage qui sont de différentes surfaces, ainsi que des salles de réunion, des espaces d'accueil, sanitaires



Figure 53 : Plan 6^{ème} étage de de Jameson House (source : Google image)

- **Habitations** : Du 10^{ème} jusqu'au 35^{ème} étage un totale de 138 appartements.

La conception intérieure a permis une grande variété de types d'appartements (studio, F1, F2 et F3) avec des intérieurs réalisés par l'agence Foster + Partners, ainsi que des espaces de vie dans la courbe profonde des baies vitrées.

Au sommet de la tour se trouvent des appartements penthouse de deux étages et des terrasses paysagées sur le toit.



Figure 54 : Plan 16^{ème} au 19^{ème} étage de de Jameson House (source : Google image)

6.2.6 Construction

La construction de la tour est faite avec des murs en béton et des planchers préfabriqués, avec une structure en poteau-poutre. Afin d'éviter la construction sur le bâtiment du patrimoine, un design en porte-à-faux a été utilisé pour les bureaux et les planchers résidentiels.

Un tiers de chaque paroi incurvée est construit en béton et le reste en verre. Cela a fourni un support pour les dalles en porte-à-faux éliminant la nécessité d'une dalle de plancher en béton plus épaisse. Les planchers résidentiels utilisent des dalles de béton précontraint qui ont contribué à minimiser les colonnes à l'intérieur et à fournir des dispositions d'unités flexibles.

6.2.7 Aspects énergétiques

- La conception a été élaborée en fonction du climat local, des sentiers solaires saisonniers, des vents dominants, des niveaux d'humidité, des températures de l'air et des taux de précipitations propres à Vancouver.
- De nombreuses caractéristiques du bâtiment contribuent à ses objectifs passifs et d'économie d'énergie. La forme du bâtiment réduit les charges thermiques en fournissant l'ombrage, permet la ventilation passive, et favorise aussi bien l'éclairage de jour.
- Les cellules photovoltaïques sont employées sur la façade sud où il y a une exposition maximale à la lumière du soleil.
- Les terrasses sur le toit et les jardins plantés fournissent un espace vert aux occupants du bâtiment et sont irrigués avec de l'eau provenant d'un système de récolte de l'eau de pluie afin de réduire la demande sur l'approvisionnement en eau.
- Un attribut principal, le système mécanisé de stationnement de valet, a réduit le nombre de niveaux de stationnement requis et la profondeur d'excavation, aussi bien que le besoin d'éclairage additionnel et de ventilation.

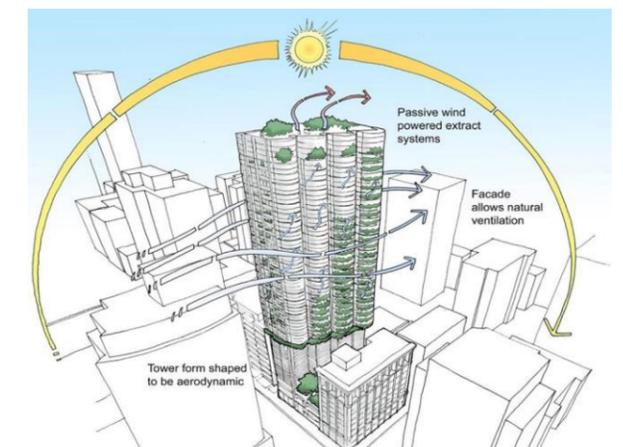


Figure 55 : Aspect énergétique de Jameson house (Source : Google image)

6.3 Synthèse de l'analyse des exemples :

6.3.2 Exemple I « 30 St Mary Axe : The Gherkin »

- Un bâtiment distinctif d'une forme aérodynamique qui répond au besoin du site, augmente la pénétration de la lumière du jour et qui permet l'écoulement de l'air.
- Une géométrie radiale, avec des planchers décroissés et organisés en étoile de six branches pour profiter au maximum de l'espace.
- Des atriums qui se développent en spirale, fournissent une forte connexion visuelle en profitant aussi bien de l'éclairage naturel, et qui permet une ventilation naturelle dans le bâtiment.
- Une résistance au vent est assurée grâce à un noyau central entouré d'une grille d'éléments en acier reliés entre eux en diagonal.



Figure 56 : La tour de 30St. Mary
(Source : Google image)

6.3.1 Exemple II : la tour de « Jameson house »

- Un bâtiment mixte représente une fusion entre l'ancien et le moderne en combinant la restauration de bâtiments patrimoniaux avec de nouvelle construction.
- Une distribution verticale et bien réfléchie pour les fonctions, en séparant entre public pour les étages inférieurs et privé pour les étages supérieurs.
- La forme du bâtiment réduit les charges thermiques en fournissant l'ombrage, permet la ventilation passive, et favorise aussi bien l'éclairage de jour.
- L'emploi de cellules photovoltaïques sur la façade sud où il y a une exposition maximale à la lumière du soleil.

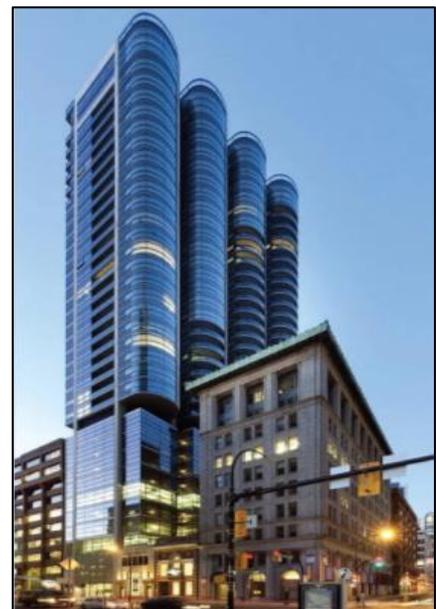


Figure 57 : La tour de Jameson house
(source : Google image)

7 Conclusion :

La notions d'efficacité énergétique est primordial dans chaque conception architecturale, et est en effet différemment perçue et appliquée. Elle consiste à accroître les qualités intrinsèques d'un bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des énergies qui lui sont fournies.

En effet, à travers les différentes recherches, simulations et synthèses effectuées dans ce chapitre, il nous a été permis d'établir des recommandations et des concepts d'optimisation énergétique qui assurent la performance aux projets architecturaux, et ceci par la prise en compte des dispositifs architecturaux qui agissent sur le comportement thermique lors de la conception architecturale.

La recherche thématique et l'analyse des exemples effectuées dans la dernière partie de ce chapitre, nous sont d'une grande importance, ceci nous a permis grâce aux connaissances acquises à mieux cerner notre thème, et à nous faciliter l'élaboration des cahiers des charges et les principes à suivre, ainsi que les exigences quantitatives et qualitatives de notre thème.

Grâce à cette partie théorique, nous avons maintenant les appuis qui nous servirons de base dans la conception de notre projet architectural.

CHAPITRE III :

PROJET ARCHITECTURAL

1 Introduction :

Après une série d'études et de recherches bibliographiques approfondies, Nous allons dans ce chapitre s'introduire dans la phase architecturale, où nous allons dans un premier temps analyser le périmètre d'étude et l'environnement immédiat du site, et ceci afin de cerner le contexte de l'intervention. Par la suite nous allons mettre à profit toutes les connaissances acquises dans les chapitres précédents, afin de concevoir un bâtiment performant et à basse consommation énergétique.

2 Analyse du site :

2.1 Présentation de la commune de Bab Ezzouar :

2.1.1 Situation :

La commune de Bab Ezzouar s'étend sur une superficie de 802ha, issue du découpage administratif de 1984 et se trouve à 15km de l'est d'Alger et à 5km de l'aéroport international de Dar El Beida.

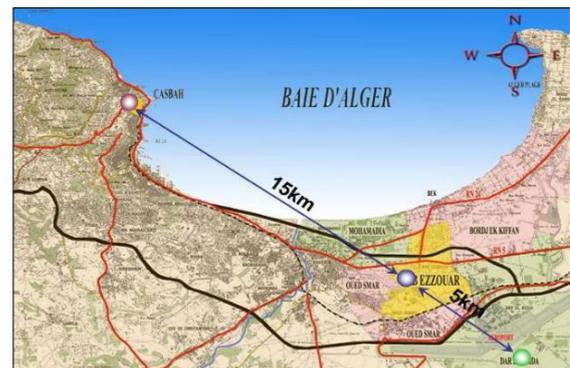


Figure 58: Situation géographique de la commune de Bab Ezzouar. (source : auteurs)

2.1.2 Délimitation :

Elle est délimitée ;

- Au Nord: par la commune de Bordj El Kiffan.
- A l'Est: par la commune de Dar El Beida.
- Au Sud: par la commune de Oued Smar.
- A l'Ouest: par la commune de Oued Smar et la commune de Mohamadia.

2.1.3 Accessibilité :

La commune de Bab Ezzouar est desservie par plusieurs routes nationales et locales.

- Route nationale 11 : RN11 (Route d'Oran).
- Route nationale 5 : RN 5 (Route du Constantine).
- Pénétrante de l'aéroport en direction de Bordj El Kiffan.
- Route de Bab Ezzouar, en direction de Oued Smar.
- Route de Dar El Beïda, donnant accès au quartier d'affaires.
- Boulevard de l'université, depuis le grand carrefour de Souk El Fellah vers le quartier d'affaires en passant par l'université de l'USTHB.

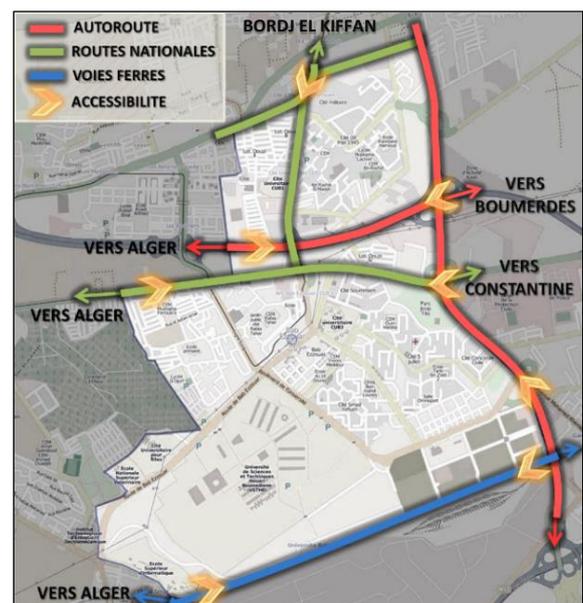


Figure 59: Accessibilité pour la commune de Bab Ezzouar. (source : auteurs)

2.1.4 Potentialités de Bab ezzouar :

De par sa situation géographique, La commune de Bâb Ezzouar constitue la porte d'entrée Est de la capitale, et est lié à la nouvelle politique d'étalement (décentralisation) de la wilaya d'Alger.

Le choix du site est dicté par les faits suivants :

- Elle abrite trois pôles attractifs a vocation universitaire, affaire/économique et touristique à travers :
 - a. L'université des sciences et technologie Houari Boumediene.
 - b. Les 3 cités universitaires (RUB1, RUB 3, RUB4).
 - c. Le nouveau quartier d'affaire qui représente le nouveau centre-ville et qui occupe une position stratégique et importante, entre trois communes (Bab Ezzouar, Dar El Beida, et Oued Smar), il accueille plusieurs tours et buildings contenant les plus grandes entreprises du pays.
- La présence de plusieurs services hôteliers (l'hôtel Mercure, Ibis, et le Trust Real Estate) et commerciaux (le centre commercial et de loisirs, le bazar d'El Djorf, ainsi que l'activité commerciale au niveau du RDC).
- La commune bénéficie d'infrastructures de transport très riche par la présence de : l'aéroport, la ligne du tramway, La gare ferroviaire, La route nationale 5 et l'autoroute Est-Ouest, et jouit par conséquent d'une accessibilité exceptionnelle.

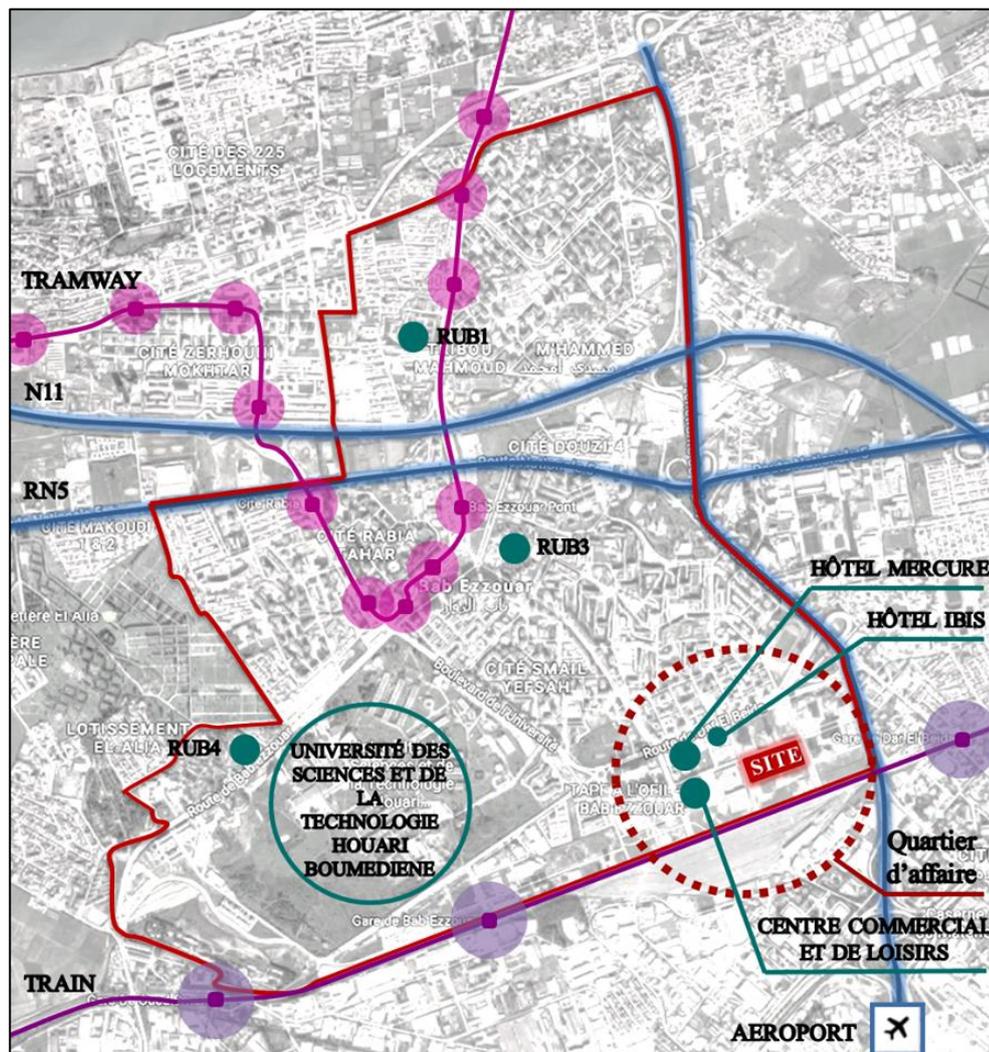


Figure 60: Potentialité de Bab Ezzouar (source : auteurs)

2.2 Présentation de l'aire d'étude :

2.2.1 Situation :

Notre site d'intervention se trouve du côté sud de la commune de Bab Ezzouar, plus précisément dans le quartier d'affaire, et s'intègre dans le Pos U50.

Le site est limité ;

Au nord : par les sièges de SAA et de CMA CGM.

A l'est : par la banque NATIXIS et ABC.

Au sud : par le parc urbain.

A l'ouest : par l'AGERFA.

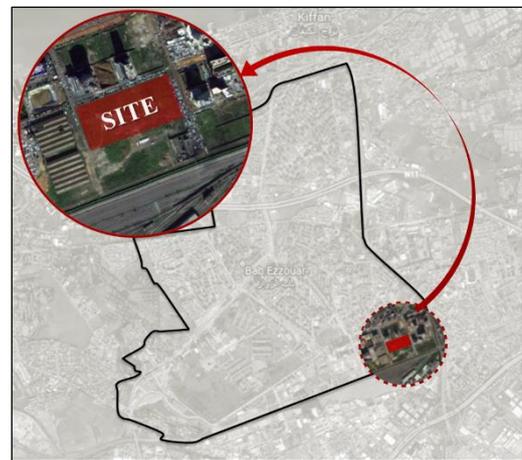


Figure 61 : Situation du site (source : auteurs)

2.2.2 Voisinage et environnement immédiat du Site :



Figure 62 : Voisinage et environnement immédiat du site (source : auteurs)

2.2.3 Accessibilité

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

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

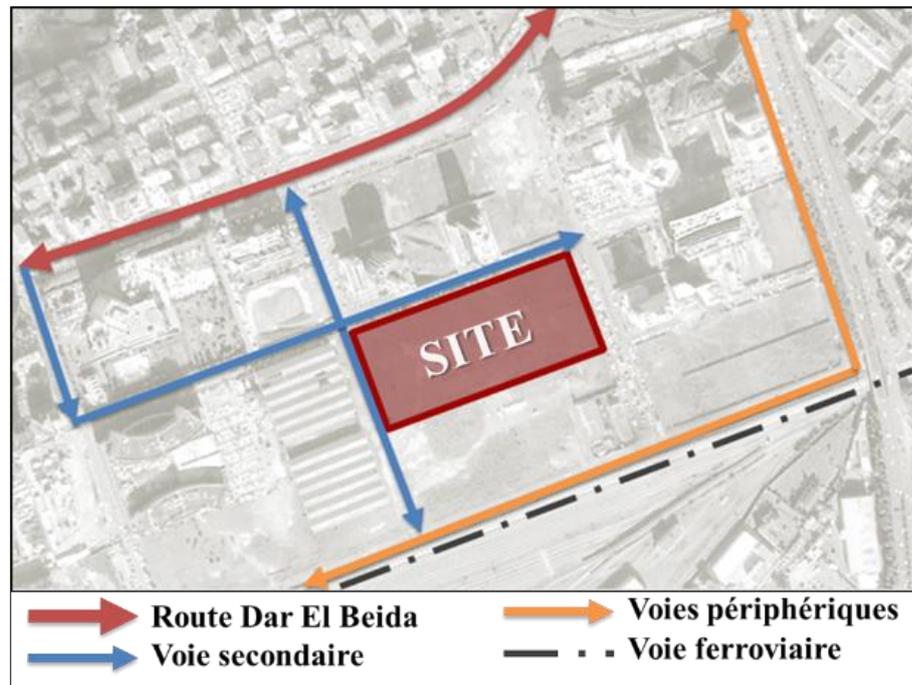


Figure 63: Accessibilité du site (source : auteurs)

2.2.4 Caractéristiques du terrain :

Forme et dimensions	Ensoleillement et vents	Atout du site
<ul style="list-style-type: none"> • Le terrain est plat d'une forme rectangulaire, allongée sur l'axe Est-Ouest avec une superficie de 2,9ha, une longueur de 230m et une largeur de 126m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le terrain bénéficie d'un bon ensoleillement et ceci due à sa situation en périphérie du quartier d'affaire. • Les vents dominants proviennent du Nord-Est en été, Ouest et Sud-Ouest en hiver. 	<ul style="list-style-type: none"> • la présence d'un parc urbain du côté sud du terrain réduit les nuisances sonores, la pollution de l'air et aide à purifier l'atmosphère.

3 Analyse climatique de Bab Ezzouar :

3.1 Données climatiques

La ville bénéficie d'un climat méditerranéen, classé dans l'étage bioclimatique subhumide, caractérisé par un été chaud avec l'absence de la pluie et un taux d'humidité très élevé, et d'un hiver froid avec des pluies en grandes quantité et l'absence de la neige vu l'altitude de la région.

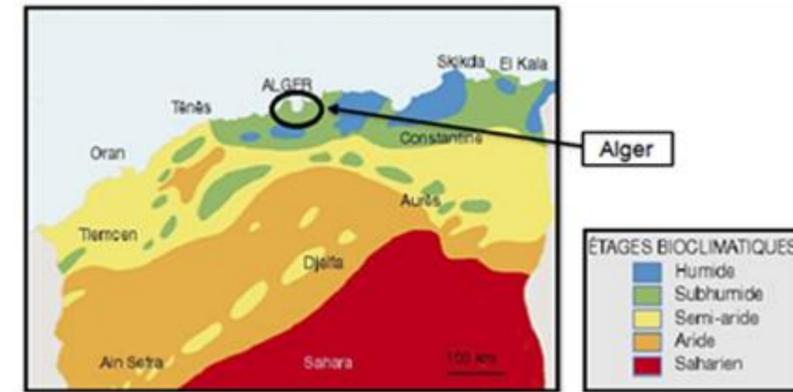


Figure 64: L'étage bioclimatique de la ville de Bab Ezzouar (Source : Google image)

3.1.1 Température

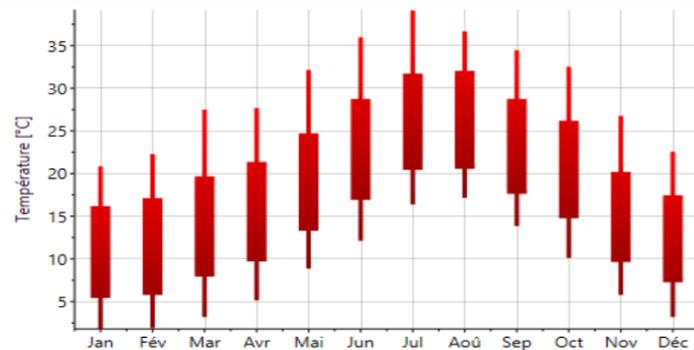


Figure 65: Graphe de la température mensuelle (source : météoNorm)

La température moyenne annuelle à Bab Ezzouar est de 17.9 °C, avec une température moyenne de 26.3 °C et température maximale de 37°C en Août, étant le mois le plus chaud. Le mois de Janvier est le plus froid avec une température moyenne de 10.2 °C et température minimale de 1.5°C.

3.1.2 Rayonnement mensuel

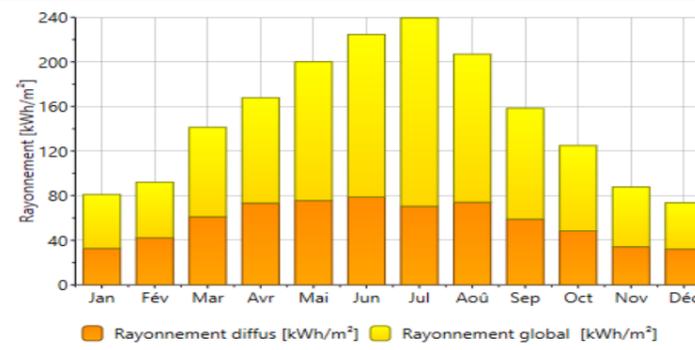


Figure 66: Graphe du rayonnement mensuel (source : météoNorm)

Le site est bien ensoleillé dans la majeure partie de l'année avec un taux de rayonnement global élevé du mois de Mai à Août (200 à 240 KWh/m²) et un taux plus faible de novembre à février qui n'atteint pas les 100 KWh/m².

3.1.3 Durée d'insolation

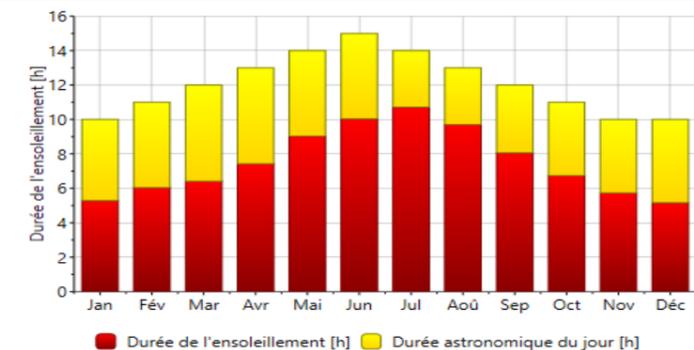


Figure 67 : Graphe de la durée d'insolation (source : météoNorm)

Le site bénéficie d'un ensoleillement important durant la période entre Mai et Septembre avec plus de 10 heures d'ensoleillement/jour, en outre l'ensoleillement est moins important durant la période entre Octobre et Avril avec 6 heures d'ensoleillement/jour, en tenant compte que le mois de Juillet est le mois le plus ensoleillé.

3.1.4 Précipitations

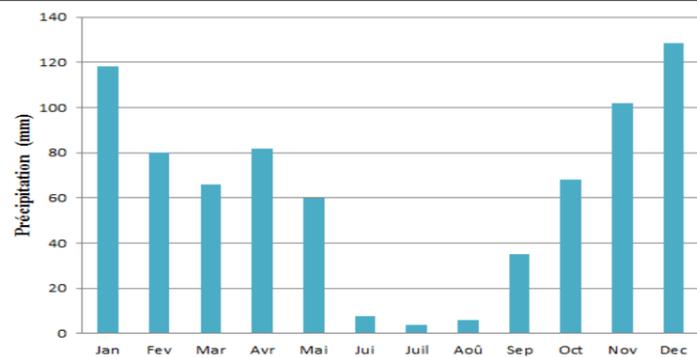


Figure 68: Graphe des précipitations (source: station Alger Dar-El-Beida)

Les précipitations annuelles sont de 752mm. Les précipitations les plus importantes sont en Janvier et Décembre avec une moyenne de 123mm. La période estivale est la plus sèche de l'année avec des précipitations moyennes de 5.8mm.

3.1.5 Humidité

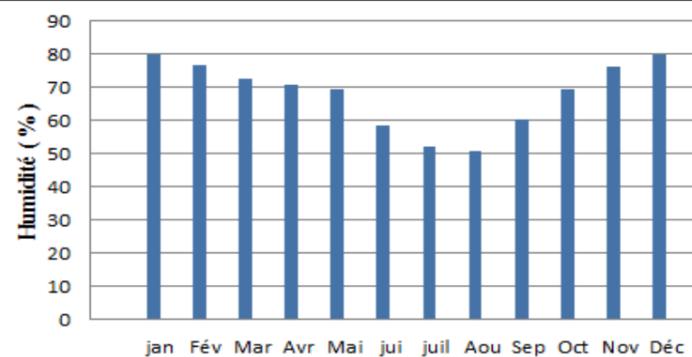


Figure 69 : Graphe de l'humidité relative (source : station Alger Dar-El-Beida)

L'humidité moyenne annuelle est de 67.8%, le taux d'humidité le plus élevé est en mois de Janvier 79.6% et le taux le plus faible est en mois d'Août 50.4%

3.1.6 Rose des vents

Les vents les plus fréquents proviennent du Nord-est (en été), Ouest et Sud-ouest (en hiver).

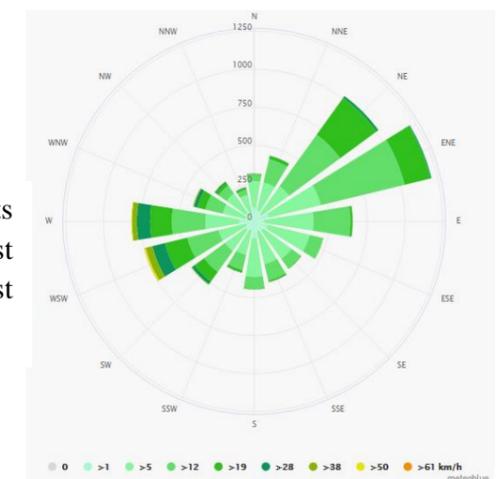


Figure 70: La rose des vents (source : meteoblu)

4 Analyse bioclimatique :

4.1 Température de confort :

La température optimale de confort dans les bâtiments à ventilation naturelle, est une fonction linéaire de la température extérieure, elle délimite la gamme de **confort adaptatif**¹ d'une région selon la norme ASHRAE Standard 55-2004. Elle peut être prédite par l'équation suivante : $T_{conf} = 0.31T_{a\ ext} + 17.8$, où $T_{a\ ext}$ est la température moyenne de l'air extérieur.

Application :

Pour notre cas, on détermine la température de confort de Bab Ezzouar comme suit :

Température	Ta ext	Tconf
Température d'hiver (le mois le plus chaud)	10.58	21.08
Température d'été (le mois le plus froid)	28.85	26.74

Tableau 20 : Température moyenne extérieur et température de confort de Bab Ezzouar (Source : Auteurs)

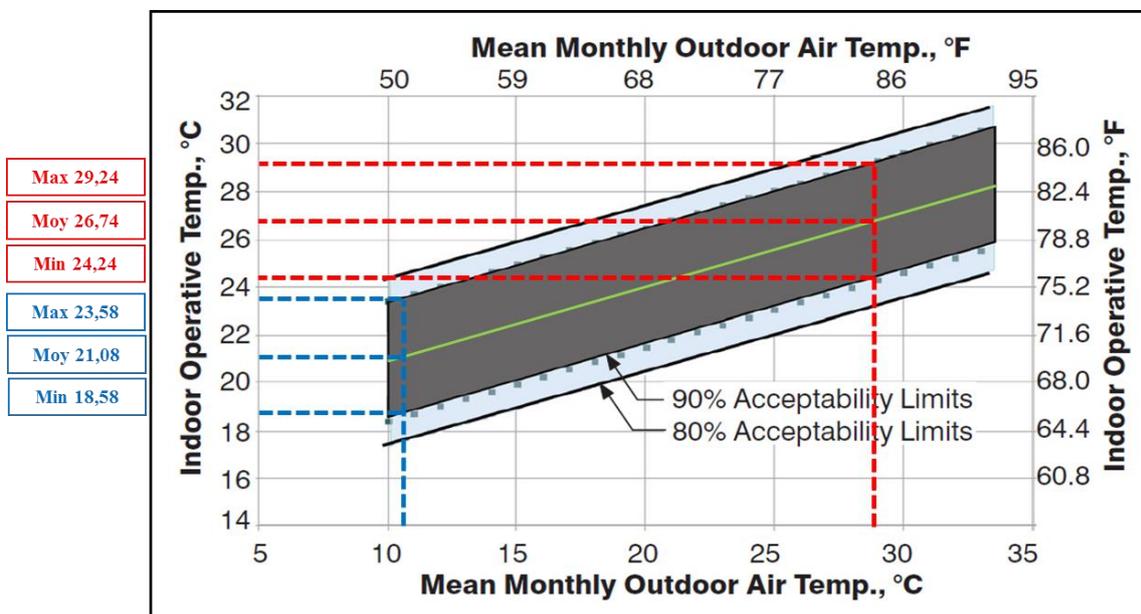


Figure 71: Gammes de confort adaptatif selon la température moyenne extérieure mensuelle de Bab Ezzouar (Source: Auteurs)

Résultat :

D'après le graphe ci-dessus, on déduit que la température de confort de la zone de Bab Ezzouar est :

- 21,08°C en hiver.
- 26,74°C en été.

Cependant, la zone de confort de cette commune est entre :

- 24,24°C et 29,24°C en hiver.
- 23,58°C et 29,24°C en été.

4.2 Méthode de Givoni :

La méthode de Givoni est basée sur un diagramme psychrométrique qui représente les zones de confort humain basées sur la température et l'humidité de l'air.

L'exploitation de ce diagramme permet d'identifier les stratégies bioclimatiques et fait ressortir les recommandations conformes au climat de Bab Ezzouar.

¹ Le confort adaptatif est un modèle de confort thermique. Il vise à proposer un contrôle moins strict des températures au sein d'un bâtiment à ventilation naturelle.

Application de la méthode :

Le diagramme de Givoni représente le climat mois par mois, et chacun est représenté par un segment. Le premier point du segment (Tmin, HRmax) désigne la nuit et le deuxième point (Tmax, HRmin) désigne le jour.

Données climatiques	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Tmax (°C)	15,16	16,68	19,61	21,66	26,36	31,68	35,48	35,88	31,37	26,65	19,87	15,83
Tmin (°C)	6	6,65	8,45	10,15	14,04	18,17	21,07	21,82	18,81	15,35	10,42	7,28
HRmax (%)	94,6	94,5	94	93,8	92,6	91,3	89,4	90,4	91,7	93,4	93,3	92,3
HRmin (%)	60,7	57,1	54	53,8	51,3	45,9	46,5	45,3	51,8	51,1	55,3	58,5

Tableau 21: Données climatiques de la commune de Bab Ezzouar (Source: Station dar El Beida)

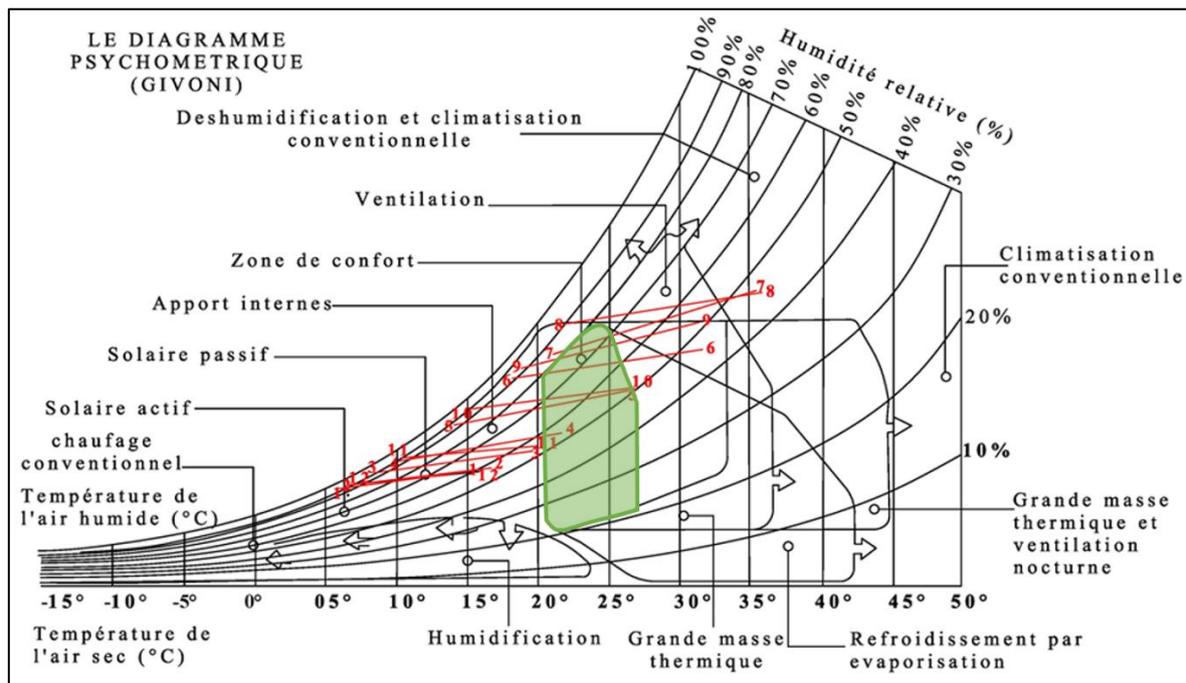


Figure 72 : Diagramme bioclimatique de la commune de Bab Ezzouar (Source : Auteurs)

Lecture du diagramme :

La lecture du diagramme se fait selon 3 zones, permettant de déterminer les stratégies bioclimatiques à adopter pour chaque mois :

➤ Zone de sous chauffe :

- Un système de chauffage actif est nécessaire les mois de Décembre, Janvier et Février (nuit).
- Un système de chauffage passif est nécessaire les mois de Décembre, Janvier et Février (jour), ainsi que Mars, Avril et Novembre (nuit)
- Les gains internes (dus aux équipements électriques, à l'éclairage et à la densité d'occupation des locaux) suffisent pour atteindre le confort en mois de Mars, Avril et Novembre (jour), ainsi que Mai et Octobre (nuit).

➤ Zone de confort :

Les mois de Mai et Octobre (jour), Juin et Septembre (nuit) se situent dans la zone de confort et ne nécessitent donc pas l'adoption des stratégies passives ou actives.

➤ Zone de surchauffe :

Cette zone représente la période d'été, qui correspond aux mois de Juin et Septembre (jour), Juillet et Août (jour et nuit) nécessitant le refroidissement par évaporation, la ventilation, ainsi que la masse thermique pour atteindre un niveau de confort thermique optimal.

4.3 Les Tables de Mahoney :

Il s'agit d'un autre outil d'évaluation du confort hygrothermique développé par Carl Mahoney, constituée d'une série de tableaux utilisés comme guide pour déterminer les recommandations nécessaires pour atteindre un confort thermique optimal dans le bâtiment, en fonction des données climatiques (Températures, Humidité relative, Précipitations) du site d'intervention. Les besoins en confort sont groupés en six indicateurs :

- H1 : la ventilation indispensable (climat chaud et humide) ;
- H2 : la ventilation souhaitée (climat chaud et sec) ;
- H3 : la protection de la pluie nécessaire (climat tropical et tempéré) ;
- A1 : l'inertie thermique (climat à grand écart diurne de température) ;
- A2 : dormir dehors (climat chaud en été) ;
- A3 : protection du froid.

Application de la méthode de Mahoney :

- Cette méthode a été appliquée sur la commune de Bab Ezzouar, L'analyse et les résultats sont présentés sous forme de tables avec des recommandations (voir annexe 01).

Nous tirons des tableaux de Mahoney les recommandations suivantes :

Elément	Recommandation
Plan masse	Bâtiments orientés suivant l'axe longitudinal Est-Ouest afin de diminuer l'exposition au soleil.
Espacement entre bâtiments	Plans compacts.
Circulation d'air	Bâtiments à simple orientation. Disposition permettant une circulation d'air permanente.
Dimensions des ouvertures	Moyennes, 20 à 40% de la surface de la façade.
Position des ouvertures	Ouvertures dans les murs nord et sud, à hauteur d'homme du côté exposé au vent.
Murs et planchers	Construction massive, décalage horaire supérieur à 08 heures.
Toiture	Légère et bien isolée.

Tableau 22: Recommandations de Mahoney a conforme à la région de Bab Ezzouar (Source : Auteurs)

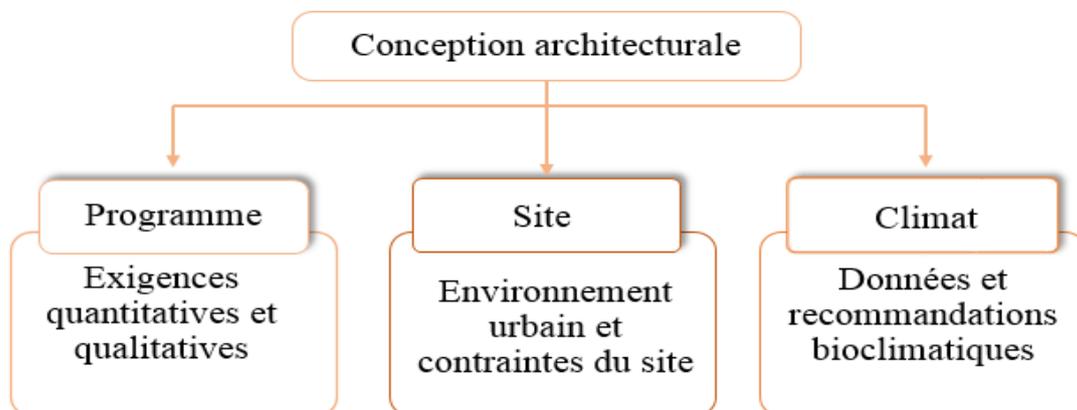
5 Conceptualisation architecturale

5.1 Approche conceptuelle :

Un projet d'architecture est la représentation d'une idée mentale, d'une volonté architecturale sous forme d'un rendu graphique. Il vise à répondre à des attentes et à des besoins qui lui sont spécifiques, et les intervenants doivent les définir clairement et globalement. Ces définitions composeront le programme des besoins, qui constitue l'essence même du projet. Il en exprime sa raison d'être et en définit la portée ainsi que les enjeux majeurs.

Le programme et le site sont à la base du travail de l'architecte, et le projet peut et devrait contribuer à la qualité de l'environnement ainsi qu'au développement de la culture. Il peut contribuer à la connaissance, et il joue un rôle social, économique et politique. En effet, c'est à partir de l'analyse du programme, du terrain, mais aussi du climat que s'élaborent les premières esquisses du projet. Dès cette première phase il est nécessaire d'introduire les préoccupations d'énergie et d'environnement, de s'assurer de l'usage optimum du rayonnement solaire disponible sur le site.

« Comme il est souvent remarqué, la difficulté de la conception architecturale se situe alors dans le choix du « bon outil » au « bon moment ». Pour être adaptés, les outils d'aide à la conception doivent permettre la résolution des problèmes directs et des problèmes inverses qui se posent au concepteur dans le jeu des effets entre formes et intention » (Siret, 1997).



La phase conceptuelle constitue la dernière phase de l'élaboration d'un projet, mais dans tout processus de réalisation, les premières étapes s'avèrent généralement les plus stratégiques et les plus déterminantes. Quant aux résultats de la phase de planification, ils ont un impact direct sur les orientations et l'ampleur du projet, c'est pour cela que le projet doit tenir compte des connaissances acquises à travers les phases précédentes, et tous les éléments doivent assurer d'une part, une bonne intégration du projet par rapport à son environnement urbain, et d'une autre part la relation entre, forme, fonction, et espace.

5.2 Recommandations conceptuelles :

Au terme de recherches et analyses précédentes, des recommandations conformes à notre site et qui doivent être respectées, dès la phase esquisse de notre projet architectural ont été identifiées :

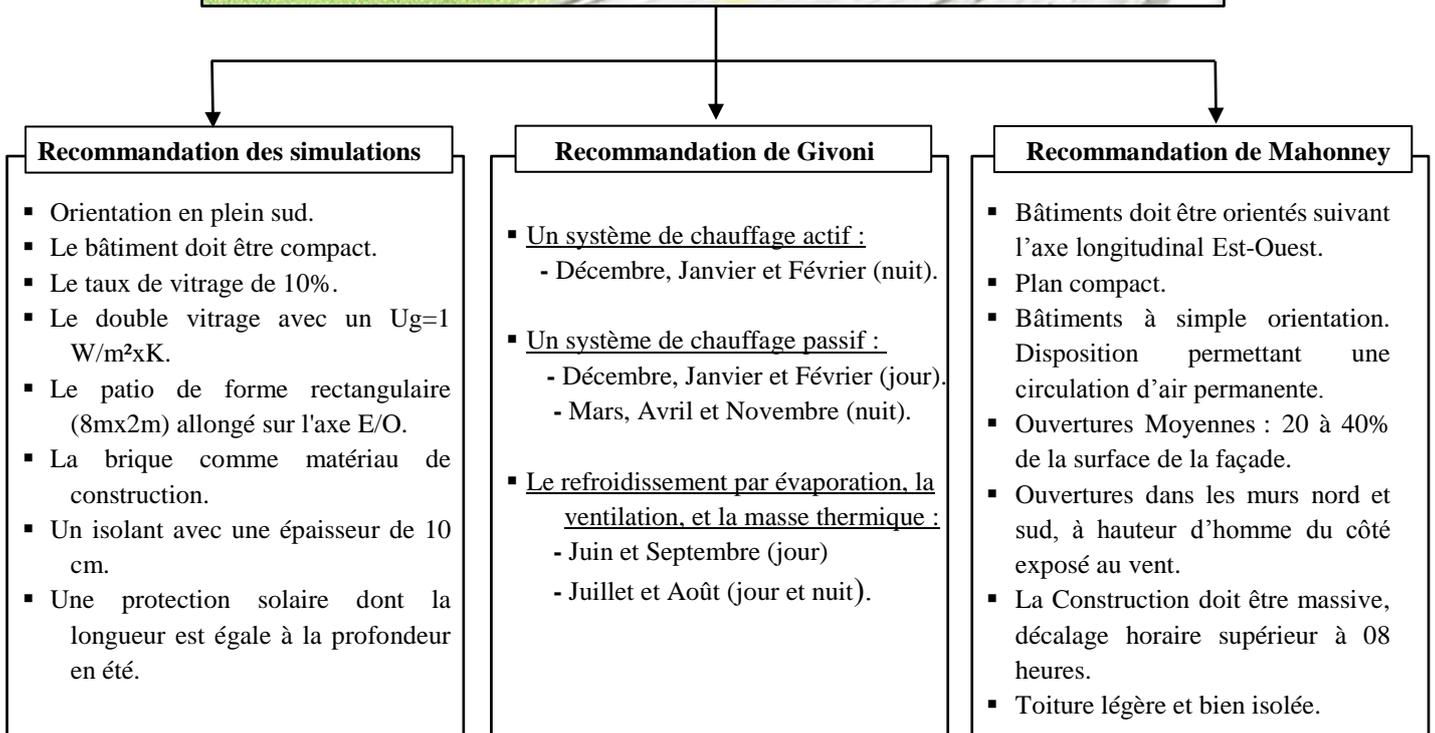
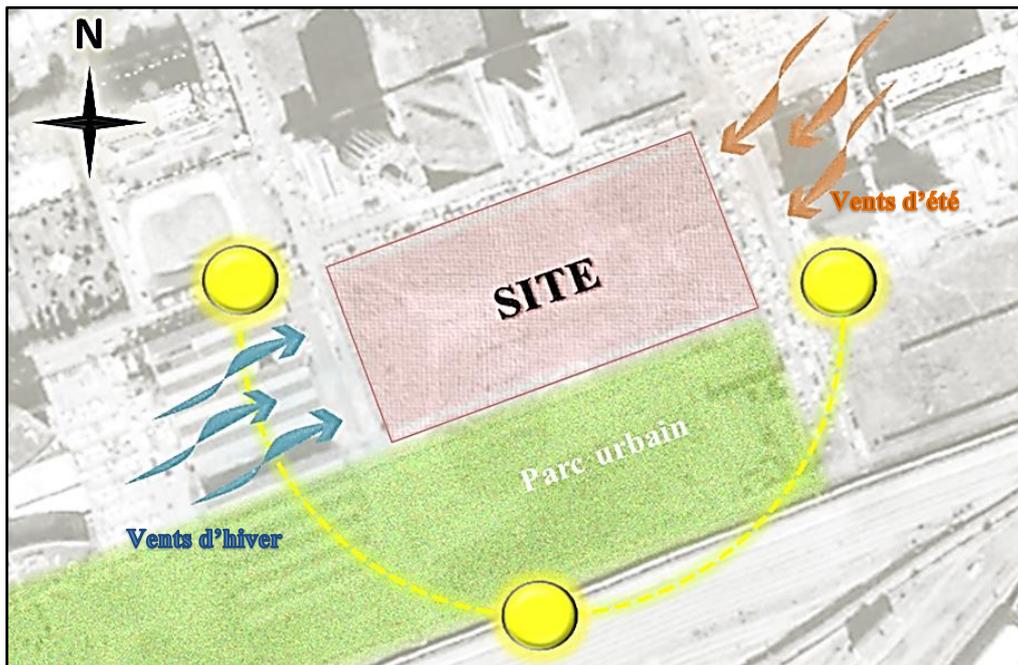
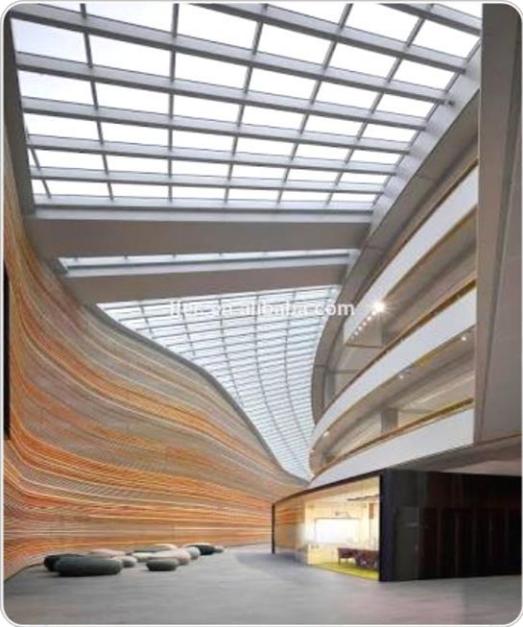


Figure 73: Recommandations conceptuelles conformes à bab ezzouar (Source : auteurs)

5.3 Eléments d'inspiration :

Atrium	Moucharabieh
 <p data-bbox="363 898 703 958">Figure 74: BP Refinery Office (source :Google image)</p>	 <p data-bbox="975 898 1390 958">Figure 75: Hôtel kapok Shenzhen bay (source :Google image)</p>
<p data-bbox="201 1025 850 1108">Un atrium d'une forme plus innovante qui diffère des formes habituelles et qui épouse la forme du bâtiment.</p>	<p data-bbox="879 1003 1469 1131">Un dispositif de ventilation naturelle, et un élément de façade également, qui assure transparence et protection.</p>
Terrasse jardin	Terrasse en rampe
 <p data-bbox="312 1877 762 1937">Figure 76: Odebrecht Building Sao Paulo (source :Google image)</p>	 <p data-bbox="884 1892 1469 1926">Figure 77: Ecole d'art et design (source :Google image)</p>
<p data-bbox="201 1995 850 2123">Une terrasse jardin à un niveau intermédiaire, donne un effet de séparation entre deux entités, et attribue un aspect écologique au bâtiment.</p>	<p data-bbox="879 1995 1469 2123">Une terrasse en rampe qui servira comme esplanade aux visiteurs et donne une touche artistique au bâtiment.</p>

5.4 Conceptualisation du projet

5.4.1 Présentation du projet :

Dans une optique de mixité sociale et fonctionnelle, et dans un contexte énergétique notre projet consiste à concevoir un immeuble de grande hauteur à usage mixte et à basse consommation énergétique. Le bâtiment sera situé au quartier d'affaire de Bab ezzouar, avec une emprise au sol de 4550m², et comportera trois différentes fonctions : commerce, bureau et Hôtel. (Pour le programme voir annexe 02)

5.4.2 Schéma de principe du plan de masse :

La surface de notre site est jugée très grande par rapport à un projet qui se développe en hauteur de ce fait, notre aire d'étude occupera seulement 1,45 ha de la surface, et par conséquent il sera limité par une voie mécanique du côté Nord et une autre du côté Ouest.

Concernant notre plan de masse, dans un cadre écologique et compte tenu du principal atout de notre site qui est le parc urbain, nous avons prévu qu'une seule voie mécanique qui mène à un air de stationnement réservé au public et un parking au sous-sol de notre bâtiment, réservé au personnel de la tour.

Notre bâtiment sera implanté au centre du terrain et aura deux accès dont, un accès principal du côté nord et un accès secondaire du côté ouest.

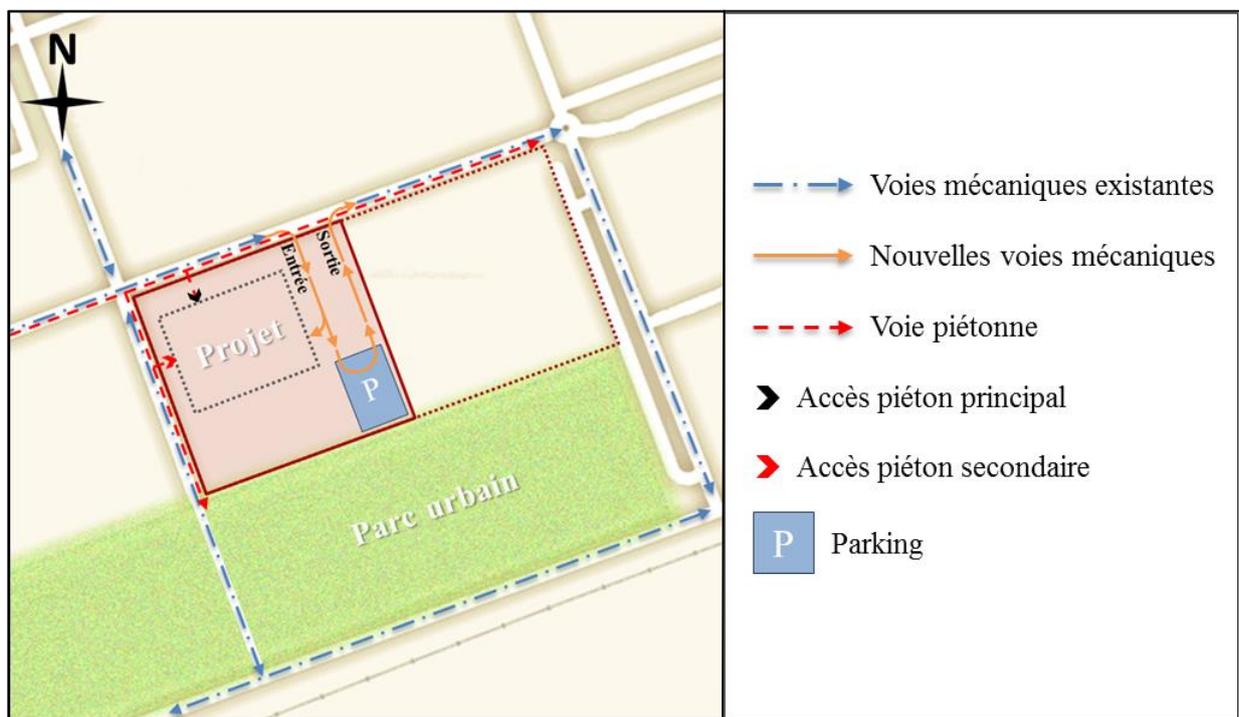
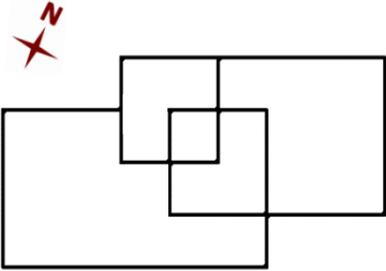
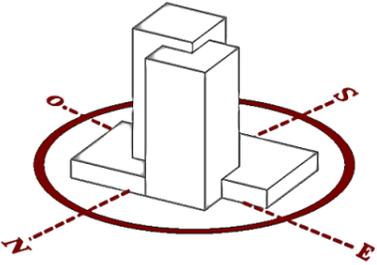
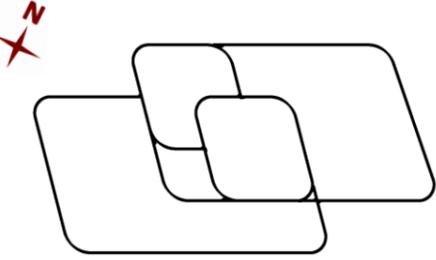
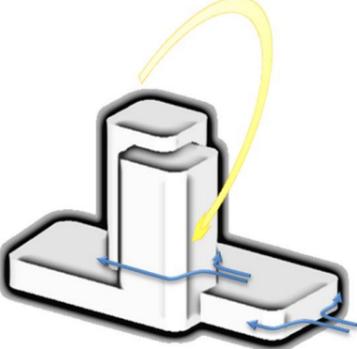
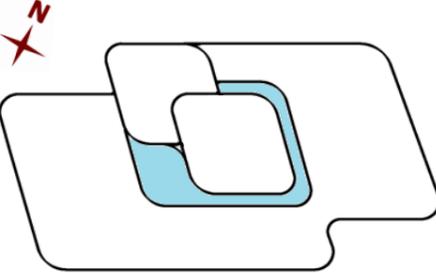
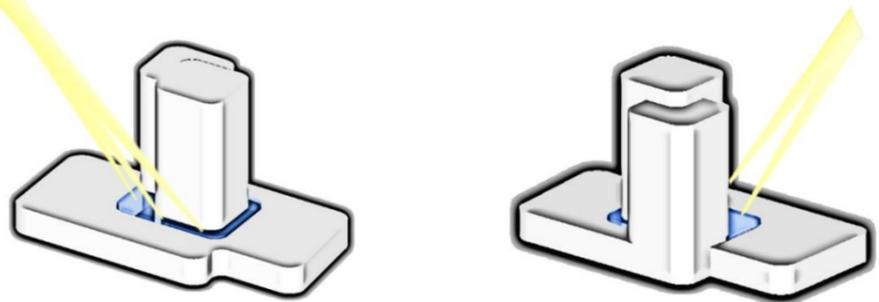
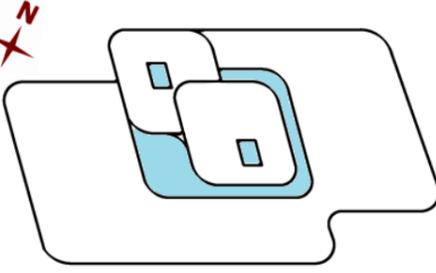
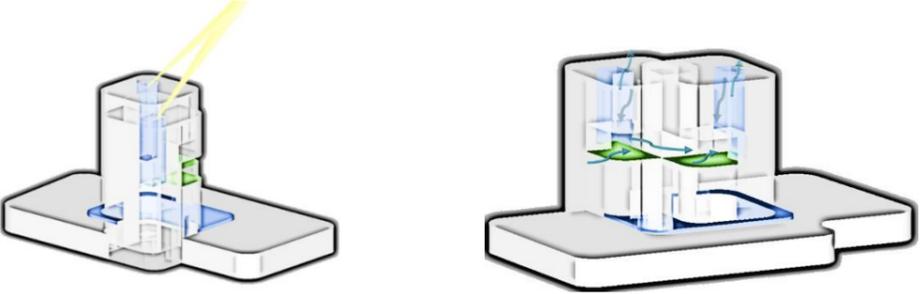
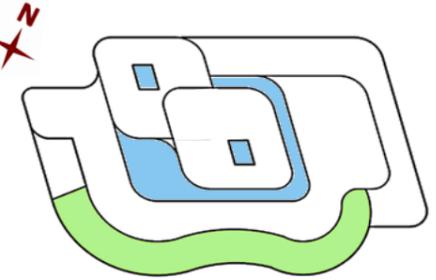


Figure 78: Schéma de principe (source : auteurs)

5.4.3 Idée de projet :

L'idée de base de notre projet provenait d'une part du thème choisi et d'une autre, pour répondre à une principale contrainte de notre site, dont la hauteur qui ne doit dépasser 48 m. De ce fait, on a décidé que la tour soit composée de deux formes compactes, et ainsi, on fera illusion à deux tours qui se croisent pour exprimer la mixité des fonctions, de plus la tour paraît plus élancée et sa hauteur sera mise en valeur.

5.4.4 Genèse de forme :

	Etapas	2D	3D
1	<p>Pour une première étape, l'idée de projet était illustrée avec des formes de base : deux carrés qui représentent deux tours dont chacune est surélevé sur un socle représenté par un rectangle, et ceci afin de valoriser encore plus notre tour.</p>		
2	<p>Tenu compte des données climatiques de la région et recommandations conceptuelles, la tour a été orientée suivant l'axe Est-Ouest (orientation recommandée), et les angles ont été arrondis afin de favoriser l'écoulement de l'air et éviter l'effet de coin par rapport au vent.</p>		
3	<p>on a décidé d'adopter un élément bioclimatique qui est l'atrium, d'une part pour assurer le rafraîchissement passif et d'une autre, il aura le rôle d'articulateur entre les blocs et les différentes fonctions.</p>		
4	<p>une terrasse jardin en double hauteur, aura lieu à un niveau intermédiaire de la tour afin de séparer les deux fonctions, et à partir de cette dernière deux atriums se développeront vers les étages supérieurs de l'hôtel</p>		
5	<p>afin d'enrichir un peu plus le volume, nous tenons à adopter deux types de forme et avoir par la suite deux façades différentes, une façade régulière du côté Nord qui est réservée aux immeuble de bureau, et ceci pour exprimer la fonction administrative, et une façade avec des formes curvilignes du côté sud, réservée au parc urbain pour exprimer les fonctions de détente. Cette fluidité sera marquée avec une rampe qui servira comme esplanade et qui mènera à deux toitures terrasses accessibles aux visiteurs.</p>		

5.4.5 Distribution des fonctions :

Notre bâtiment comporte 13 étages, et les fonctions sont réparties comme suit :

- 2 sous-sols réservés au parking.
- 2 niveaux réservés au espace commerce et les espaces de loisir et de détente.
- 5 niveaux pour les bureaux.
- 1 niveau réservé aux espaces de divertissement avec une terrasse jardin qui s'étend sur 2 niveaux.
- 5 niveaux pour l'hôtel.
- 1 niveau observatoire.

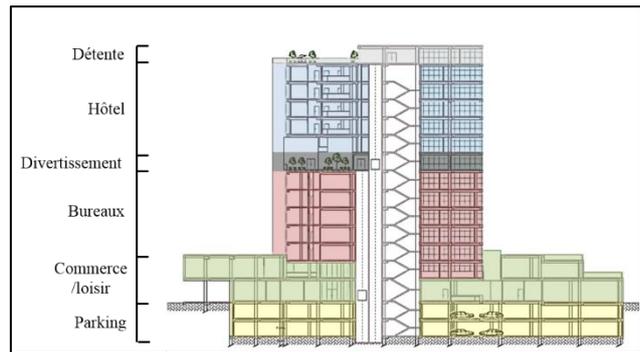


Figure 79 : Schéma de distribution des fonctions
(source : auteurs)

5.4.6 Lecture des plans :

La distribution des fonctions a été faite d'une manière bien réfléchie, séparant entre travailleurs et visiteurs afin d'assurer le confort à tous les occupants, par conséquent, les niveaux inférieurs sont réservés aux espaces publics, et les niveaux supérieurs sont réservés pour les espaces privés, de ce fait la répartition des espaces est comme suit :

Sous-sol : réservé au parking du personnel avec 92 places de stationnement.

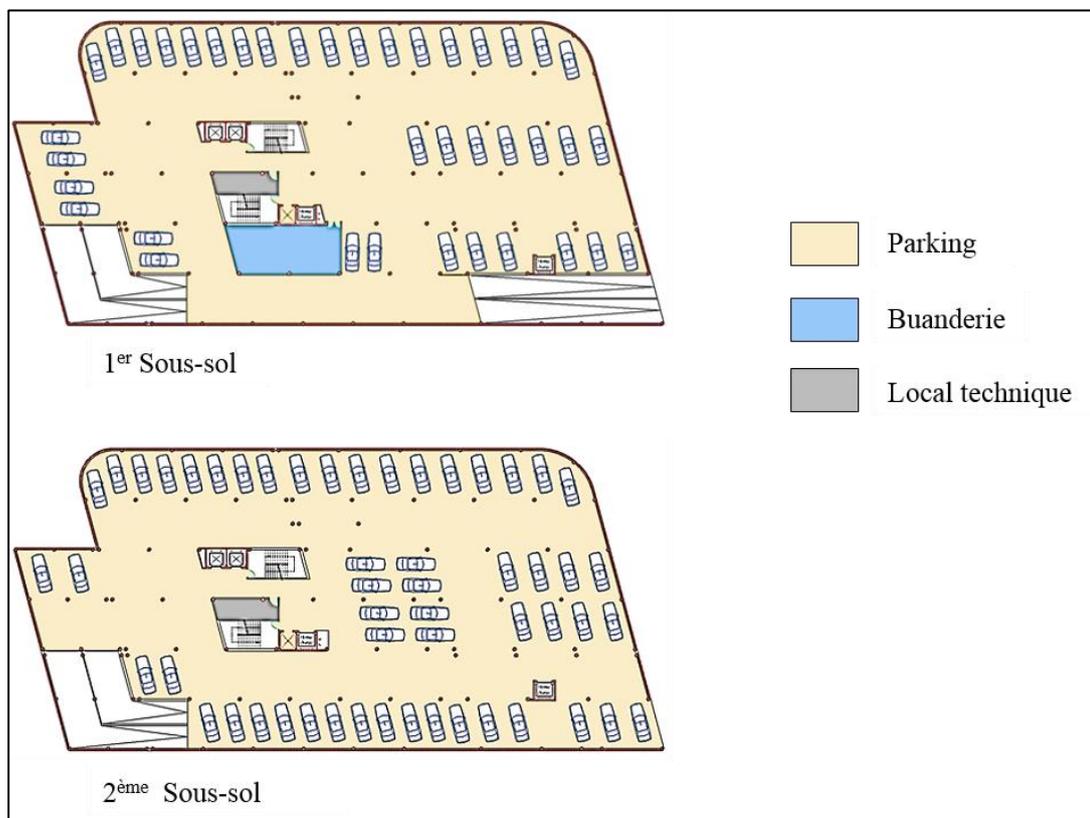


Figure 80 : Plans sous-sol (source : auteurs)

RDC : l'accès au bâtiment se fait par un accès principal du côté Nord ou par l'accès secondaire du côté Ouest. Le rez-de-chaussée avec une surface de 3570 m², est réservé aux espaces a forte fréquentation, on trouve alors les espaces de ventes du côté Nord, le restaurant de l'hôtel du côté Est et les espaces de loisir et de détente du côté sud desservie par une cour intérieure, et les bureaux de gestion sont du côté Ouest.

A l'intérieur de la tour, et juste à l'entrée on trouve une réception avec une salle d'attente, de plus un espace d'accueil réservé à l'hôtel et, un noyau central comportant tous les espaces techniques. Le noyau est devisé en deux parties dont une, comporte une cage d'escalier et deux ascenseurs réservés aux employés, et l'autre est réservée aux résidents de l'hôtel avec une cage d'escalier, un ascenseur. Ces deux parties sont séparées par des sanitaires et un local technique. On trouve aussi dans ce noyau, un vide sanitaire et, un monte des charges.

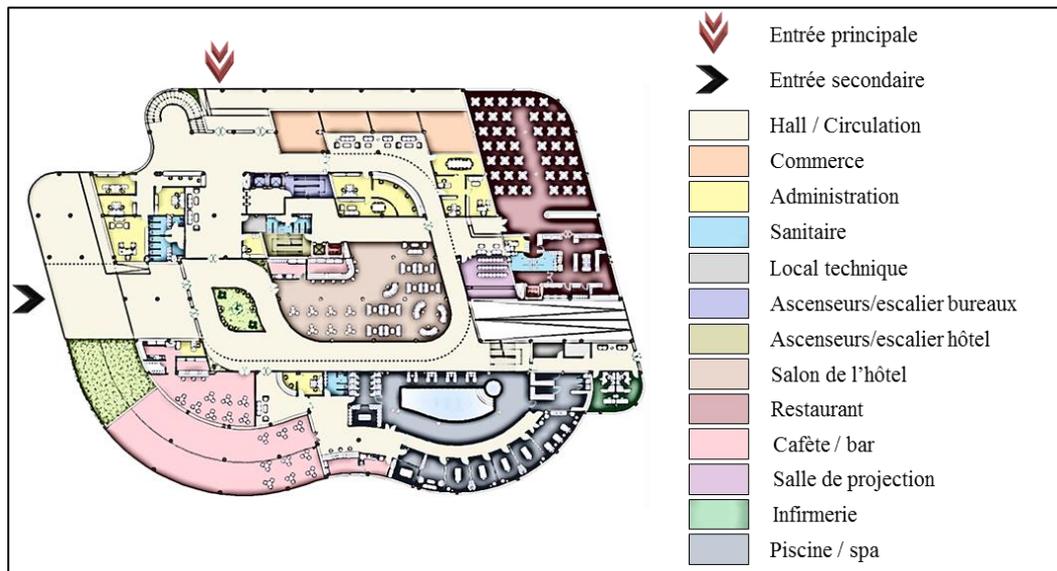


Figure 81 : Plan Rez de chaussée (source : auteurs)

1^{er} étage : avec une surface de 3110 m² cet étage comporte de diverses fonctions séparées entre elles avec un atrium afin de réduire les nuisances par rapport aux espaces de travail. On trouve alors les espaces de détente du côté sud, le réfectoire du côté Est avec deux terrasses, dont une du côté Est également réservée aux visiteurs, et une petite terrasse du côté Nord du bâtiment réservée aux employés. La tour à ce niveau est séparée en deux parties dont, une partie est réservés aux espaces de bureau, et l'autre partie est occupée par un hall central qui mène à la salle de séminaire, et a une salle de recherche.

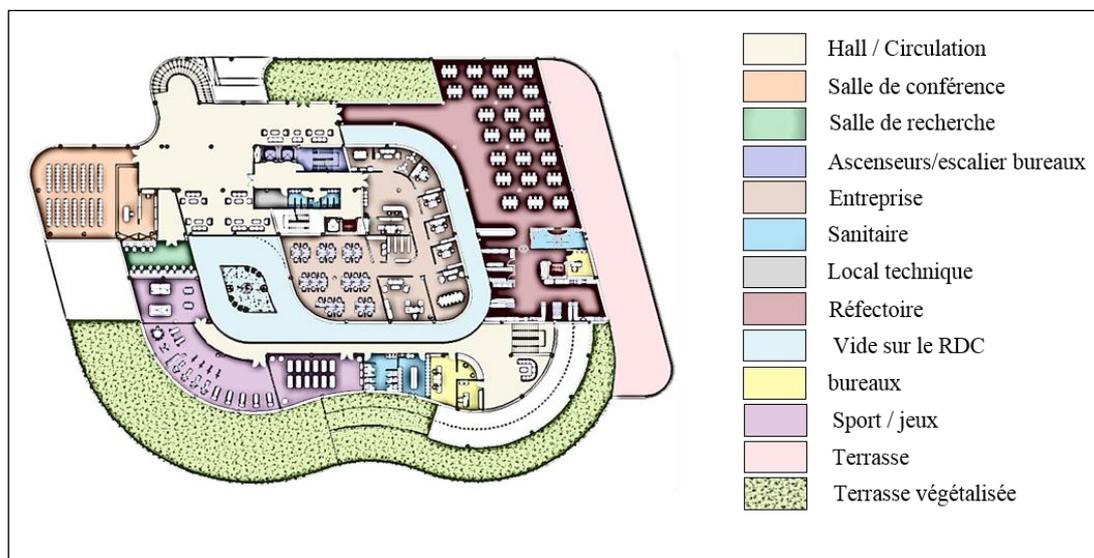


Figure 82 : Plan 1^{er} étage (source : auteurs)

2^{ème} étages – 6^{ème} étages : ces étages sont réservés uniquement aux espace de bureau, avec une surface de 1030 m² pour chaque niveau.

On trouve dans chaque étage deux sociétés dont chacune comporte 06 bureaux clos, des bureaux en open-space ainsi, qu'une salle de réunion, salle de reprographie, salle d'archive, une salle de repos, et la réception.

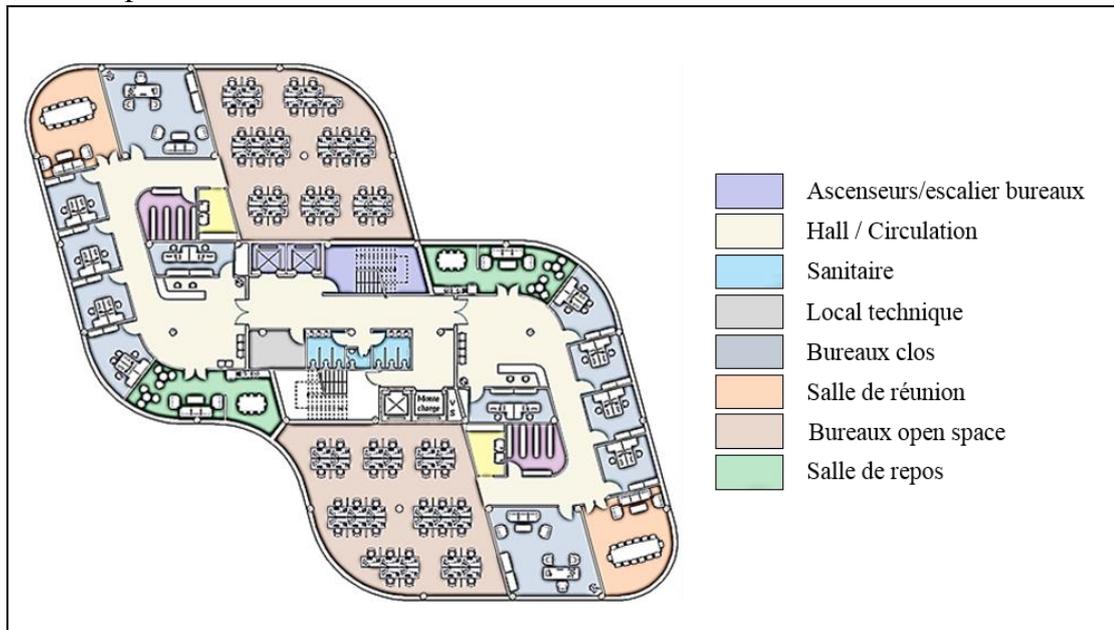


Figure 83 : Plan 2^{ème} – 6^{ème} étages (source : auteurs)

7^{ème} étage : cet étage est considéré comme étage de transitions qui sépare entre les espace de bureau et les chambres d'hôtel, c'est un étage réservé aux espaces de divertissement (salle de lecture, espace de recherche, salle de prière, cafète...), avec une grande terrasse jardin de 375m² qui s'étend sur deux niveaux, ces espaces sont des espaces communs, destinés aux travailleurs, ainsi qu'aux résidents de l'hôtel.

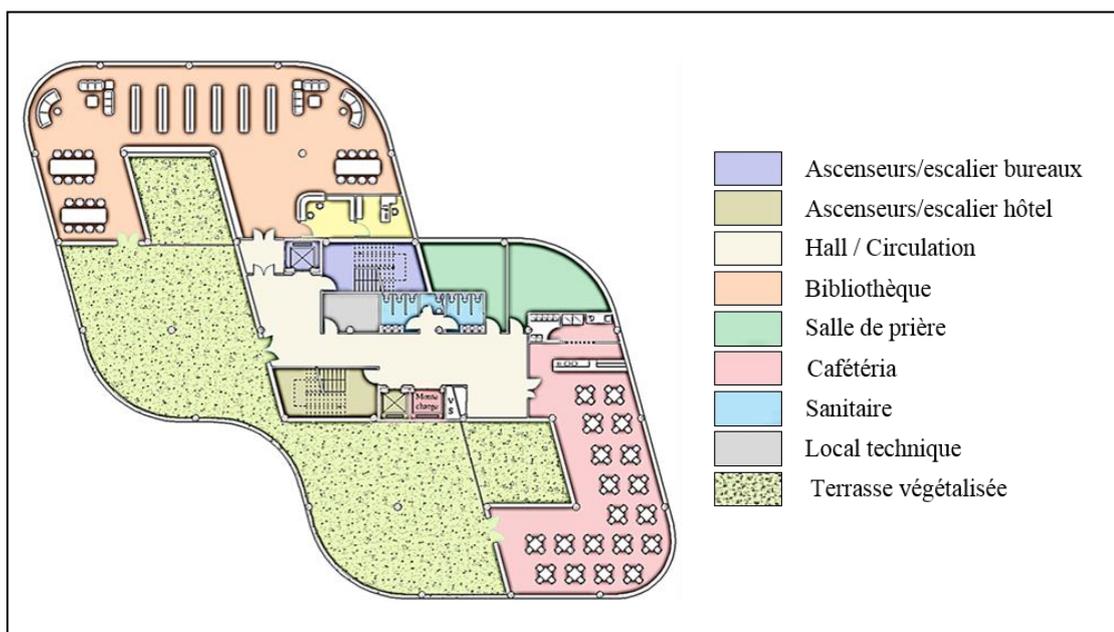


Figure 84 : Plan 7^{ème} étage (source : auteurs)

8^{ème} étage : dans cet étage on trouve une mezzanine qui donne sur une terrasse jardin et des chambres d'hôtel : 04 chambres simples, 03 chambres doubles, 04 chambres doubles supérieures et une suite.

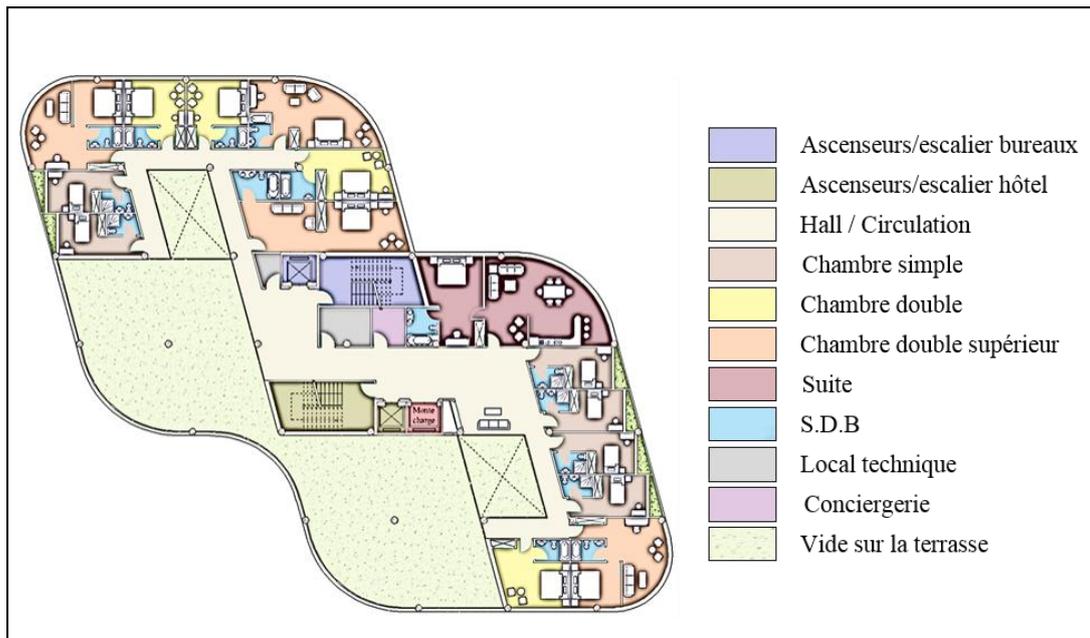


Figure 85 : Plan 8^{ème} étage (source : auteurs)

9^{ème} étage – 12^{ème} étage : ces étages sont réservés aux chambres d'hôtel, On trouve dans chaque niveau 08 chambres simples, 06 chambres doubles, 06 chambres doubles supérieures et 02 suites, organisées autour de deux atriums.

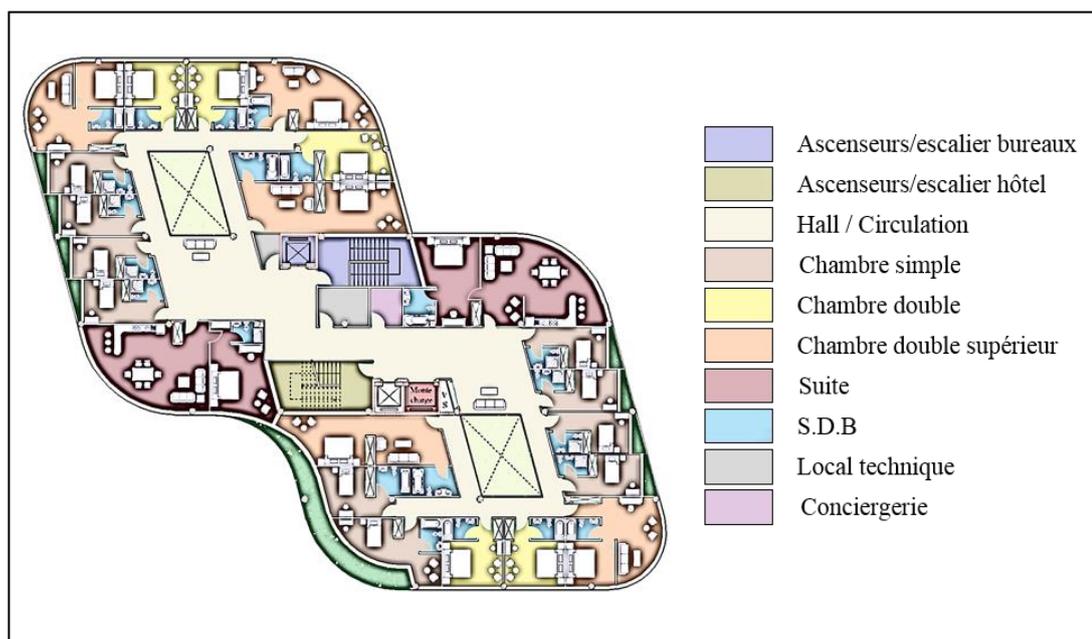


Figure 86 : Plan 9^{ème} – 12^{ème} étages (source : auteurs)

13^{ème} étage : le dernier étage de la tour est un étage observatoire afin de profiter de la vue panoramique de la région, on y trouve un petit bar de boisson, un salon et une terrasse jardin.

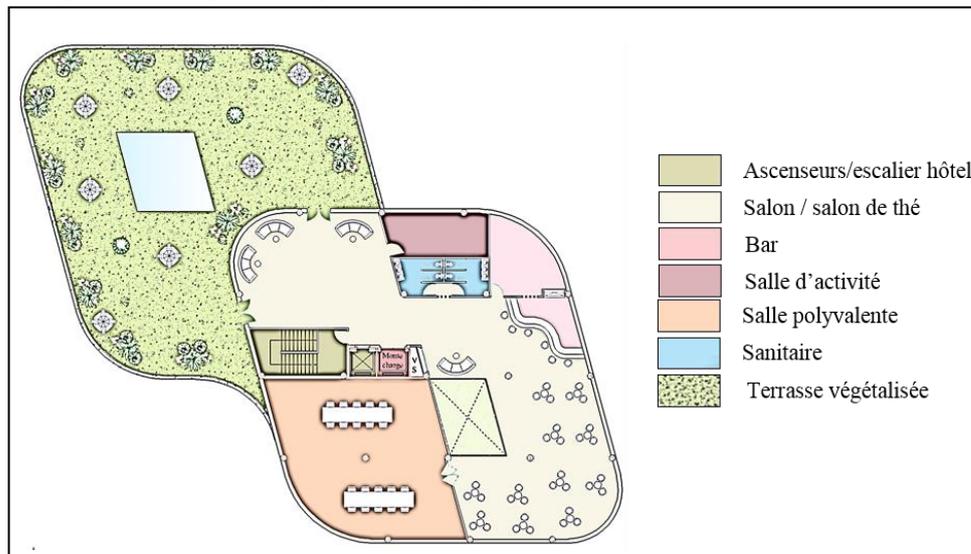


Figure 87 : Plan 13^{ème} étage (source: auteurs)

5.4.7 Description des façades :

Le principe de la façade architecturale est de refléter l'usage de l'édifice, tout en assurant une relation entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Dans ce contexte notre bâtiment adopte deux types de façade, une façade principale administrative du côté Nord, qui est en parfaite harmonie avec les édifices existants déjà dans le quartier d'affaire. Et une façade Sud qui exprime la détente avec ses formes fluides et la présence des terrasses jardin.

Pour le traitement des façades, La façade principale est vitrée, avec la présence des pilotis au socle et un accès principal marqué par un retrait en double hauteur. Pour la tour la façade tient à refléter la mixité des fonctions du bâtiment, de ce fait elle est traitée selon les exigences de chaque fonction. Les étages inférieurs réservés au bureau sont en mur rideau, afin de bénéficier au maximum de l'éclairage naturel pendant la journée, tant dis qu'aux étages supérieurs, ils sont en murs semi-rideau, afin de préserver l'intimité des résidents d'hôtel. Pour l'étage intermédiaire, il sera traité différemment afin de marquer la séparation entre les deux fonctions.



Figure 88 : Façades Nord (source : auteurs)

Par rapport à la façade Sud, elle est constituait d'un mur semi-rideau, avec un jeu de terrasses végétalisées qui font illusion à une fusion entre les étages. Ces dalles vont fournir de l'ombre et ainsi la façade sera protégée des rayons solaires. De plus une terrasse jardin en double hauteur sépare les étages de bureau et ceux de l'hôtel.

Les façades Est et Ouest sont traitées avec du moucharabieh afin de protéger les de l'éblouissement.



Figure 89 : Façades Sud (source : auteurs)

5.5 Partie technique :

5.5.1 Système structurel :

La structure est le squelette de notre bâtiment, nous avons proposé un système structurel poteau-poutre, en béton armé assurant la stabilité de la tour et une grande partie du socle avec des poteaux de 50*50 et une trame structurelle de 06,25*06,42, avec des joints de dilatation. Tandis qu'à la partie réservée à la salle de conférence est en structure mixte avec une portée maximale de 14m. Des joints de dilatation ont été prévus chaque 25m, et ceci permettra d'atténuer le phénomène de changement de taille des matériaux qui survient avec les écarts de température et les effets du temps.

- Les planches :

Les planchers du bâtiment sont en dalle pleine, avec une épaisseur de 25 m. Cette dalle augmente la résistance mécanique de la structure, et facilite l'incorporation des câbles et canalisations tout en offrant une bonne isolation phonique. La dalle pleine travaille dans les deux sens. Elle permet une grande souplesse dans les portées et les formes, en particulier la facilité des divers percements.

Les portées courantes de ces dalles sont de 6m à 7m, elles portent sur un réseau de poutres secondaires et de poutres principales perpendiculaires au précédentes et leurs transmettent les différentes charges et surcharges.

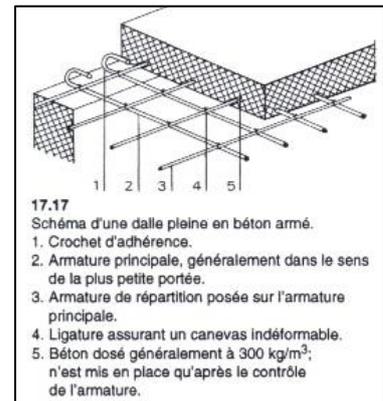


Figure 90 : Dalle pleine en béton
(source : google image)

- Poutre alvéolaire :

Utilisée dans la salle de conférence pour une portée de 14m. La poutre alvéolaire est obtenue à partir de laminés courants découpés en demi-poutrelles dont l'âme est-elle même découpée en cercle ou hexagones ; elle est ensuite reconstituée par soudage. Ceci permet d'alléger le poids et surtout de faciliter le passage des gaines et des fluides dans la hauteur de la poutre. Permet des portées de 20 m en solution mixte acier-béton.

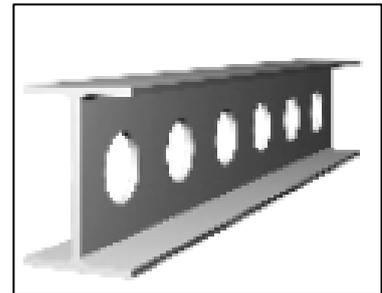


Figure 91 : Poutre métallique alvéolaire (source : Google image)

- Assemblage mixte poteau en béton armé – poutre métallique :

Dans la salle de conférence on aura un assemblage mixte d'une poutre métallique alvéolaire et un poteau en béton armé

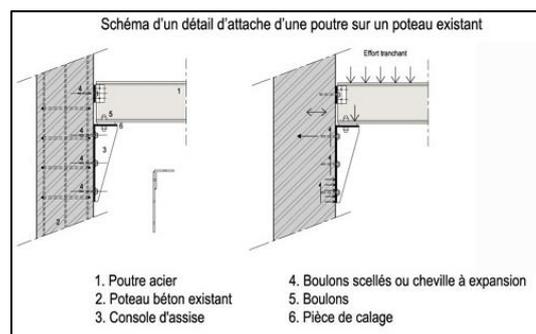


Figure 92: Assemblage mixte poteau-poutre
(source : Google image)

5.5.2 Circulation interne :

Afin d'assurer une circulation verticale a un temps réduit. La tour est menée de trois ascenseurs, dont un est réservé aux résidents de l'hôtel uniquement, il dessert donc du rez-de-chaussée directement au 8^{ème} étage. Pour les deux autres ascenseurs, ils sont réservés aux étages de bureaux, dont un dessert du sous-sol jusqu'au 8^{ème} étage, tant dis que l'autre dessert du sous-sol jusqu'au 13^{ème} étage.

Les ascenseurs de bureau sont d'une capacité de 1000kg (13 personnes), quant à celui de l'hôtel il est d'une capacité de 800 kg (10 personnes)

5.6 Stratégies bioclimatiques adaptées :

« L'architecture bioclimatique n'est pas seulement un moyen de faire les économies d'énergie ou de remplacer une source d'énergie par une autre, elle est surtout l'art de construire en harmonie avec le climat, suivant les heures de la journée et les saisons. Elle est tout simplement, une architecture plus confortable et plus conviviale pour les habitants » - **David RODITI** -

Dans ce contexte, et en vue de réduire les besoins énergétiques de notre bâtiment et d'obtenir des conditions de vie adéquates et confortables (température, taux d'humidité, luminosité...etc.) de manière la plus naturelle possible, nous avons adoptées dans notre projet plusieurs stratégies bioclimatiques, nous tacherons à développer le rôle de chacune d'entre elles dans ce qui suit :

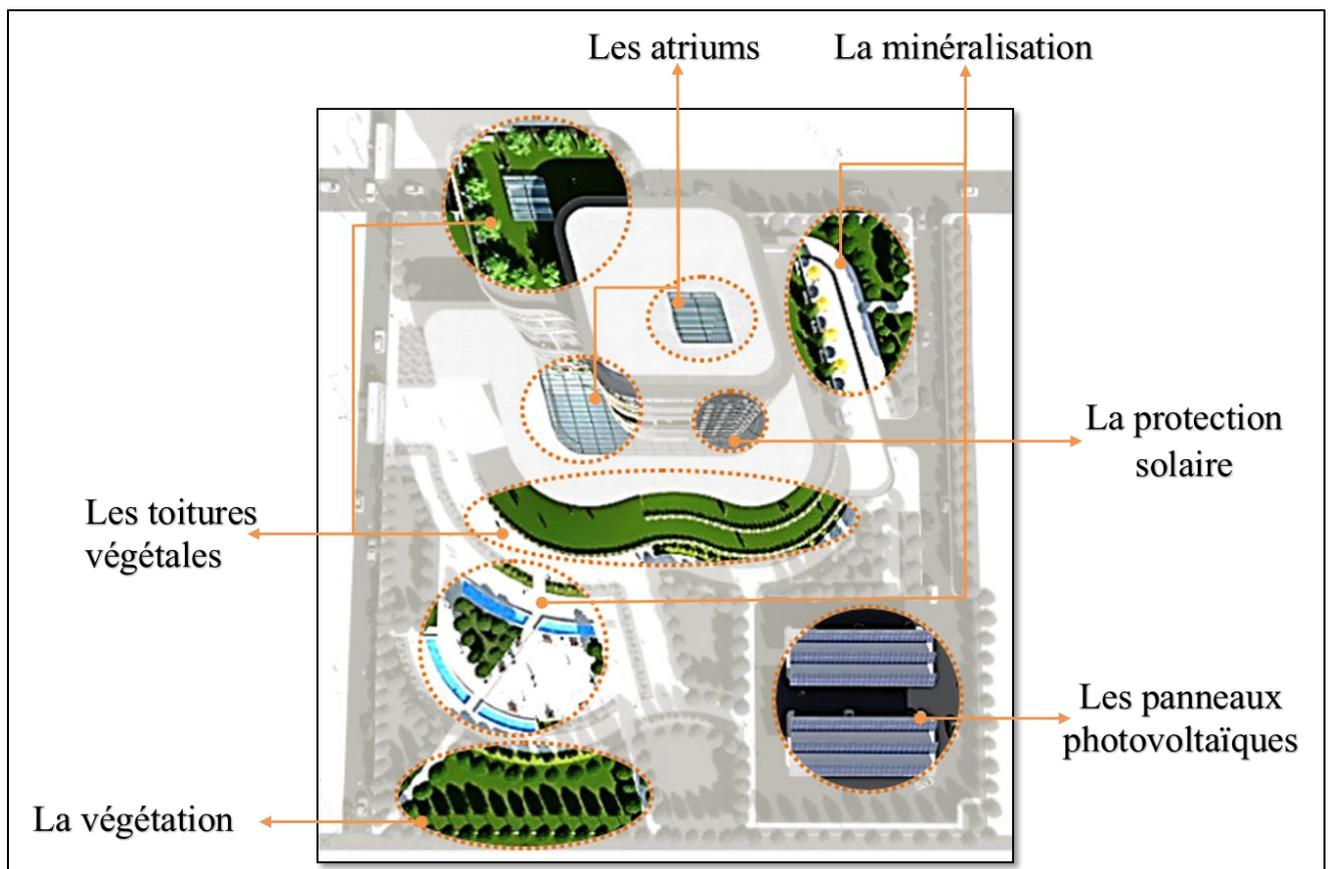


Figure 93 : Stratégies bioclimatique adaptées dans le projet (source : auteurs)

5.6.1 Système passif :

Forme et Orientation :

La forme de notre bâtiment est compacte, tous les espaces sont regroupés autour d'un élément bioclimatique central qui est l'atrium. Ceci minimisera les déperditions thermiques et permettra par conséquent d'atteindre des performances énergétiques élevées.

Notre bâtiment est orienté selon l'axe Est-Ouest tel recommandé dans le chapitre de l'état de savoir. Cette orientation est favorable, elle permet d'avoir une grande façade vers le Sud, ce qui aidera à minimiser les pertes de chaleur et à utiliser de façon optimal les apports solaires passifs. De cette façon la façade pourra donc, profiter pleinement de l'éclairage naturel et bénéficier d'un bon ensoleillement, sans que les pièces soient excessivement chauffées en fin de journée. Le bâtiment a été orienté tout en respectant les données climatiques et les potentialités offertes par le site, telles que les vues panoramiques sur le parc urbain qui se trouve également au Sud.

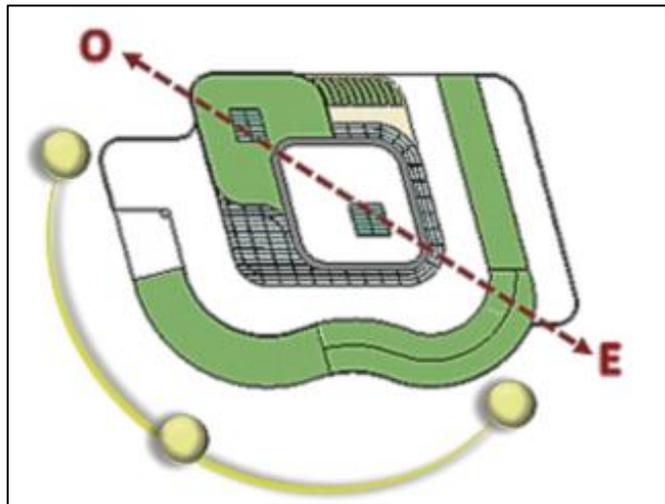


Figure 94 : Forme et Orientation du projet (source : auteurs)

L'atrium :

Dans notre bâtiment on trouve trois atriums, un atrium central qui s'étend sur deux niveaux, et autour duquel s'articule la tour ainsi que les différents blocs constituant le socle. De plus, on trouve deux petits atriums qui se développent à partir de la terrasse jardin située au 8^{ème} étage, jusqu'au dernier niveau.

Grace à leurs toiture en verre, qui s'ouvre en période estivale et se ferme en période hivernale, les atriums ne favorisent pas l'apport de la lumière naturelle aux espaces situés vers l'intérieur du bâtiment seulement, mais aussi, ils régulent le confort thermique de manière passive grâce à la ventilation naturelle. En hiver, ils récupèrent les apports calorifiques du soleil et évacuent l'air chaud en été avec une amenée d'air frais dans le bas du bâtiment.

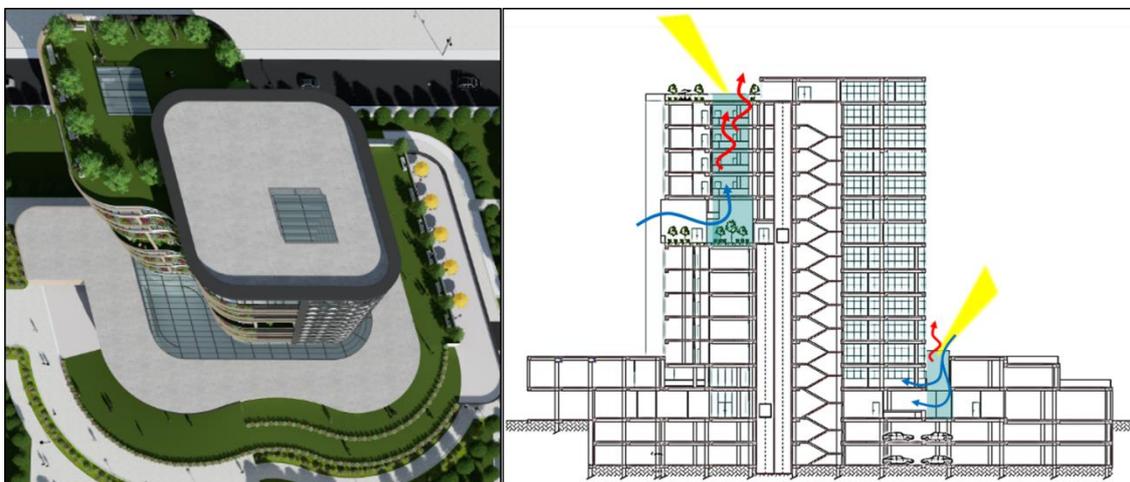


Figure 95 : Le rôle bioclimatique de l'atrium (source : auteurs)

Protection solaire :

Afin de protéger notre bâtiment des rayons solaire et l'éblouissement on a prévu des dispositifs de protection solaire comme le moucharabieh du côté Est et Ouest ce qui va créer une semi transparence, et des terrasses du côté Sud, ceci va fournir de l'ombre et empêcher la pénétration excessive des rayons solaire, ainsi les façades de notre bâtiment seront protégées.



Figure 96 : Les terrasses végétalisées au sud (source auteurs)



Figure 97 : Moucharabieh à l'Est et à l'Ouest (source auteurs)

Terrasse végétalisée :

En termes d'économie d'énergie, nous a avons prévu une terrasse végétalisé du côté nord, une autre en pente du côté sud ainsi qu'une toiture végétalisée au dernier étage de la tour.

Le concept de Terrasse végétalisée ou toiture jardin offre la possibilité de diminuer la consommation d'énergie indispensable à la climatisation ou au chauffage du bâtiment. Ceci entraînant une baisse des rejets de gaz à effet de serre. Côté pratique, les toits verts retiennent parfaitement bien les eaux pluviales et purifient l'air. Ils permettent également de protéger les membranes de couverture des rayons UV et des écarts de température, augmentant ainsi leur durée de vie. Puis, les toitures-jardins sont particulièrement résistantes au feu et peuvent devenir de bons isolants acoustiques. En hiver, les toits verts réduisent les consommations énergétiques en chauffage et en été, ils apportent un brin de fraîcheur par le biais de l'évapotranspiration.



Figure 98 : Les terrasses végétalisées (source auteurs)



Figure 99 : Toiture végétalisées (source auteurs)



Figure 100 : La terrasse jardin (source auteurs)

Le mur rideau :

Un mur rideau en double peau ventilé est utilisé pratiquement sur toutes les façades de la tour, il est constitué d'un double vitrage à l'intérieur et un simple vitrage de l'extérieur, ces parois de verre sont séparées par une lame d'air. La ventilation de cette lame d'air résulte d'un phénomène de convection de l'air.

L'air entre en partie basse de la façade par des sections de ventilation, appelées entrées d'air. Cet air est chauffé dans la lame d'air, et monte par convection jusqu'aux sections de ventilation, appelées sorties d'air, situées en partie haute. La lame d'air ventilée contribue, par un effet de cheminée, à éliminer la chaleur et l'humidité due à la pluie ou à la condensation.



Figure 101 : La façade de la tour en mur rideau (source : auteurs)

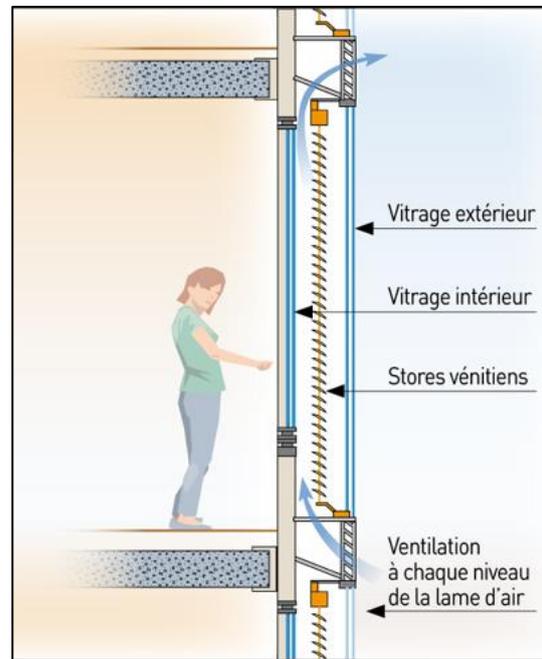


Figure 102 : Fonctionnement du mur rideau ventilé (source : Google image)

Matériau de construction :

Le matériau utilisé est la brique tel recommandé dans le chapitre précédent et selon la réglementation européenne, la brique est classée A1. Pour notre projet on utilisera plus précisément, **la brique monomur porotherme en terre cuite** qui est à la fois **mur et isolant**.

Sa structure alvéolaire, et son pouvoir isolant peut faire gagner près de 10% d'énergie par rapport à une maison isolée par l'intérieur. De plus, les variations de température sont fortement amenuisées, les ponts thermiques annihilés, et grâce à son inertie thermique. La brique Monomur Porotherm préserve l'intérieur du bâtiment des fortes températures, même en été, offrant ainsi, une stabilité et un confort de vie non négligeable, qui convient parfaitement à une construction bioclimatique.

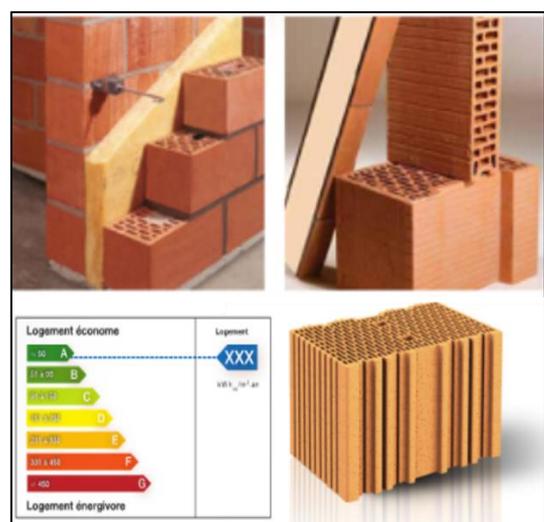


Figure 103 : La brique Monomur Porotherme en terre cuite (source : Google image)

Végétation :

On remarque la présence de la végétation dans les espaces verts extérieurs de notre projet. Les arbres et autres végétaux existants permettent non seulement d'atténuer les nuisances sonores, mais aussi de réduire la vitesse du vent en offrant une résistance au déplacement de l'air, ils influent aussi sur sa qualité en agissant comme de véritables filtres à air (absorption des poussières et des substances nocives). Les racines des arbres permettent de filtrer l'eau et ainsi en obtenir une meilleure qualité. Notant également que la présence d'arbres réduit le volume des eaux de ruissellement, protège les sources d'eau, réduit les dommages causés par les inondations et diminue l'érosion du sol.



Figure 104: La végétation côté Ouest (source auteurs)



Figure 105 : La végétation côté Sud (source auteurs)

Minéralisation :

La présence des espaces d'eau dans notre projet, notamment du côté Nord – Est favorise le rafraîchissement de l'air par évaporation. Ces espaces d'eau permettent de créer des microclimats et d'atténuer les variations journalières de température. L'eau trouve dans l'air ambiant la chaleur nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état vapeur, la température de l'air se voit ainsi réduite et l'humidité relative de l'air augmente, encore l'eau agit comme un tampon grâce à sa capacité de stocker de la chaleur.



Figure 106 : La minéralisation côté Nord-Est (source auteurs)



Figure 107 : La minéralisation côté Sud (source auteurs)

5.7 Evaluation Energétique :

La simulation thermique dynamique (STD) est une étape importante pour réussir des bâtiments économes et confortables, elle permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, les apports externes et internes...etc. Elle permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques adéquats.

Dans cette dernière partie, une simulation thermique dynamique sera effectuée afin d'évaluer le comportement thermique de notre bâtiment.

5.7.1 Présentation du logiciel :

De nombreux outils de simulation sont disponibles aujourd'hui, pour notre projet nous avons utilisé le logiciel « **ECOTECH Analysis** », un logiciel de simulation complet qui associe un modeleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût.

5.7.2 Protocole de simulation :

Pour bien évaluer la performance de notre projet nous tenons à effectuer deux simulations, en premier lieu nous allons simuler un étage courant réservé aux bureaux, en second lieu nous simulons un étage réservé à l'hôtel.

Dans cette simulation nous allons tenir compte aux recommandations conceptuelles issues des études et recherches précédentes.

Model 01 : étage de bureau

Les étages de bureau sont constitués d'un mur rideau du côté Nord et d'un mur semi-rideau du côté Sud, nous présentons ci-dessous les paramètres utilisés dans la simulation de l'étage :

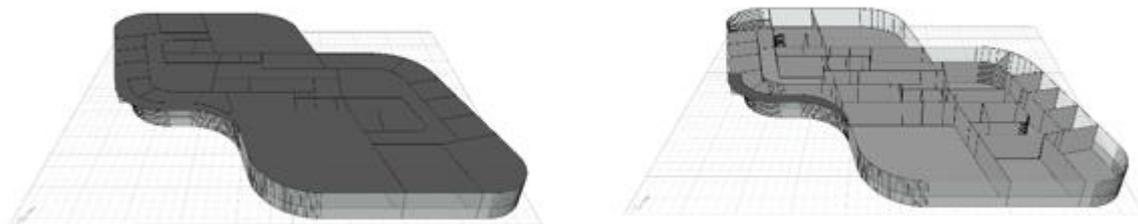


Figure 108 : Etage de bureau (source : auteurs)

Surface	1100 m ²	
Orientation	Est - Ouest	
Température de confort	T _{min} = 21.04° T _{max} = 26.74°	
Nombre de zone	35 zones	
Nombre d'occupants	90 personnes repartis sur les différentes zones	
Plancher haut	Dalle Béton	Asphalte : 0.006 m Béton léger : 0.100 m Plâtre : 0.010 m
Plancher bas	Dalle pleine	Béton : 25 m
Parois intérieures	Brique	Brique de maçonnerie 0.110 m
Parois extérieures	Mur semi-rideau	Vitre : 0.06 m Lame d'air : 0.3 m Vitre : 0.06 m
	Brique	Ciment : 0.020 m Brique de maçonnerie : 0.100 m Lame d'air : 0.050 m Brique de maçonnerie : 0.150 m Plâtre : 0.020 m
Type de vitrage	Double vitrage U _g = 1W/m ² .K	Vitre : 0.06 m Lame d'air : 0.3 m Vitre : 0.06 m

Tableau 23 : Protocole de simulation pour étage de bureau (source : auteurs)

Résultat :

Les sorties de simulation indiquent que la consommation annuelle est de 97,06 Kwh/m², avec des besoins au chaud à 31.60kw/m² et des besoins au froid a 65.46Kwh/m².

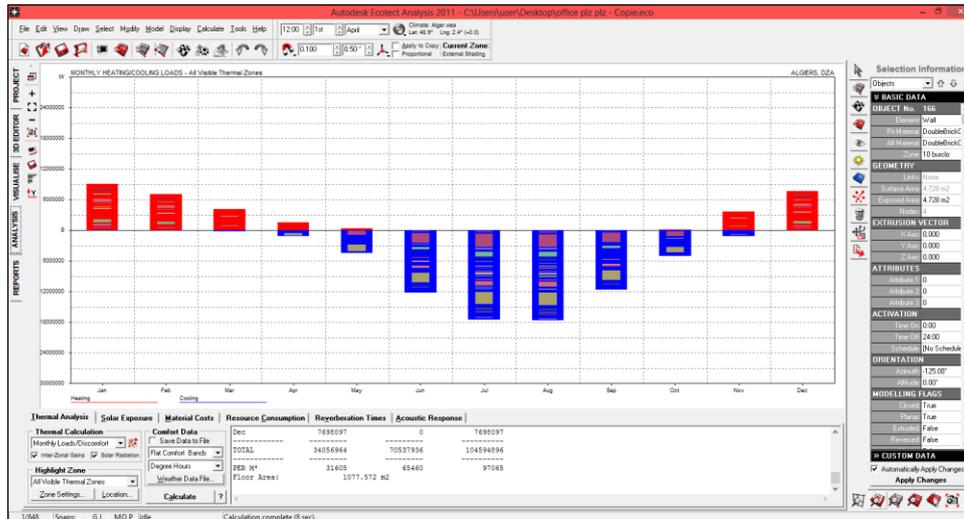


Figure 109 : de consommation d'énergie pour étage de bureau (source : Ecotect analysis 2010)

Model 02 : étage d'hôtel

Les etages d'hôtel sont constitués d'un mur semi-rideau du coté Nord et du coté Sud, nous presentons ci-dessous les parametres utilisés dans la simulation de l'étage :

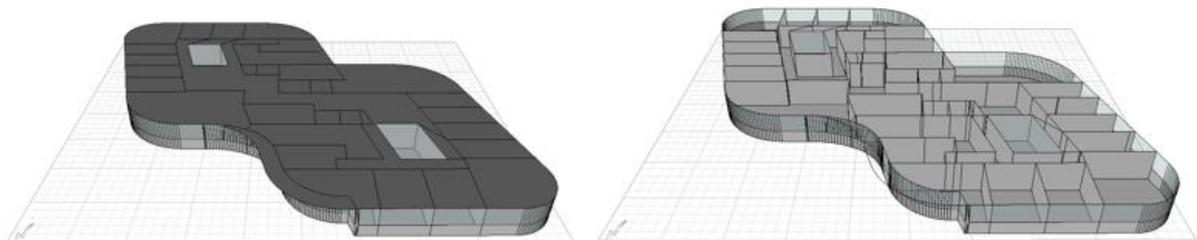


Figure 110 : Etage d'hôtel (source : auteurs)

Surface	1033 m ²	
Orientation	Est - Ouest	
Température de confort	T _{min} = 21.04° T _{max} = 26.74°	
Nombre de zone	34 zones	
Nombre d'occupants	36 personnes repartis sur les différentes zones	
Plancher haut	Dalle en béton	Asphalte : 0.006 m Béton léger : 0.100 m Plâtre : 0.010 m
Plancher bas	Dalle pleine	Béton : 25 m
Parois intérieurs	Brique	Brique de maçonnerie : 0.100 cm
Parois extérieurs	Mur semi-rideau	Vitre : 0.06 m Lame d'air : 0.3 m Vitre : 0.06 m
	Brique	Ciment : 0.020 m Brique de maçonnerie : 0.100 m Lame d'air : 0.050 m Brique de maçonnerie : 0.150 m Plâtre : 0.020 m
Type de vitrage	Double vitrage Ug = 1W/m ² .K	Vitre : 0.06 m Lame d'air : 0.3 m Vitre : 0.06 m

Tableau 24 : Protocole de simulation pour l'étage d'hôtel (source : auteurs)

Résultat :

Les sorties de simulation indiquent que la consommation annuelle est de 101.96 Kwh/m² avec des besoins au chaud a 42.94 Kwh/m² et des besoins au froid a 50.02Kwh/m².

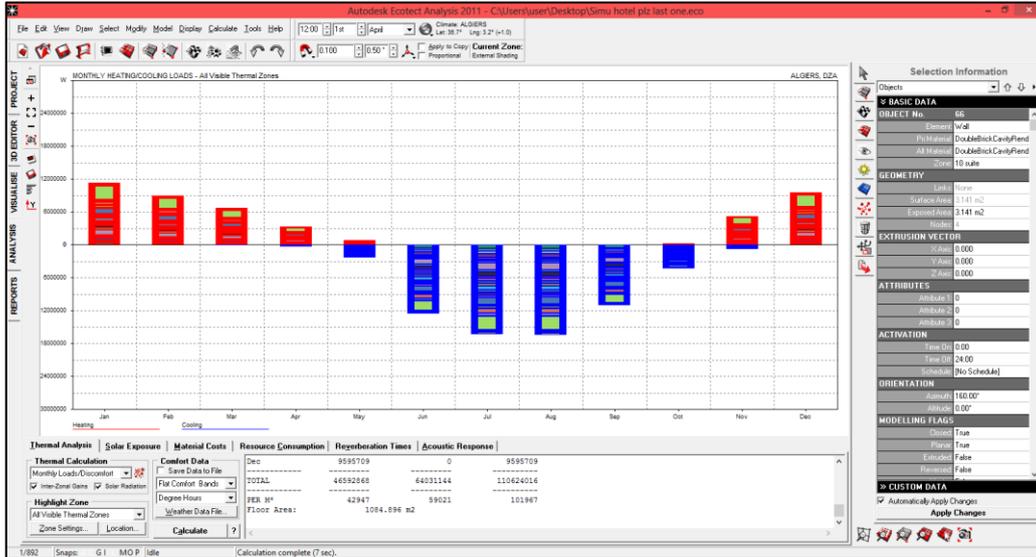


Figure 11: Taux de consommation d'énergie pour étage d'hôtel (source Ecotect analysis 2010)

Synthèse :

D'après les résultats obtenus on remarque que l'étage de bureau a une faible consommation par rapport à celle de l'hôtel, ceci est dû au nombre d'occupant et aux heures d'occupation, les espaces de bureau ne seront pas occupés toute la journée contrairement à ceux d'hôtel. A la fin de la simulation on obtient une consommation annuelle moyenne de 99.51kwh/m², de ce fait notre bâtiment est positionné dans la classe C de l'étiquette énergétique.

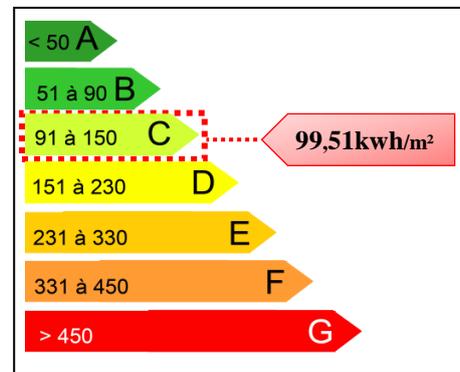


Figure 12: Etiquette énergétique (source: Google image)

5.7.3 Optimisation :

Afin d'optimiser la performance énergétique de notre bâtiment nous avons prévu une isolation avec du polystyrène expansé a 10 cm pour les murs extérieurs et 2.5 cm pour le toit, on présent ci-dessous les résultats obtenus.

Résultat d'optimisation : Etage de bureau

La consommation énergétique annuelle est réduite jusqu'au 60,40 Kwh/m, avec 34.91 Kwh/m² des besoins au chaud, et 25.33 Kwh/m² des besoins au froid.

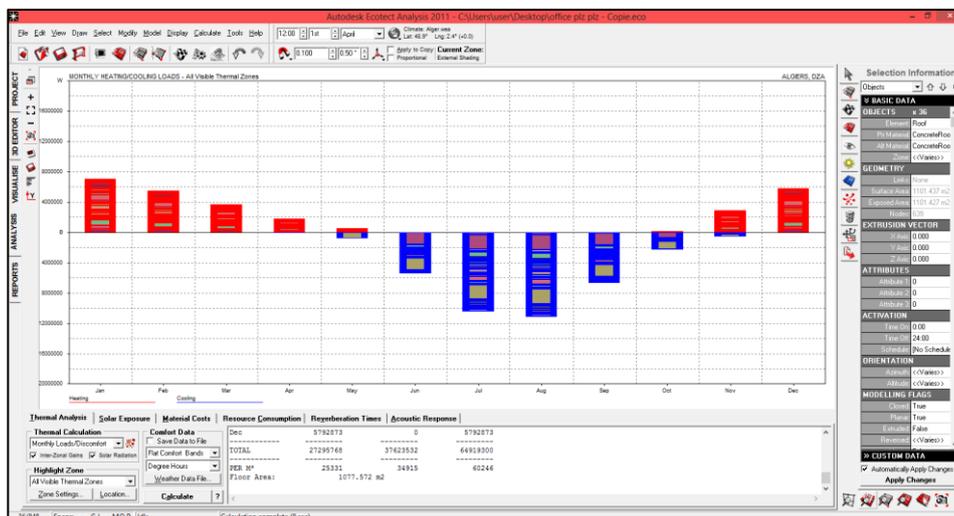


Figure 13 : aux de consommation d'énergie pour étage de bureau (source Ecotect analysis 2010)

Résultat d'optimisation : Etage d'hôtel

Pour cet étage, la consommation énergétique annuelle est réduite jusqu'au 54.31 Kwh/m², avec 21.87 Kwh/m² des besoins au chaud, et 35.43 Kwh/m² des besoins au froid.

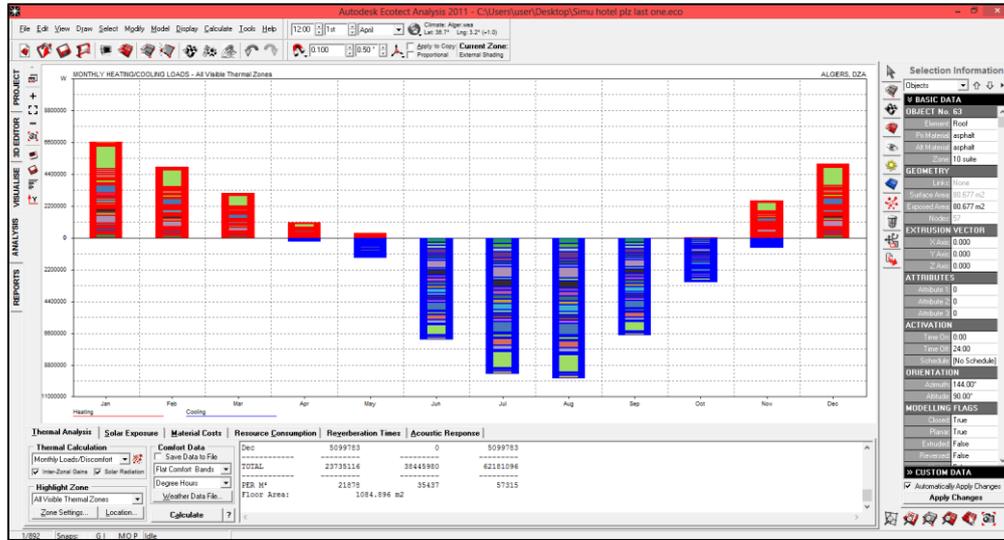


Figure 114 : Taux de consommation d'énergie pour étage d'hôtel (source Ecotect analysis 2010)

Synthèse :

D'après les résultats d'optimisation, on remarque un potentiel de réduction qui atteint les 58% des consommations énergétiques annuelles. De ce fait on parvient a une consommation annuelle moyenne de 57.35kwh/m², et par conséquent le bâtiment est positionné dans la classe **B** selon l'étiquette énergétique.

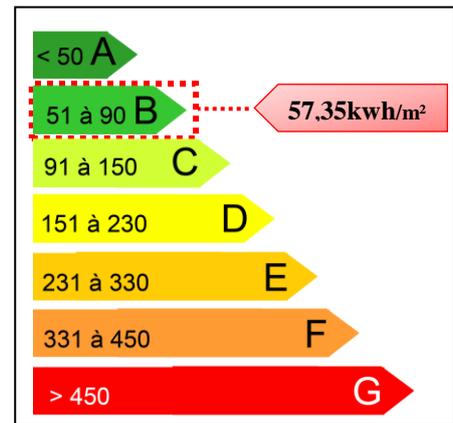


Figure 115 : Etiquette énergétique (source: Google image)

En vue de réduire encore plus les consommations énergétiques annuelles, et de maximiser la performance énergétique de notre bâtiment, nous tenons à intégrer un système actif avec deux techniques bioclimatiques. Pour cela nous avons opté pour la ventilation mécanique contrôlée afin d'assurer un renouvellement permanent de l'air et de minimiser par conséquent les besoins au froid. De plus nous avons prévu des panneaux photovoltaïques, afin d'exploiter une source d'énergie naturelle et inépuisable.

5.7.4 Système actif :

La ventilation mécanique contrôlée VMC :

Afin d'améliorer la qualité d'air, et d'assurer une bonne aération aux différents espaces, surtout ceux qui ne bénéficient pas d'une ventilation naturelle tel les espaces du noyau central et même le sous-sol, nous avons prévu une ventilation mécanique contrôlée à double flux, qui consiste à adapter le débit d'air en fonction de l'humidité intérieure. Le principe est simple, avant d'évacuer l'air vicié du bâtiment, la VMC a double flux en récupère la chaleur et l'utilise pour réchauffer l'air neuf venant de l'extérieur. Cet air sera ensuite redistribué dans les autres espaces. Ce système peut également en été rafraîchir l'air neuf entrant dans le bâtiment en inversant le processus de fonctionnement. La VMC Double Flux permet de ce fait d'obtenir un gain jusqu'à 95% sur les calories de l'air extrait et par conséquent, elle peut atteindre Jusqu'à 20% d'économies de chauffage en hiver, et en été, elle offre une climatisation douce et naturelle.

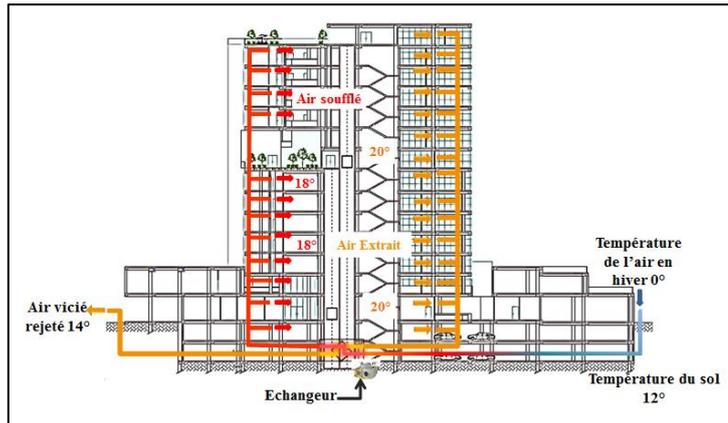


Figure 116 : Fonctionnement d'une ventilation mécanique contrôlée à double flux (source : Google image)

Les panneaux photovoltaïques :

Pour un bâtiment plus écologique et afin de bénéficier de l'énergie solaire, nous avons opté pour des panneaux photovoltaïques polycristallins. De ce fait 336 panneaux seront installés du côté sud sur des toits en métal couvrant une surface de 551.4 m² au-dessus des aires de stationnement, avec une inclinaison de 30° afin de capter le maximum de rayons solaires possible.



Figure 117 : Panneaux photovoltaïques (source : auteurs)

Les panneaux polycristallins présentent un aspect multi-facette bleutée typique de la présence de plusieurs cristaux de silicium. Leur procédé de fabrication consomme moins de ressources et ils ont une durée de vie de 30 ans.

Ces panneaux offrent un rendement surfacique de 11 à 15% avec une production plus au moins régulière tout au long de l'année. Ils possèdent un coefficient de température plus faible ce qui signifie qu'ils seront plus performant dans une région à forte variation de température.

Ce type de panneaux photovoltaïques disposent d'un meilleur rendement que les panneaux Mono en cas de températures élevées, et leurs prix est beaucoup moins élevé, il représente donc à ce jours le meilleur rapport qualité/ prix.

Calcul rendement des panneaux photovoltaïques :

Afin d'estimer le rendement des panneaux photovoltaïques nous avons utilisé le site « www.Tecsol.fr » qui propose des outils de pré-dimensionnement conçus par des ingénieurs spécialisés en énergie solaire, on présente ci-dessous les paramètres et résultat du calcul effectué sur le site :

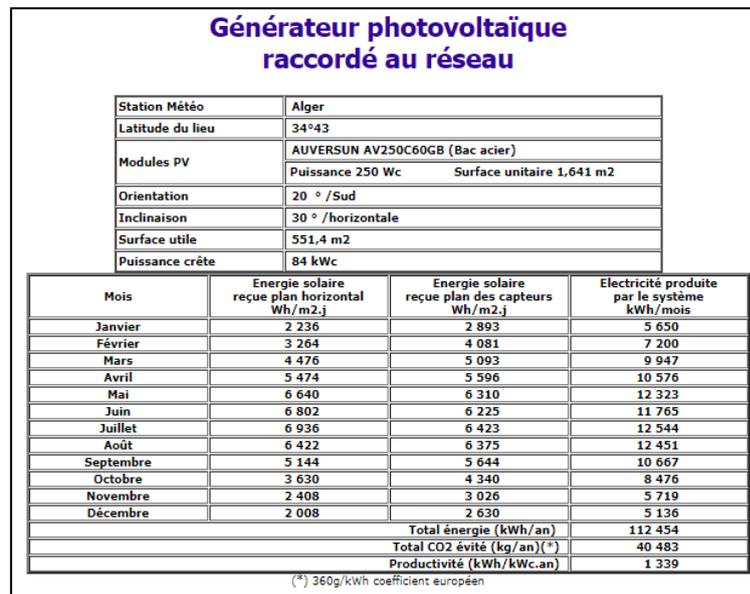


Figure 118 : Paramètres et résultat du calcul (source : www.Tecsol.fr)

D'après le résultat obtenu l'énergie totale est de 112.454 kwh/an. Afin d'avoir le taux de productivité par m², cette énergie sera répartie sur la surface de notre bâtiment qui est de 10947 m², on obtient de ce fait un rendement annuel de 10.27 kwh/m².

Synthèse :

Notre bâtiment était positionné dans la classe **B** de l'étiquette énergétique avec une consommation annuelle moyenne de 57.35 kwh/m², après l'installation des panneaux photovoltaïques on obtient un potentiel de réduction de 18%, de ce fait la consommation se réduit jusqu'à 47.08 kwh/m² et par conséquent, on parvient à un bâtiment à basse consommation énergétique qui se positionne dans la classe **A** de l'étiquette énergétique.

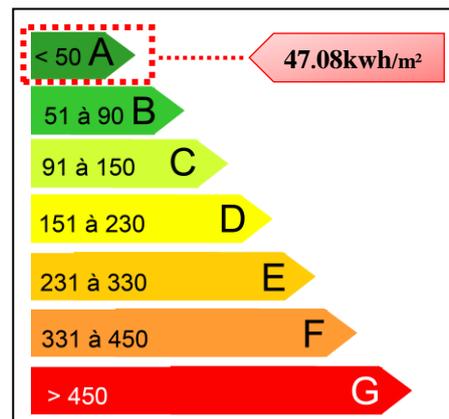


Figure 119 : Etiquette énergétique
(source: Google image)

6 Conclusion générale :

Dans la conception architecturale en général et la conception bioclimatique plus spécifiquement, l'objectif de l'architecte est de trouver des solutions architecturales satisfaisantes et efficaces pour concevoir un projet architectural performant et durable. Pour ce faire, il doit en premier lieu répondre à de nombreuses exigences telle que le le confort des usagers en hiver comme été, l'éclairage naturel, et la réduction de la consommation énergétique. En effet une bonne conception bioclimatique est une solution architecturale pour réduire les consommations énergétiques et donc les émissions de gaz à effet de serre, en profitant au maximum des apports bénéfiques de l'environnement et plus particulièrement, du soleil comme source d'énergie inépuisable.

L'objectif de cette étude est d'assurer une bonne maîtrise de l'énergie en généralisant un outil d'aide à la conception architecturale et de concevoir un bâtiment à basse consommation énergétique. A cet effet, notre étude a porté sur des recherches théoriques des dispositifs passifs qui influencent sur la consommation énergétique, suivi par des simulations de certains paramètres que leur effet nous paraît important sur le besoin en énergie. Les résultats de ces recherches montrent que ces indicateurs peuvent influencer le comportement thermique du bâtiment et qu'une bonne gestion de ces derniers, peut aider à réduire jusqu'à 60% des besoins énergétiques.

En termes de ces recherches nous avons été en mesure d'atteindre notre objectif qui est un bâtiment tertiaire à basse consommation énergétique et qui assure le confort thermique aux invendus. Et ceci à travers la conception d'une tour mixte, qui répond aux objectifs fixés sans négliger l'aspect fonctionnel et économique. La conception s'est focalisée sur des principes bioclimatiques, en introduisant des systèmes passif et actif, tout en prenant en compte les divers échanges thermiques entre le bâtiment et l'environnement afin d'améliorer les conditions de confort et de réduire les charges liées au chauffage et à la climatisation.

Au final, L'application de l'approche énergétique à l'échelle du bâtiment nous a permis de minimiser jusqu'à 70% des consommations énergétiques annuelles, et ceci nous mène à conclure que la maîtrise d'énergie réduit au maximum les méfaits environnement en terme de diminution de la consommation d'énergie du bâtiment et en minimisant l'émission des gaz à effet de serre.

Notre intervention demeure une expérience dont le but était de se doter d'une certaine culture bioclimatique et de contribuer à sensibiliser et éveiller les esprits en ce qui concerne le secteur de l'énergie et de la préservation de l'environnement dans notre pays.

Bibliographie :

1. A.F.M.E Agence Française pour la Maîtrise de l'énergie, Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur. Edisud.1988. P44-46.
2. Atelier Parisien D'urbanisme, 2007, « *Consommations D'énergieet Emissions De Gaz A Effetde Serre Liées Au Chauffageedes Résidences Principalesparisiennes* », Paris, France.
3. AYSE Miray Gemi, 2006, AN ESTIMATION APPROACH for THERMAL PERFORMANCE of ATRIUM BUILDINGS, Institute of science and, Istanbul technical university.
4. B. Vandevyver, J.-L. Pomia , 2013, *L'aménagement des bureaux Principales données ergonomiques*, Institut national de recherche et de sécurité, Fiche pratique de sécurité ED 23.
5. BALLOUT AMOR, 2010 , *Le Rôle De La Végétation Et L'eau Dans La Creation D'un Microclimat Urbain « Cas De La Place De Ain El Fouara A Setif»*, Université Mentouri de Constantine.
6. BELLARA Samira, 2005, Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective, Université Mentouri, Constantine.
7. BEN AMEUR Okba, 2016, *Etude de l'impact du rafraichissement des fontaines d'eau dans les maisons a patio, cas des zones sahariennes*, Université Khider Mohamed-Biskra.
8. BENHALILOU Karima,2008, *Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment*, Université de Constantine.
9. BODART Magali, 2007, Les Cahiers de l'Urbanisme N°66, Université catholique de Louvain, Chargée de Recherche FNRS, Louvain-la-Neuve, Belgique.
10. BOUTERF Ikram, 2016, *Tour Mixte Ecologique*, Université Abou Bekr Belkaid ,Tlemcen.
11. CASAULT André, 2006,*Comprendre L'habitat de Hà Nội: Une Expérience Interculturelle de Partenariat Universitaire*, Presses Université Laval, 373 pages.
12. CHARBONNEAU Jean-Yves,2004, *Confort thermique à l'intérieur d'un établissement*, Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec ,Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Québec.
13. FACER.J : "The role of 'greening' in commercial property development" *Fourth-year undergraduate project*, UK 2004/2005.
14. GEORGES ANDRIEUX SELECTION 43 COP 21 Paris 2015 : Un COuP de plus pour rien? jeudi 24 mars 2016.
15. Ghjuvan Antone Faggianelli, 2015, *Rafraichissement par la ventilation naturelle traversante des bâtiments en climat méditerranéen*, Génie des procédés, Université Pascal Paoli, France.
16. GIVONI.B – L'homme, L'architecture Et Le Climat- édition le moniteur. Paris, 1978. page24.
17. HADDAM Muhammad Abdalkhalq Chuayb,2015, *Application de quelques notions de la conception bioclimatique pour l'amélioration de la température interne d'un habitat*, Universite Abou Bakr Belkaïd ,Tlemcen.
18. HARBISON Michael, Lord Mayor,2010, *Mixed-use-development-guide*, Adelaide City Council, 41 pages.
19. HUGUES DE JOUVENEL. Revue Futuribles (N°247, novembre 1999), Mise à jour 2002.
20. Hung W, Chow W. A review on architectural aspects of atrium buildings. *Archit Sci Rev* 2001;44:285–95.

21. JACQUET Sébastien, 2011, *Performance énergétique d'une toiture végétale au centre-ville de Montréal*, L'École de technologie supérieure, Montréal, Canada.
22. Key World Energy Statistics 2014, AIE.
23. KHALEF Naima, 2012, *Etude du patrimoine architectural de la période ottomane entre valeurs et confort*, Université Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou.
24. KHARCHI Razika, 2013, *L'efficacité énergétique dans le bâtiment*, Equipe bioclimatique, Division Solaire Thermique et Géothermie – CDER.
25. L'Association nucléaire canadienne, 2008, « *L'énergie dans le monde : le passé et les avenir possibles* », Canadian Energy Research Institute, Canada.
26. LES DOSSIERS TECHNIQUES DE L'ALE DE L'AGGLOMERATION LYONNAISE, 2008, *LATOITURE VÉGÉTALISÉE*, France.
27. LIEBARD Alain, André De Herde, 2005, *TRAITER D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUES*, Observ'ER 368 P.
28. M.Ponni, R.Baskar, 2014, *Evaluation of the Thermal Performance of Light Roofing Systems*, International Journal of Engineering Science Invention, Annamali University, India.
29. MAES Pascale, 2009, *Labels d'efficacité énergétique HQE, BBC-EffinErgie, Maison Passive, RT 2005/2012, Qualitel*, C. Charlot-Valdieu & Ph. Outrequin. – Écoquartier mode d'emploi, G126.
30. MAZARI Mohammed, 2012, *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public*, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
31. MM. de Royer et Roux, 2012, *Guide de la toiture*, Fine Media, filiale de Solocal Group, Boulogne.
32. MORNEAU Jean David, 2005, *La Masse Thermique (Ou Inertie Thermique)*, fiche technique, ARCHIBIO, Montréal, Québec, Canada.
33. Mr. KHODJA Mohamed el hadi, Juin 2013, *Evaluation De La Consommation Energétique Des Logements A Haute Performance Energetique De Tamanrasset Et Opportunité D'utiliser Les Systemes Solaires*, BLIDA, Département de Mécanique, Université Saad Dahlab De Blida.
34. NIELS Thuesen, 2010, *high rise... rethinking mix use high rise architecture*, MA4-ARK7, 172 pages.
35. OGUZ Gunes, 2004, *High-Rise Buildings: Evolution and Innovations*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
36. SCHNEIDER Electric, 2011, *Le livre blanc de l'Efficacité énergétique*, ZZ4000.
37. SEMIDOR Catherine, 2012, *Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens. La cour : contribution environnementale et socioculturelle*, L'université Bordeaux.
38. STEINER Frederick , Kent Butler, 2006 , *Planning and Urban Design Standards*, Student Edition. American Planning Association, 448 pages.
39. TIBERIU Catalina, Joseph Virgone and Vlad Iordache , 2011, *Study On The Impact Of The Building Form On The Energy Consumption* , Université de Lyon, France.
40. TRACHTE Sophie , 2012, *Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable*, Presses universitaires de Louvain, 538P.
41. W.Y. Hung, 2003, *ARCHITECTURAL ASPECTS OF ATRIUM*, International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, volume 5, number 4, Chine.

Sitographie :

[http://app.bruxellesenvironnement.be/alter_clim/\(S\(abievfrwhod1p355qkqspy45\)\)/fichesPDF/IMPACT_protectionsolaire.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/alter_clim/(S(abievfrwhod1p355qkqspy45))/fichesPDF/IMPACT_protectionsolaire.pdf)

http://biohabitat.free.fr/dossiers/habitat_ecobio/habitat_bioclimatique/doc/Les_proprietes_des_materiaux.pdf

<http://technocalvisi.free.fr/Techno/5eme/architecture/gratteciel/index.htm#1>.

<http://www.asder.asso.fr/info-energie/eco-batiment/construction-et-renovation/conception-bioclimatique>

<http://www.enerzine.com/le-batiment-responsable-de-25-des-emission-de-co2/1437-2006-10>

http://www.fermalux.be/NEWS_488.html

<http://www.gramme.be/unite9/pmwikiOLD/pmwiki.php>

http://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea_ch2_fr.pdf

http://www.renovationdurable.eu/IMG/pdf/confort_thermique.pdf

- ANNEXE -

Annexe 01 : Tables de Mahoney

Localisation	Bab Ezzouar (Alger)
Longitude	3°10'58" Est
Latitude	36°43'34" Nord
Altitude	20 m

Température de l'air en °C :

Température	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
T moy Max (c°)	15,16	16,68	19,61	21,66	26,36	31,68	35,48	35,88	31,37	26,65	19,87	15,83
T moy Min (c°)	6	6,65	8,45	10,15	14,04	18,17	21,07	21,82	18,81	15,35	10,42	7,28
T moy mensuelle	10,58	11,66	14,01	15,9	20,2	24,92	28,27	28,85	25,09	21	15,14	11,55
	AMT (T max + T min)/2						T° max= 35,88			AMT=21,27		
	AMR (T max-T min)						T° min= 6,65			AMR=29,23		

Groupe d'humidité :

Groupe d'humidité	Humidité relative
1	H < 30 %
2	H : 30-50%
3	H : 50-70%
4	H > 70%

Humidité relative :

Humidité relative	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
HR moy Max (c°)	94,6	94,5	94	93,8	92,6	91,3	89,4	90,4	91,7	93,4	93,3	92,3
HR moy Min (c°)	60,7	57,1	54	53,8	51,3	45,9	46,5	45,3	51,8	51,1	55,3	58,5
HR moy mensuelle	77,65	75,8	74	73,8	71,95	68,6	67,95	67,85	71,75	72,25	74,3	75,4
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4

Précipitation :

précipitation (mm)	118.34	79.97	66.07	81.65	59.86	7.84	3.62	6.05	34.97	68.17	101.94	128.57
	Total = 752.05											

Limites de confort :

Groupe d'humidité	AMT > 20°C		AMT : 15-20 °C		AMT < 15°C	
	jour	nuit	jour	nuit	jour	nuit
1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12_21
2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12_20
3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12_19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12_18

Diagnostic de température en °C :

mois	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4
T moy Max (c°)	15,16	16,68	19,61	21,66	26,36	31,68	35,48	35,88	31,37	26,65	19,87	15,83
confort diurne Max	27	27	27	27	27	29	29	29	27	27	27	27
confort diurne Min	22	22	22	22	22	23	23	23	22	22	22	22
T moy Min (c°)	6	6,65	8,45	10,15	14,04	18,17	21,07	21,82	18,81	15,35	10,42	7,28
confort nocturne Max	21	21	21	21	21	23	23	23	21	21	21	21
confort nocturne Min	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
stress thermique jour	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	C	C
stress thermique nuit	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C
Avec : O : confort, C : froid, H : chaud												

Signification :

	Indicateur	Confort thermique		Précipitation	G. d'humidité	AMR
		Jour	Nuit			
Mouvement d'air essentiel	H1	H			4	
		H			2,3	< 10°
Mouvement d'air désirable	H2	O			4	
Protection contre les pluies	H3			+ 200 (mm)		
Capacité thermique	A1				1,2,3	> 10°
Dormir à l'extérieur	A2		H		1,2	
		H	O		1,2	> 10°
Protection contre le froid	A3	C				

Indicateurs :

mois	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	Total
H1 mouvement d'aire essentiel									x				1
H2 mouvement d'aire désirable					x					x			2
H3 protection contre la pluie													0
A1 stockage thermique nécessaire						x	x	x					3
A2 dormir dehors désirable													0
A3 protection de froid	x	x	x	x							x	x	6

Les recommandations spécifiques :

Indicateurs					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
1	2	0	3	0	6

1. Plan de masse						
			0-10		5-12	Bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil. x
			11-12		5-12	Plans compacts avec cours intérieures.
				0-4		

2. Espacements entre bâtiments						
11-12						Grands espacements pour favoriser la pénétration du vent.
2-10						Comme ci-dessus mais avec protection contre les vents (chaud/froid).
0-1						Plans compacts. x

3. Circulation d'air						
3-12						Bâtiment à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanente. x
1-2	2-12		0-5			
			6-12			Bâtiments à double orientation permettant une circulation d'air intermittente.
0	0-1					Circulation d'air inutile.

4. Dimension des ouvertures						
			0-1		0	Grandes, 40 à 80% des façades nord et sud
					1-12	
			2-5			
			6-10			Intermédiaires, 20 à 35% de la surface des murs
			11-12		0-3	Petites, 15 à 25% de la surface des murs.
					4-12	Moyennes, 20 à 40% de la surface des murs.

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

						6. Protection des ouvertures	
					0-2	Se protéger de l'ensoleillement direct.	
		2-12				Prévoir une protection contre la pluie.	
						7. Murs et planchers	
			0-2			Construction légères, faible inertie thermique.	
			3-12			Construction massive, décalage horaire supérieur à 08 heures.	x

						8. Toiture	
10-12			0-2			Construction légère, couverture à revêtements réfléchissants et vide d'air.	
			3-12			Légère et bien isolée.	x
0-9			0-5				
			6-12			Construction massive, décalage horaire supérieur à 08 heures.	

Annexe 02 : Programme quantitatif

Niveaux	Espaces	Unités	Capacité	Surfaces (m ²)	
Sous-sols (2)	parking	1	92		
	Buanderie	1	/	84	
	Local technique	2	/	22	
Rez de chaussée	Commerce	4	/	24-44	
	Accueil	hall	1	/	100
		Réception	1	/	15
		Salle d'attente	1	/	20
	Administration	Bureau du directeur	1	1	40
		Bureaux des personnels	3	6	16-18
	Bureau de sécurité	1	/	12	
	Sanitaire	8	8	25	
	Conciergerie	1	1	5	
	Local technique	2	/	10	
	Hôtel		/	164	
	Accueil	Hall	1	/	20
		Réception	1	/	30
		Salle d'attente	1	/	40
	administration	Bureau du directeur	1	1	22
		Secrétariat	1	1	6
		Bureau de gestion	1	1	10
		Bureau des personnels	1	2	20
		Salle de réunion	1	14	24
		Salle de repos	1	/	22
	Salon	1	/	150	
	Bar	1	/	20	
	Salon de thé	1	/	70	
	Cuisine	1	/	16	
	Sanitaire	6	6	18	
	Salle de projection	1	24	46	
	Restaurant	Salle clients	1	168	265
		Buffet	1	/	28
		Bureau de personnel	1	1	10
		Cuisine	1	/	64
Dépôt		1	/	9	
Chambre froide		1	/	6	
sanitaire		4	4	20	
Cour intérieur	1	/	215		
Spa	Accueil	1	/	25	
	Réception	1	/	9	
	Bureau de gestion	1	2	14	
	Sanitaire	3	3	13	
	Vestiaire	1	/	15	
	Douche	8	8	18	
	Piscine/jacuzzi	1	/	210	

		Chambre tiède	1	/	7	
		Sauna	2	12	7	
		Douche du sauna	3	3	5	
		Salle de massage	4	4	18	
		Salle de repos (tisanerie)	1	/	34	
		Salle des personnels	1	/	30	
		Maintenance/hygiène	1	/	8	
		Bar	1	/	15	
		Cuisine	1	/	15	
		Dépôt	1	/	8	
	Cafétéria	Salle clients	1	24	85	
		Comptoir	1	/	12	
		Cuisine	1	/	13	
		Dépôt	1		6	
		Bureau de personnel	1	1	10	
	Infirmierie		2	/	20	
	1 ^{er} étage	hall		1	/	150
		Salon d'accueil		1	/	75
		salle de conférence		1	100	190
Réserve matériel		1	/	18		
Salle de recherche		1	12	50		
Société		Accueil	1	/	22	
		Réception	1	2	7	
		Bureau du directeur	1	1	40	
		Bureau clos	5	10	13-16	
		Bureau open space	1	32	145	
		Salle de réunion	1	14	36	
		Salle d'archive	1	/	14	
		Reprographie	1	/	9	
		Salle de repos	1	/	34	
Sanitaire		7	7	20		
Local technique		1	/	13		
Terrasse		1	/	150		
Réfectoire		Salle à manger	1	138	360	
		Buffet	1	/	16	
		Cuisine	1	/	70	
		Chambre froide	1	/	8	
		Dépôt	1	/	10	
		Bureau de personnel	1	1	15	
		Sanitaire	4	4	22	
Loisirs		Hall d'accueil	1	/	20	
		Réception	1	/	10	
	Attente	1	/	25		
	Bureau de gestion	1	1	15		
	Bureau des personnels	1	2	26		
	Vestiaire	1	/	26		

		Douche/WC	7	7	25
		Salle de fitness/ muscultation	1	/	135
		salle d'aérobic	1	12	80
		Salle de jeux	1	/	60
2 ^{ème} /6 ^{ème} étage	Société		2	45	440
		Accueil	1	/	22
		Réception	1	2	7
		Bureau du directeur	1	1	40
		Bureau clos	5	10	13-16
		Bureau open space	1	32	145
		Salle de réunion	1	14	36
		Salle d'archive	1	/	14
		Reprographie	1	/	9
		Salle de repos	1	/	34
	Sanitaire		7	7	20
	Local technique		1	/	13
7 ^{ème} étage	Bibliothèque	Banque de près	1	/	12
		Gestion des livres	1	/	11
		Salle de lecture	1	/	200
	Salle de prière		2	/	24-30
	Cafétéria	Salle des clients	1	76	125
		comptoir	1	/	10
		Cuisine	1	/	12
		Sanitaire		7	7
	Local technique		1	/	10
	Terrasse		1	/	375
8 ^{ème} /12 ^{ème} étage	Chambre simple		36	36	18-20
	Chambre double		28	56	20-24
	Chambre double supérieure		27	54	39-46
	Suite		9	18	77-81
	Conciergerie		5	/	7
	Local technique		10	/	3-10
13 ^{ème} étage	salon		1	/	70
	Salle d'activité		1	/	26
	Cuisine		1	/	26
	Salon de thé		1	/	135
	Salle polyvalente		1	/	145
	Sanitaire		4	4	20
	Terrasse		1	/	450

Annexe 04 : Les façades



Façade Nord



Façade Ouest



Façade Est



Façade Sud

Annexe 05 : Plan de masse et aménagement extérieur

