

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



UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1  
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

Département d'Architecture

MEMOIRE DE MASTER

**Discipline** : Architecture

**Option** : ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE.

**Intitulé du Projet** : l'effet du taux de vitrage sur le confort visuel  
dans les équipements administratifs à Alger  
**Conception bioclimatique d'un siège de wilaya à sidi Abdellah**

• **Présenté et soutenu par** :

- AMARI SIDALI
- HADJAR OUSSAMA

• **Sous la direction de** :

- Mr. SEMAHI SAMIR
- Mr. TIBERMACHINE ISLAM

• **Devant le jury composé de** :

Mr. ATIK TARIK	Université Saad Dahleb de Blida 1	(MAA)
Mr. ZOUGARI ZAKARIYA	Université Saad Dahleb de Blida 1	(MAA)
Mr. SEMAHI SAMIR	Université Saad Dahleb de Blida 1	

**Année universitaire** : 2020/2021.

**Remerciement** :

Avant tout, Nous tenons à remercier Dieu pour nous avoir guidé et nous avoir fait parvenir là où nous somme

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur de mémoire et de projet Dr SEMAHI SAMIR pour nous avoir orienté, encouragés et encadré durant toute cette année.

Nous adressons également nos sincères remerciements à tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'évaluer ce travail.

De même on présente nos vifs remerciements à nos parents et nos familles, à nos Collègues et amis, à ceux qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, encore une fois

MERCI

### Dédicaces :

C'est avec un cœur ému que j'écris ces quelques mots, n'arrivant pas à croire que cinq ans se sont aussi vite écoulés, et que cette expérience touche déjà à sa fin ...

*Avec l'aide et par la grâce de Dieu*

Je dédie ce travail :

A ma chère maman, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont elle ne cesse de me combler. J'exprime mes sincères et éternelles gratitude pour son attention, éducation et les principes qu'elle m'a inculqué ainsi que pour son soutien. Que Dieu lui procure une bonne santé et une longue vie.

A mon père qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, Ainsi qu'à tous les membres de ma famille, particulièrement mon oncle Meziane mon bras droit

Et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à m'encourager pour continuer jusqu'au bout.

*« QUE DIEU VOUS GARDE POUR MOI ».*

A tous les membres d'atelier de monsieur Semahi Samir , Option Architecture et Technologie Blida, merci pour tous les bons moments passés ensemble

**Du fond du cœur sidali**

**Résumé:**

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre du master académique en Architecture et Urbanisme option « architecture et technologie » il est concerné par la conception de siège de wilaya à la nouvelle ville de SIDI ABEDALLAH

Le principe de ce projet de lui offrir des espaces de travail tout en étant économique et luxueux au même temps en basant sur une conception bioclimatique qui tient en compte du climat et les conditions de l'environnement pour aider à obtenir un confort thermique des espaces pour la vie et le développement de l'homme et la consommation énergétique en utilisant des énergies renouvelables

Mots clés : architecture bioclimatique, confort thermique, énergies renouvelables, consommation énergétique

## Table des matières :

I. Chapitre introductif	
I. Introduction :	1
1 Introduction général:	1
2 Problématique :	2
3 Hypothèse :	3
4 Objectif :	3
5 Méthodologie de travail :	3
6 Structure de mémoire :	4
6.1Etat de l'art :	4
6.2Elaboration du projet :	4
6.3Evaluation énergétique :	4
I. <u>chapitre etat de l'art</u>	
1 Introduction:	5
2 Thématique environnementale:	5
2.1Définition des concepts:	5
2.1.1 Ecologie et architecture écologique :	5
2.1.2 Architecture bioclimatique :	6
2.1.3 Confort thermique :	7
2.1.4 efficacité énergétique :	8
3 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatique :	8
3.1Orientation de bâtiment :	8
3.1.1 -Influence de l'orientation du vitrage :	10
3.2-La protection solaire :	11
3.2.1 -Rôle des protections solaires :	11
3.2.2 -Le but de protection solaire :	12
3.2.3 -Le choix de protection solaire :	12
3.2.4 -Les types de protections solaires :	12
3.2.5 -Fonction des fenêtres :	15
3.2.6 -Les Stratégies D'ombrage:	15
3.3Vitrage :	16
3.3.1 -Type de verre :	16

3.3.2	Verre et problème d'énergie:.....	23
3.3.3	-Qualité du verre :.....	23
3.4	Matériaux :.....	24
3.4.1	-Familles de matériaux :.....	24
3.4.2	-Classification des matériaux de construction :.....	25
3.4.3	-Propriétés des matériaux de construction:.....	26
3.4.4	-Conductivité thermique des matériaux de construction:.....	27
3.4.5	-Propriétés thermiques des matériaux de construction:.....	30
3.4.6	-Choix des matériaux et des isolants pour la construction :.....	30
3.5	Les isolants :.....	30
3.5.1	-Classification des matériaux isolants :.....	31
3.5.2	-L'isolation thermique par l'extérieur et l'isolation thermique par l'intérieur comme solution pour un confort thermique optimal :.....	32
	-Système d'isolation thermique par l'intérieur :.....	32
	- Système d'isolation thermique par l'extérieur :.....	33
3.5.3	-L'isolation et l'économie d'énergie :.....	33
3.6	Atrium:.....	34
3.6.1	-Les aspects environnementaux de l'atrium:.....	34
3.6.2	-Les aspects architecturaux de l'atrium:.....	35
3.6.3	-Organisation interne de l'atrium:.....	37
3.6.4	-Effets de la configuration géométrique de l'atrium sur la stratification thermique :.....	38
3.7	Toiture végétalisée :.....	38
3.7.1	-Type de toiture végétalisée :.....	39
	-Type extensif :.....	39
	-Type intensif:.....	39
	-Type semi-intensif :.....	39
3.7.2	Tableau comparatif :.....	40
3.7.3	Les éléments d'un toit vert :.....	41
3.7.4	Les plantes à privilégier pour les toits verts:.....	42
3.7.5	Les avantages et les inconvénients des toits végétalisés :.....	42
3.8	Les énergies renouvelables :.....	43
3.8.1	Sources d'énergies renouvelables:.....	43
	-analyse d'exemple: siege de wilaya de Djelfa.....	45

le nouveau batiment administrative L'OMPI.....	47
III. Projet :.....	49
1. Introduction : .....	49
-Présentation du site d'intervention :.....	49
-Localisation de la ville nouvelle de sidi Abdallah : .....	49
-Accessibilité à la ville de SIDI ABDALLAH :.....	51
-Topographie : .....	53
-Déclivités.....	54
-Bois et espaces verts .....	55
-Analyse de parcelle d'intervention :.....	55
-Les donner climatique :.....	59
-Les recommandations conceptuelles :.....	62
-Introduction :.....	63
-Objectifs de la programmation :.....	63
-Genèse de forme :.....	70
-organisation de plan de masse .....	71
-Principe de composition de façade .....	71
-description de projet .....	72
Système constructif .....	73
-Les solutions bioclimatiques afin de réduire la consommation énergétique et créer un bon confort dans le bâtiment : .....	75
-Solution bioclimatique : Ventilation naturelle traversante.....	77
-Solution bioclimatique passive : La façade à double peau .....	77
-Solution bioclimatique : Puits provençal.....	78
-Solution bioclimatique : Panneaux photovoltaïques hybrides et Plancher chauffant.....	78
- Solution bioclimatique: Protection solaire .....	79
- Solution bioclimatique : Verre réfléchissant :.....	79
-Conclusion générale .....	80

## Liste des figures :

Figure 1: architecture bioclimatique (source: Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques]) .....	6
Figure 2: confort thermique (source: Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques], page .....	7
Figure 3: efficacité énergétique .....	8
Figure 4:l'impact de site et environnement immédiat sur le bâtiment (source: Miquey, 2010).....	9
Figure 5 les principaux paramètres de l'implantation et du choix de l'orientation (source: Misse, 2011) .....	10
Figure 6: schéma des interactions énergétique entre le bâtiment et son environnement (source Chesné, 2012) .....	10
Figure 7: l'influence de l'orientation de vitrage sur les besoin de chauffage (source : Chabi Mohammed, 2009).....	10
Figure 8: Variation des besoins annuels de chauffage d'une habitation en fonction de l'orientation et de la proportion de surface vitrée (source : Liébard et André De Herde, 1996).....	11
Figure 9: exmple d'une protection solaire a)protection fixe b) protection mobile (source: Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques], .	12
Figure 10: protection solaire liée à l'environnement .....	14
Figure 11: stratégies d'ombre. (Source : MARSH. A, 1981) .....	15
Figure 12:l'impact des protections solaires sur la durée d'exposition de la façade ( source: Kirschbum, 2016) .....	16
Figure 13: simple vitrage (source: G.Martin, 2015).....	16
Figure 14: verre armé (source: lekapverre.fr).....	16
Figure 15: verre imprimé (suource: archiexpo.fr) .....	17
Figure 16: verre profilé en U (source: miroiteriegbm.com) .....	17
Figure 17: verre trempé (source: origer.lu) .....	18
Figure 18: verre feuilleté décoratif (source: google image) .....	18
Figure 19: verre feuilleté 44.2 (source: plakglass.fr).....	19
Figure 20: le comportement des vitrages en cas de bris. (Source : energieplus-lesite.be/ 2016, en ligne). .....	19
Figure 21: : principe du double vitrage (source: menuiserie-vielle.fr).....	19
Figure 22: fenêtre dite aveugle (source: mcp-menuiserie.com) .....	20
Figure 23: Principe de fonctionnement du vitrage à isolation renforcée (source: artetfenetres.com) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 24: Aspect d'un vitrage à isolation renforcée : Froid à l'extérieur, chaud à l'intérieur (source : veranda-veranco.com) .....	21
Figure 25: double vitrage dissymétrique (source: spp-aluminium.com).....	21
Figure 26: vitrage photovoltaïque (source : onyxsolar.com).....	22
Figure 27: type de verre teinté antisolaires (source : stores-discount.com).....	23
Figure 28: Distribution du module de Young pour les différentes classes des matériaux (source : researchgate.net) .....	25

Figure 29: systèmes d' isolation des murs (source : Langlais, C. et Klarsfeld, S. 2004) ....	33
Figure 30: vue intérieur de l'atrium du bâtiment Bullring à Birmingham (source: facadeds.com).....	36
Figure 31: vue intérieur de La tour Deutsche Post AG Bonn, en Allemagne (source: archdaily.com) .....	36
Figure 32: : à gauche, un atrium lisse. A droite, un atrium alvéolaire (source : Belmaaziz, 2003).....	38
Figure 33: les pénétrations solaires dans les deux atrium (source : Jones, 1993) .....	38
Figure 34: toit vert.( source :www.batireco.fr).....	39
Figure 35: toiture vert extensif (source: www.aujardin.info).....	39
Figure 36: toiture jardin (source: www.aujardin.info) .....	39
Figure 37: végétation semi intensive (source : meple.com). .....	40
Figure 38: Comparaison entre les types des toits végétaux. (Source : <a href="http://www.referencenature.fr">http://www.referencenature.fr</a> ). .....	40
Figure 39: : Coupe d'un toit végétalisé (Source :vivreenville.org) .....	42
Figure 40: les sources d'énergies renouvelables ( Source: Guide des ER, 2007.).....	44
Figure 41: situation du siège de la wilaya Djelfa (source: google image taité par auteur) .	45
Figure 42:affectation spatiale (source: mémoire fin d'étude) .....	45
Figure 43:plan de masse (source: memoire fin d'étude) .....	45
Figure 44:système Poteau poutre.....	45
Figure 45:siege de wilaya de Djelfa (source : google image) .....	46
Figure 46:Le bâtiment administratif (source : architectes.ch).....	46
Figure 47:: ambiances de façade (source: architectes.ch) .....	47
Figure 48: système Poteau poutre (source: architectes.ch).....	47
Figure 49:section sur le bâtiment (source : architectes.ch) .....	47
Figure 50: Affectation spatial (source: architectes.ch).....	48
Figure 51:: ambiances qui montrent les matériaux (source : architectes.ch).....	48
Figure 52: Carte de situation de la VNSA à l'échelle de territoire Source : Google Earth (traité par les auteurs) .....	49
Figure 53: Carte de situation de la VNSA à l'échelle de la wilaya Source : Google Earth (traité par les auteurs) .....	49
Figure 54: -Carte de situation de la VNSA à l'échelle communale Source : Google Earth (traité par les auteurs) .....	50
Figure 55: Carte du l'accessibilité du territoire de VNSA (Source : VNSA).....	51
Figure 56: Carte du l'accessibilité du territoire de VNSA Source : Google image (traité par les auteurs).....	51
Figure 57: carte de reseau ferroviaire (source VNSA) .....	52
Figure 58: -Carte d'accessibilité du VNSA Source : Google Earth (traité par les auteurs) .....	53
Figure 59: Carte des reliefs (source: VNSA).....	54
Figure 60: Répartition des pentes (source: VNSA) .....	54
Figure 61: carte de la zone boise et les espaces verts (source : VNSA).....	54
Figure 62: -Carte des vents dominants dans VNSA Source : Google Earth (traité par les auteurs) .....	55

Figure 63: la forme de parcelle (source: master plan traité par auteur).....	56
Figure 64: la forme de parcelle (source: master plan traité par auteur).....	56
Figure 65: coupe BB (source: Google Earth traité par auteur).....	56
Figure 66: photo de terrain (source: auteur) .....	56
Figure 67: photo de terrain (source: auteur) .....	56
Figure 68: photo de terrain (source: auteur) .....	56
Figure 69: la course de soleil dans la ville de sidi Abdellah (source : Google Earth traité par auteur).....	56
Figure 70: carte d'environnement immédiat (source: master plan traité par auteur) .....	57
Figure 71: Le pourcentage d'heures durant lesquelles la direction du vent moyen provient de chacun des quatre points cardinaux à Alger (source : www.weatherspark.com) .....	59
Figure 72: Température moyenne maximale et minimale à Alger (source : www.weatherspark.com).....	60
Figure 73: Probabilité de précipitation quotidienne à Alger (source : www.weatherspark.com).....	60
Figure 74: Ensoleillement à Alger (source : www.weatherspark.com).....	60
Figure 75: Le pourcentage de temps passé dans divers niveaux de confort selon l'humidité, catégorisés par le point de rosée. ....	61
Figure 76: Les limites de la température de confort adaptatif de la région d'Alger .....	61
Figure 77: diagramme de GIVONI( source: climat consultant) .....	62
Figure 78: schéma explicatif de la division territoriale en Algérie (source: auteur) .....	64
Figure 79: bureau administrative (source: francebureau.com).....	64
Figure 80: organisation de plan de masse (source: auteur) .....	71
Figure 81: façade de projet (source: auteur) .....	72
Figure 82: façade de projet (source: auteur) .....	72
Figure 83: description de projet (source: auteur).....	73
Figure 84: poteau métallique (source: google image) .....	73
Figure 85: fixation poteau-poutre (source: google image) .....	74
Figure 86: les composants du plancher collaborant (source: : <a href="http://www.guidebeton.com">http://www.guidebeton.com</a> ) .....	75
Figure 87: le coffrage du plancher à caisson (source: : <a href="http://www.guidebeton.com">http://www.guidebeton.com</a> ) .....	75
Figure 88: schéma explicative de la ventilation par atrium (Source : le vent et la ventilation naturelle/cour).....	76
Figure 89: schéma explicative du fonctionnement de la ventilation traversante (Source : le vent et la ventilation naturelle/cours) .....	76
Figure 90: principe de la ventilation naturelle (source: auteur).....	77
Figure 91: façade double peau (source: auteur) .....	77
Figure 92: Puits provençal (source: abcclim.net) .....	78
Figure 93: Puits provençal (source: abcclim.net) .....	78
Figure 94: Exemple de maison avec un chauffe-eau solaire hybride (source : conseils.xpair).....	79
Figure 95: brise soleil (source: auteur) .....	79
Figure 96: façade sud de projet (source: auteur) .....	79

**Table des tableaux :**

Tableau 1 : valeur u en fonction de différences types de vitrage.....23

Tableau 2 : les types d'isolants .....30

Tableau 3 : valeur du coefficient de conductivité thermique des principaux isolants ....32

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTIF

### I. Introduction :

#### 1 Introduction général:

Le secteur du bâtiment est très énergivore ; il présente 30 % à 40 % de la consommation énergétique totale. Cette énergie est principalement utilisée pour le chauffage et le refroidissement, qui représentent les solutions offertes pour régler les problèmes d'inconfort. Face à ces enjeux environnementaux et énergétiques auxquels le monde en général est confronté, le secteur du bâtiment se positionne comme un secteur clé pour répondre à nos engagements nationaux sur ces thématiques. Pour ces raisons, de nombreux efforts de recherche se portent sur l'efficacité énergétique des bâtiments. L'amélioration des températures intérieures est un enjeu économique et écologique majeur pour le secteur du bâtiment. (Labreche, 2014)

Comptabilisée en chiffres, la consommation énergétique en Europe dans le secteur bâtiment représente 40.7 % de la consommation globale. Le chauffage des locaux représente la plus grosse consommation d'énergie pour les ménages des états membres 57%, suivi par la production d'eau chaude sanitaire 25%.

En Algérie le secteur résidentiel et tertiaire se trouve parmi les secteurs les plus énergivores, avec une consommation de 7 MTep, représentant 46% de l'énergie finale et de 28% de l'énergie primaire.

Rappelant que la problématique de l'économie d'énergie ne s'est remise en question qu'en 1973, date du premier choc pétrolier et le début de la crise énergétique. Depuis, elle est devenue un discours politique et un enjeu économique dans tous les pays. Surtout que l'amélioration de la consommation énergétique finale d'un point par an (1%) induira une économie dépassant 55 Mtep sur la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment. De plus, ceci revient à éviter 100 millions de tonnes d'émission du CO<sub>2</sub> par an, soit 20% de l'engagement pris par l'UE à Kyoto.

L'efficacité énergétique est une réponse moderne aux problèmes actuels car elle permet de respecter l'intégrité environnementale, d'améliorer l'équité sociale, de maintenir le développement économique et d'obtenir un meilleur rendement énergétique par le choix des sources d'énergie, le recours aux technologies les plus appropriées à travers des équipements et des procédés les plus performants ainsi que par des campagnes de sensibilisation.

L'Algérie, pays en voie de développement est confronté à un autre problème qui est celui de la construction. Durant ces dernières décennies de nouveaux modèles architecturaux qu'on appelle « constructions modernes », importés de l'extérieur, qui sont très souvent inadaptés au climat et consomment beaucoup d'énergie. Très souvent, ces constructions négligent les aspects climatiques, dont l'importance ne paraît pas aux yeux du propriétaire ou du concepteur dans les premières étapes du projet. Ceci engendre des sensations d'inconfort des occupants, une fois la construction réalisée. Le recours à des dépenses supplémentaires de chauffage et de climatisation, grands consommateurs d'énergie et producteurs de gaz à effet de serre va palier à ce problème d'inconfort. L'intérêt est donc

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTIF

de voir dans quelle mesure on peut améliorer la performance des bâtiments tertiaires en s'inscrivant dans le principe du développement durable afin de lutter efficacement contre l'émission de gaz à effet de serre. Pour répondre à ces défis énergétiques et environnementaux, plusieurs éléments de solution peuvent être mis en œuvre de manière complémentaire. Du point de vue énergétique, les solutions concernent les différents maillons de la chaîne énergétique en passant par la réduction des besoins énergétiques, la « sobriété », l'efficacité des équipements et l'adaptation de la chaîne énergétique aux usagers. Du point de vue environnemental, les solutions sont très nombreuses et concernent notamment la rationalisation de l'utilisation des matières premières et la réduction des émissions de gaz polluants.

Il est plus facile de concevoir un bâtiment à faible consommation énergétique avec un confort thermique appréciable que d'améliorer les performances thermiques d'un bâtiment existant. La performance thermique de l'enveloppe des bâtiments existants sont à définir, afin de pouvoir apporter des solutions adéquates, comme par exemple le recours à la conception bioclimatique.

Notre travail s'inscrit donc dans une démarche de maîtrise de l'énergie dans le bâtiment tertiaire en climat méditerranéen et vise à intégrer le concept bioclimatique afin de réduire les besoins en chauffage, rafraîchissement et éclairage dans un immeuble de bureaux caractérisé par des gains internes importants en passant par l'évaluation des performances thermiques d'un bâtiment et son influence sur la consommation énergétique

### **2 Problématique :**

La conception architecturale c'est une étape fondamentale dans la production de cadre bâti

L'utilisation de nouvelles techniques de construction nécessitant un soin de mise en œuvre, entre autre tous les détails doivent être étudiés en amont de l'étude d'œuvre pour palier à tous les problèmes techniques et financiers

Depuis que la crise énergétique s'est faite ressentir, les doigts se sont pointés vers le secteur du bâtiment qui est un des plus grands consommateurs d'énergie. Au début on s'est intéressé au bâtiment résidentiel qui a considérablement augmenté avec la croissance démographique en négligeant complètement le secteur du tertiaire qui n'est pas loin de rattraper le résidentiel dans la consommation énergétique. En effet l'évolution de la technologie du matériel de bureautique (ordinateurs, imprimantes, scanner, photocopieurs ets...), ainsi que l'utilisation massive de la climatisation suite au réchauffement climatique et aux exigences de confort des occupants ont fait que la consommation d'énergie dans le bâtiment tertiaire a augmenté considérablement.

Le confort thermique visé à l'intérieur des constructions est en fait une principale exigence de l'épanouissement morale et physique de l'individu. Jean-François BATTOUE, responsable du marché maison individuelle, DMS, Gaz de France, souligne en préambule que le confort est une qualité de vie et un bien-être, tout au long de l'année. Le bâtiment doit respirer, sachant que les notions (comme la chaleur homogène parfaitement régulée)

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTIF

restent essentielles. Le confort, associé à la compétitivité, la modernité, la maîtrise de l'énergie et le respect de l'environnement, sont de véritables valeurs.

L'architecture bioclimatique est cette architecture qui tient en compte du climat et les conditions de l'environnement pour aider à obtenir un confort thermique des espaces pour la vie et le développement de l'homme. Cela le fait au moyen de l'adéquation du dessin, de la géométrie, de l'orientation et la construction de l'édifice adapté aux conditions climatiques de son environnement. Elle joue exclusivement avec la conception et les éléments architectoniques, sans utiliser de systèmes mécaniques lesquels plutôt elles se considèrent comme systèmes d'appui. Elle permet de réduire les besoins énergétiques et de créer un climat de bien être dans les locaux, avec des températures agréables, une humidité contrôlée, et un éclairage naturel abondant, grâce à des techniques de conception adoptés aux différentes saisons et grâce à des matériaux de construction précis

Quelles sont les différentes diapositives architecturales qui consistent à assurer un niveau de confort thermique acceptable avec une consommation énergétique minimum dans un climat méditerranéen ? et comment les intégrer dans un équipement tertiaire ?

### **3 Hypothèse :**

Les dispositifs architecturaux qui nous permettent d'assurer un niveau de confort thermique acceptable avec une consommation énergétique minimum sont :

- Le bon choix de l'orientation de bâtiment
- Le choix de matériaux de construction
- Le choix de types de protection solaire, type de verre
- Utilisation de toiture végétalisé
- Utilisation des atriums
- Utilisation des énergies renouvelables (panneau photovoltaïque)

### **4 Objectif :**

Objectif de notre travail est d'arriver à démontrer que l'intégration du concept bioclimatique est une solution au problème relatif à l'utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment tertiaire, afin de limiter le dégagement de gaz à effet de serre dans l'atmosphère

### **5 Méthodologie de travail :**

Pour pouvoir concrétiser les objectifs de ce travail de recherche, la méthodologie utilisée s'organise en deux grandes parties : une partie théorique et une partie expérimentale. Cette étude consiste en une recherche appliquée, qui nécessite d'abord, la compréhension des différents concepts et notions-clés, liés à l'influence du climat sur le confort thermique dans le bâtiment, ainsi que son influence directe sur la consommation énergétique et ses effets sur l'environnement.

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTIF

### **6 Structure de mémoire :**

Nous avons structuré notre travail de tel sorte à avoir plusieurs étapes pour une meilleur compréhension du thème du projet et une plus grande fluidité dans l'avancement du projet

#### **6.1 Etat de l'art :**

Dans cette étape nous intéresserons aux différents thèmes qui composent notre projet tel qu'architecture bioclimatique, le confort thermique, atrium etc. à travers des définitions et des analyses d'exemple tous cela afin de mieux pensé notre projet

#### **6.2 Elaboration du projet :**

Nous commencerons dans cette étape par une analyse de site puis les données climatiques puis approche de programmation puis la conceptualisation de notre projet siège de wilaya dans cette étape nous avons intégré les principes de l'architecture bioclimatique tout en considérant les recommandations tirées des différentes analyses

#### **6.3 Evaluation énergétique :**

Dans cette étape nous évaluerons le taux de vitrage comme solution bioclimatique et technique que nous avons adopté afin d'atteindre notre Objectif

### II. Etat de l'art :

#### 1 Introduction:

Un bâtiment est conçu avant tout pour répondre aux besoins de ses usagers, il doit être confortable, social, symbolique et fonctionnel. En plus qu'il doit protéger ses occupants de l'environnement extérieur et des aléas de climat, le confort de l'être humain étant de plus en plus convoité par les architectes, c'est la principale raison qui pousse les architectes de rechercher une nouvelle forme d'architecture qui assure un équilibre entre la conception et la construction et son milieu (climat, environnement.) cette architecture c'est l'architecture bioclimatique.

Dans ce chapitre nous allons définir certains concepts liés à l'architecture bioclimatique :

#### 2 Thématique environnementale:

##### 2.1 Définition des concepts:

##### 2.1.1 Ecologie et architecture écologique :

L'architecture écologique est un type de verdissement urbain, qui consiste à créer des espaces verts qui favorisent la symbiose entre les environnements urbains et naturels. À mesure que les villes du monde entier s'agrandissent, l'architecture écologique s'est développée pour promouvoir cette symbiose de manière nouvelle, créative et esthétique, ainsi que sa popularité à mesure que nous sommes devenus plus conscients du changement climatique et que nous recherchons des moyens de lutter contre ses effets.

-L'éco-architecture au 21e siècle :

L'architecture écologique contemporaine vise à combattre le style d'architecture répandu qui endommage la terre. Selon l'Encyclopédie Britannica, la construction d'abris consommait plus de la moitié des ressources mondiales au début du XXIe siècle. Cela comprend:

- 16% des ressources en eau douce
- 30 à 40% de tous les approvisionnements énergétiques
- 50% de toutes les matières premières retirées de la surface de la Terre (en poids)
- 40 à 50% des dépôts de déchets dans les décharges
- 20 à 30% des émissions de gaz à effet de serre.

La relation entre l'environnement et l'architecture est actuellement au plus bas, et l'architecture écologique contemporaine lutte contre cela.

L'éco-architecture du 21e siècle : utilise le design et les écologies urbaines pour créer des bâtiments qui travaillent avec l'environnement plutôt que contre lui.

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Les piliers de ce style sont la réutilisation des matériaux, l'utilisation de sources d'énergie alternatives, la conservation de l'énergie et un emplacement soigné. La mise en œuvre de toutes ces structures lors de la conception et de la construction aboutit à une architecture écologique et durable. (« ansgroupglobal » 2021)

### 2.1.2 Architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est une sous-discipline de l'architecture qui recherche un équilibre entre la conception et la construction de l'habitat, son milieu (climat, environnement, ...) et les modes et rythmes de vie des habitants.

L'architecture bioclimatique permet de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel. Cette discipline est notamment utilisée pour la construction d'un bâtiment haute qualité environnementale (HQE). (BIOHABITAT 2007)

#### -Les principes bioclimatiques se résument en :

-Réduire les besoins énergétiques du logement et - d'assurer le confort de manière passive.

-Choix d'implantation et d'orientation

-Forme du bâti

-Prolongement vers l'extérieur

-Les matériaux

-Intégration de la végétation

#### -Le but de ces principes est de satisfaire :

-Economie d'énergie

-Economie de chauffage

-Economie d'éclairage

-Diminution des méthodes énergétiques traditionnelles

-Confort de vie optimisé grâce à l'éclairage naturel, aux températures constantes et à une bonne luminosité à l'intérieur

-Réduction des coûts financiers concernant les dépenses énergétiques. (« energie renouvelable » 2021)

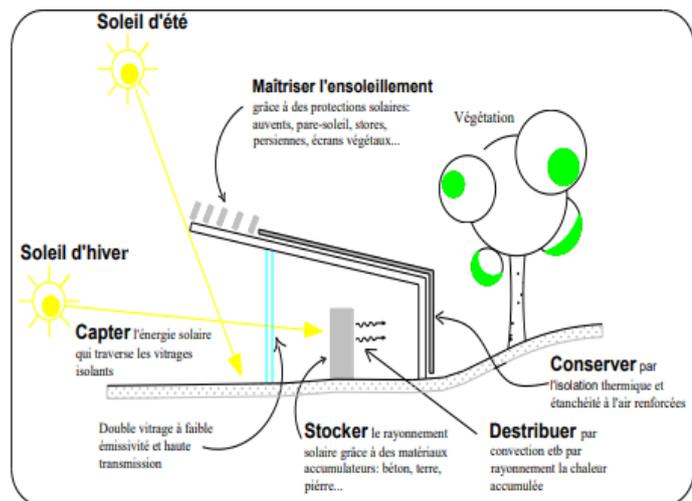


Figure 1: architecture bioclimatique (source: Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques])

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

-Les stratégies de l'architecture bioclimatique :

### -En hiver:

Capter les calories fournis par le soleil, et les stocker. Conserver les calories des apports intérieurs (Chauffage ou autre apport interne) en évitant toutes les déperditions. Distribuer efficacement l'ensemble de ces calories dans l'espace de vie.

- Capter.
- Stocker.
- Conserver.
- Protéger.
- Distribuer.
- Dissiper.

### -En été:

-Se protéger du rayonnement solaire et arrêter la pénétration de ses calories.

- Dissiper les calories excédentaires.

-Choisir un rafraîchissement par l'intégration d'une ventilation naturelle ou mécanique.

### -En saisons intermédiaire:

L'enveloppe s'adaptera d'une manière simple aux besoins par une combinaison de ces deux stratégies.

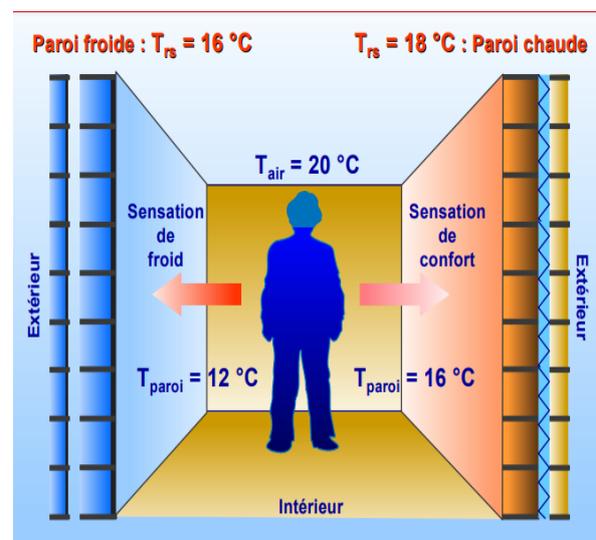
C'est en analysant tous les besoins, en additionnant toutes les solutions offertes (souvent gratuites), en créant une combinaison répondant aux différents objectifs recherchés sans qu'ils ne s'opposent entre eux, que l'on

obtient des maisons confortables, saines et économes. Concevoir avec le Bioclimatique, c'est opter pour des performances durables et environnementales.(ARNEULT)

### 2.1.3 Confort thermique :

Été comme hiver, nous recherchons tous le plus grand confort à l'intérieur de notre maison, avec une température agréable et adaptée. Cette sensation, que l'on appelle confort thermique se vit donc tout au long de l'année, et repose sur plusieurs critères, certains totalement subjectifs, d'autres liés à des paramètres environnementaux précis.

Le confort thermique est une sensation physique, liée à la température, et qui est propre à chacun d'entre nous. En hiver, un bon confort thermique est lié à une sensation suffisante



7  
Figure 2: confort thermique (source: Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques])

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

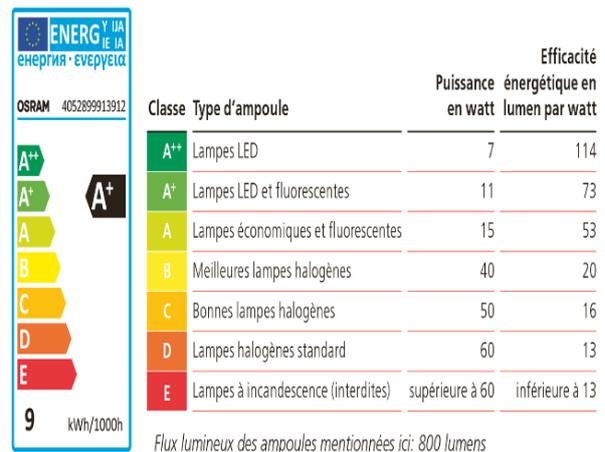
de chaleur (Ni trop, ni pas assez chaud). En été, il faut limiter cette sensation de chaleur et plutôt assurer une certaine fraîcheur à l'intérieur du logement. Le confort thermique peut donc se définir comme la sensation de bien-être ressentie dans une ambiance donnée, et relative à plusieurs critères, à la fois extérieurs et relatifs à chaque individu.

### -Les paramètres qui définissent le confort thermique :

- Température ambiante
- Température des parois
- Humidité de l'air
- Courants d'air
- Confort thermique et mode de chauffage
- Confort thermique et facteurs humains (« afr-climatisation » 2021)

#### 2.1.4 efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique ou Efficience énergétique d'un système est le rapport énergétique entre la quantité d'énergie délivrée et la quantité d'énergie absorbée. Moins de perte il y a et meilleure efficacité énergétique, l'efficacité énergétique est ainsi liée à la maximalisation du rendement



L'augmentation de l'efficacité énergétique permet ainsi de réduire les consommations d'énergie, à service rendu égal. En découle la diminution des coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie.

Efficacité énergétique active est également liée aux modes de régulation, programmation et d'optimisation énergétique réalisés durant toute l'année. Cette efficacité énergétique dite active est à la fois assurée par des dispositifs de régulation et de gestion technique du bâtiment, et à la fois par des opérations de maintenance d'entretien, c'est-à-dire de Commissionnant. (« climamaison » 2021)

### 3 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatique :

#### 3.1 Orientation de bâtiment :

L'intégration ou L'implantation de la construction dans un site (exposer ou protégé) et dans son environnement immédiat (naturel ou urbain) est une étape essentielle dans la conception architecturale qui influe d'une manière importante sur le fonctionnement de la bâtisse et sa performance (figure 4)

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

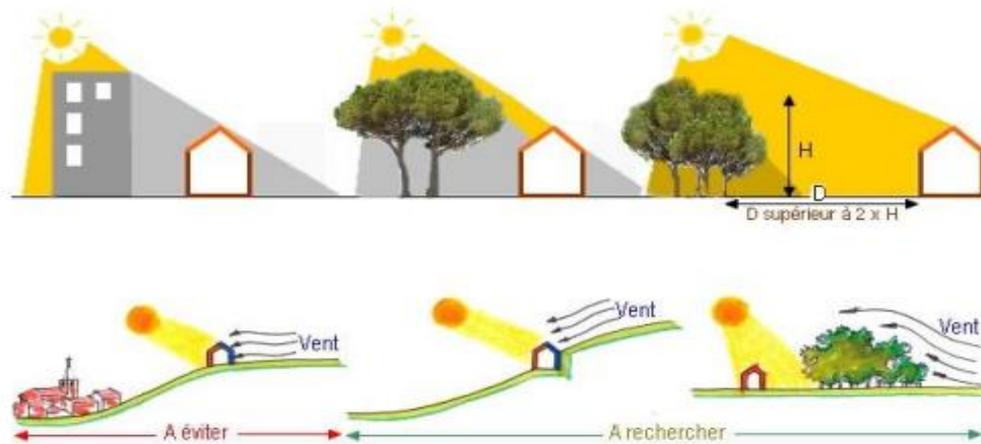
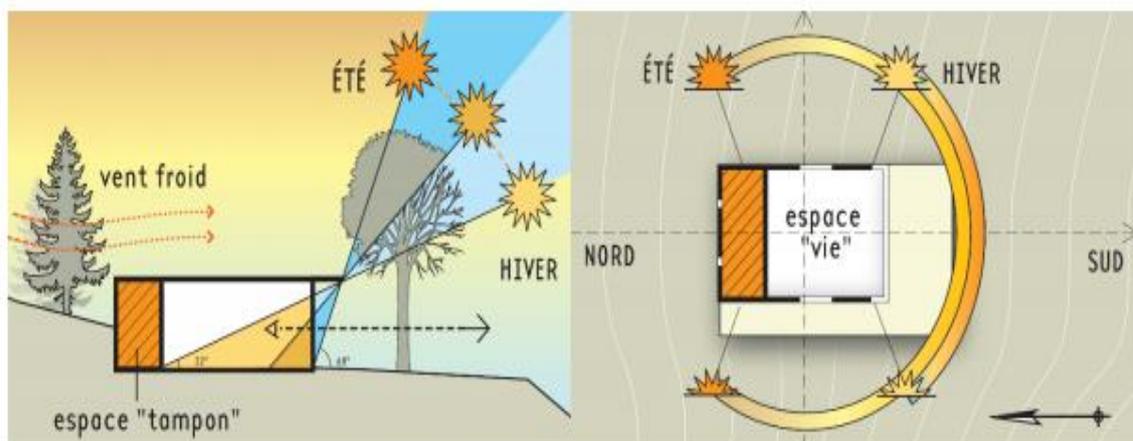


Figure 4: l'impact de site et environnement immédiat sur le bâtiment (source: Miquey, 2010)

Cette étape fondamentale nécessite une analyse approfondie sur les caractéristiques du site et ses spécificités, la détermination des potentielles et les problèmes (les avantages et les inconvénients) afin d'aboutir à une construction adéquate et performante en harmonie avec le climat, l'environnement et les besoins des occupants

Baruch Givoni, dans sa pertinente recherche sur les interactions entre l'architecture, le climat, le confort et l'homme, place le concept de l'orientation au centre des éléments influant sur les ambiances intérieurs d'un bâtiment, il précise cependant que le choix de l'orientation nécessite la prise en considération de plusieurs éléments telles que la vue dans différentes directions (Givoni, B, 1978)

Le climat (température, humidité, les vents, etc..), le relief (le sens de la pente), le contexte (naturel ou urbain), la végétation (à feuillage caduc ou persistant), le type de terrain (les caractéristiques du sol, etc.) ainsi que l'évolution possible avec le temps comme les extensions et la croissance de la végétation (Fernandez et Lavigne, 2009), la (figure5) illustre quelques paramètres qu'il faut prendre en compte dans l'implantation et le choix de l'orientation d'un bâtiment



## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Figure 5 les principaux paramètres de l'implantation et du choix de l'orientation (source: Misse, 2011)

Cette figure donne une idée globale sur l'importance du choix de l'implantation et l'orientation du bâtiment dans son site pendant l'hiver et l'été. L'implantation détermine les apports solaires, l'éclairage et les déperditions (LIEBARD et DE HERDE, 2005) du point de vue énergétique, le bâtiment est influencé par son environnement où il est implanté sous l'impact de plusieurs critères climatiques et contextuels (CHESNE, 2012) comme il est présenté dans la (figure 6)

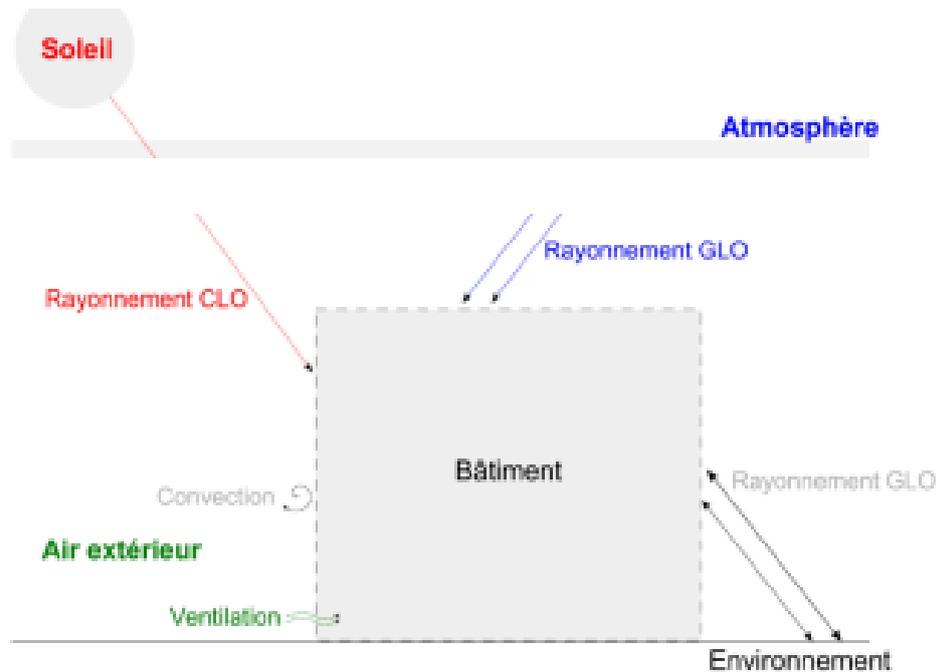


Figure 6: schéma des interactions énergétiques entre le bâtiment et son environnement (source Chesné, 2012)

### 3.1.1 -Influence de l'orientation du vitrage :

- Le vitrage joue un rôle important dans le comportement thermique d'un bâtiment. Des études expérimentales, sur un habitat typique en Algérie, ont permis de constater, comme l'indique la (figure 7), de la diminution annuelle des besoins de chauffage, lorsqu'on passe d'une orientation nord à une orientation sud.

Le besoin est de 66 % environ pour une orientation nord et 34 % pour une orientation sud (Annabi, M. Mokhtari, A. et Hafrad, T.A. 2006).

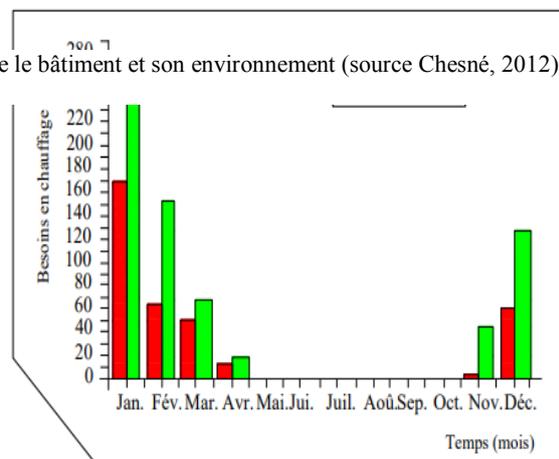


Figure 7: l'influence de l'orientation de vitrage sur les besoins de chauffage (source : Chabi Mohammed, 2009)

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Cette constatation s'explique par le fait que la paroi exposée au sud reçoit une quantité maximale d'énergie solaire en hiver, alors que celle du nord ne reçoit pratiquement aucun apport solaire, c'est une paroi froide (Charbinnier, S. Parentet, et Pouget, A. 1992) , donc l'optimisation de l'orientation des baies vitrées conduit à une diminution tangible des besoins de chauffage, mais cela n'empêcherait pas d'ajouter en plus du vitrage sud un vitrage nord avec une surface moins importante et qui contribuerait à l'amélioration de l'éclairage naturel en hiver et la ventilation naturelle en été lorsque les fenêtres sont ouvertes

-Une construction adaptée aux contraintes du bâtiment permet de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage en hiver. La (figure8) illustre ce dernier

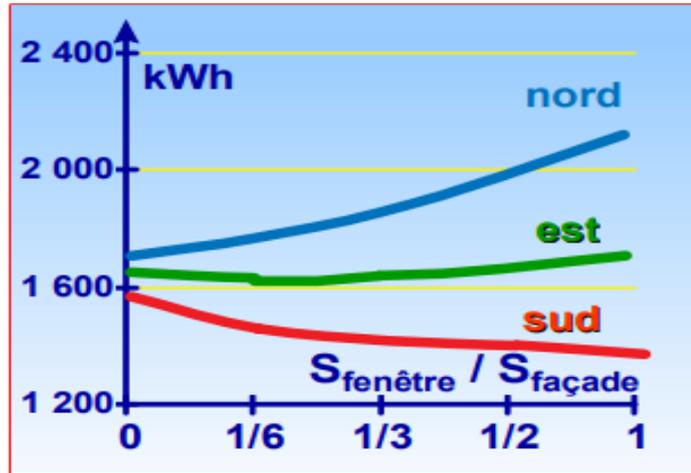


Figure 8: Variation des besoins annuels de chauffage d'une habitation en fonction de l'orientation et de la proportion de surface vitrée (source : Liébard et André De Herde, 1996)

point en comparant les besoins annuels de chauffage d'une habitation selon l'orientation et la proportion de ses vitrages (rapport de la surface vitrée à la surface de la façade). D'après la figure, une diminution des besoins de chauffage pour l'orientation sud alors qu'ils ne cessent d'augmenter pour l'orientation nord. (Liebard, De Herde, 1996)

### 3.2 -La protection solaire :

On appelle protection solaire tout corps dont le rôle est d'éviter que tout ou seulement une partie du rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite ne pas voir ensoleillée (A.CHATELET, P.FERNANDEZ et P.LAVIGNE, 1998)

#### 3.2.1 -Rôle des protections solaires :

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 (M. Velay-Dabat . J-L. Izard et P. Bonifait, 2004)

. Ces dispositifs d'ombrages peuvent être : mobiles ou fixes, internes et externes

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### 3.2.2 -Le but de protection solaire :

- Réduire les surchauffes dues au rayonnement solaire. Si l'on identifie un problème de surchauffe, il faudra préférer un système de protection solaire extérieure, qui bloque le rayonnement avant production de l'effet de serre.

-Augmenter le pouvoir isolant de la fenêtre

-La limitation de l'éblouissement

-Assurer l'intimité des occupants

-Éviter la décoloration de certains matériaux

-Décorer la fenêtre (LIEBARD. Alain et DE HERDE, 2005)

### 3.2.3 -Le choix de protection solaire :

Le type idéal de protection solaire à mettre en place pour un projet dépend de nombreux facteurs tels que la latitude du site considéré, l'orientation des baies vitrées, le type de contact désiré avec l'extérieur ou l'ode d'occupation du local à protéger, sa résistance mécanique, sa maintenance ; son cout ou la possibilité d'ouvrir les fenêtres pour créer une ventilation naturelle du bâtiment

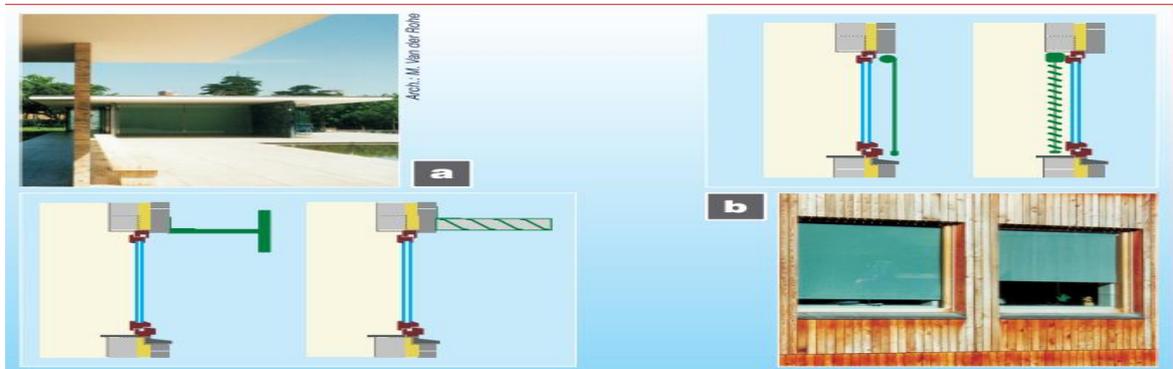


Figure 9: exemple d'une protection solaire a)protection fixe b) protection mobile (source: Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques],

### 3.2.4 -Les types de protections solaires :

#### -Les protections liées à l'environnement :

La végétation peut servir à réduire l'exposition d'une fenêtre au soleil, les plantations doivent être choisies soigneusement en prenant en compte leur taille et leur type, ce choix influençant la forme de l'ombre qu'elles produisent en été comme en hiver (figure 10)

#### -Les éléments architecturaux :

La forme du bâtiment peut produire un ombrage sur certaines de ses parois, parmi les éléments de façade qui constituent des éléments d'ombrage : les surplombs de toiture, les débordements latéraux, les encorbellements, les balcons et les arcades

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### **-Les protections ajoutées :**

Les lighthelves qui en plus de protéger le bâtiment, réfléchissent la lumière vers le fond de local

### **-Le brise soleil :**

Est lui formé de lames disposées sur un châssis son efficacité dépendra de l'orientation de ses lamelles ainsi que de l'espacement entre celle-ci

### **-La jalousie :**

Est un élément extérieur ou intérieur composée d'écrans en lamelles placées devant la totalité de l'ouverture elle contrôle la lumière directe du soleil

### **-Les stores vénitiens :**

Sont composés de lamelles qui sont mobiles grâce à un système de câble ou de chaînes

### **-Une persienne :**

Est formées d'une série de lamelles extérieur fixes ou mobiles places dans le plan de la façade

### **-Les stores enroulables :**

Sont composés d'une toile qui se déploie devant la fenêtre

### **-Les marquises :**

Faites d'éléments flexibles et ajustables, opaque ou diffusants, ombrent le vitrage tout en laissant une vue possible vers l'extérieur

### **-Les stores projetés à l'italienne :**

Combinent les propriétés des protections enroulables verticales et des protections horizontales ils permettent de conserver un certain apport d'éclairage naturel

### **-Les vitrages protecteurs :**

L'emploi de vitrage absorbants et de vitrage réfléchissants constitue un moyen de réduire la transmission solaire de manière constante au cours de l'année (LIEBARD. Alain et DE HERDE, 2005)



Les lighthelves

le brise soleil

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART



La jalousie



les stores vénitiens



Les persienne



les stores enroulable



les marquises



les stores projetés



Figure 10: protection solaire liée à l'environnement

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### 3.2.5 -Fonction des fenêtres :

-Contrôler les apports de chaleur de manière constante ou sélective (protection en période de sur échauffement et pénétration des rayons en périodes de sous- échauffement)

- Influencer sur l'éclairage naturel, l'éblouissement, la vue et la ventilation.

-Affecter la quantité de rayonnement incident et modifier le flux de chaleur pénétrant à l'intérieur ainsi que la température intérieure.

Les premiers travaux sur le développement de méthodes simples de conception en vue du contrôle solaire ont eu pour auteurs les frères OLGYAY à l'université de Princeton (Givoni, B. 1978). On peut déduire plusieurs types d'occultation.

### 3.2.6 -Les Stratégies D'ombrage:

L'usage de contrôles solaires appropriés est très important. La projection d'une ombre adéquate réduit ce qui est un gaspillage inutile d'énergie utilisée pour refroidir un espace à grandes surfaces de vitrage sans protection. La figure (11) indique quatre stratégies fondamentales de la projection d'une ombre. Il est essentiel de comprendre les avantages et inconvénients de chacun et les appliquer correctement.

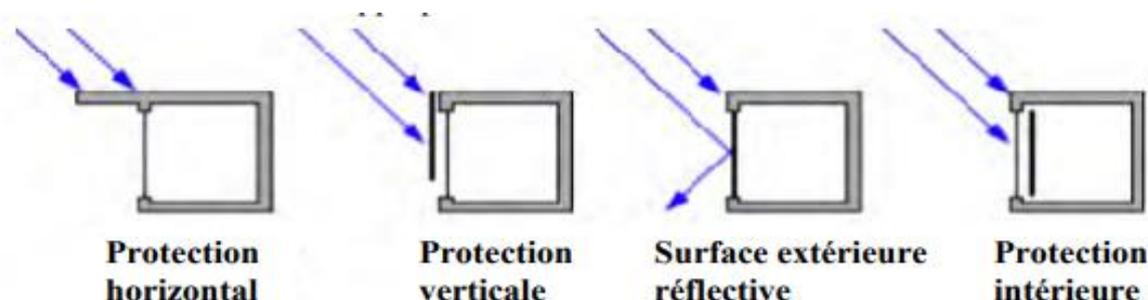
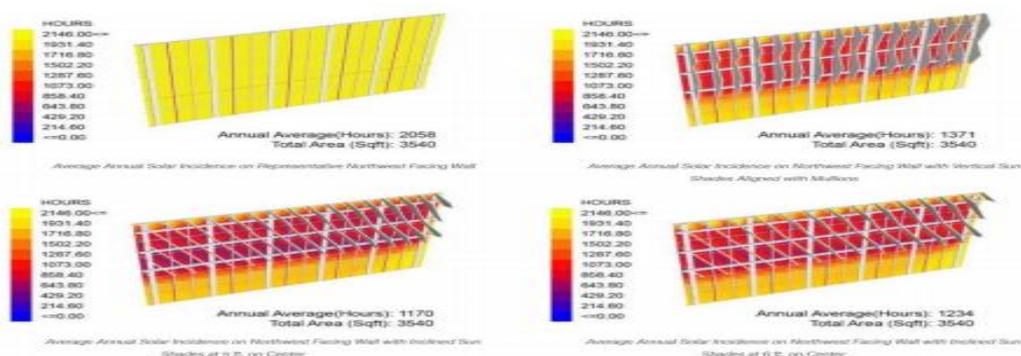


Figure 11: stratégies d'ombre. (Source : MARSH. A, 1981)

Kirschbaum (2016) a réalisé une étude sur l'efficacité des protections solaires fixes. A travers un travail de simulation numérique de plusieurs variantes de protection solaires fixes, il a démontré la grande influence de ces éléments sur la réduction de la période d'exposition de la façade aux rayonnements solaires (figure 12)



## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Figure 12: l'impact des protections solaires sur la durée d'exposition de la façade ( source: Kirschbum, 2016)

Ces résultats montrent que la durée moyenne annuelle d'exposition d'une façade sans protection est de 2058 heures. Par contre l'utilisation d'une protection solaire permet d'atténuer la durée d'exposition jusqu'à 1170 heures (soit un taux de réduction dépassant les 41%)

### 3.3 Vitrage :

Selon la définition du dictionnaire, « le verre est un matériau minéral, solide transparent et isotrope obtenu par fusion d'un mélange d'éléments vitrifiant (silice), fondants (soude) et stabilisants (chaux) » (Choay, Françoise et Merlin, Pierre.1998). En fonction des quantités de ses constituants, le verre peut être obtenu en différents états : transparent, translucide ou brillant. De même, l'ajout de certains additifs aux ses constituants, peut donner de types de verres avec des propriétés et caractéristiques variables.

#### 3.3.1 -Type de verre :

##### -Verre clair simple (flotté) :

Il s'agit d'un verre clair ou coloré, fabriqué selon la méthode de flottage (float glass). Ce procédé consiste à couler le verre après cuisson (1600°) sur un lit d'étain en



fusions dont la surface est tout à fait plane. En conséquence, cette planéité donne au verre des surfaces parfaitement planes (Trachte 2012). Ce type de verre, est le produit de base le plus fréquemment utilisé dans la confection des vitrages.

Il est utilisé, dans le bâtiment pour réaliser : fenêtres, Étagères, Portes et cloisons, Vitrines, Solariums, Serre, Atriums, Garde-corps. Son épaisseur allant de 2 à 20 mm

Figure 13: simple vitrage (source: G.Martin, 2015)

##### -Verre armé :

Le verre armé On incorpore dans le verre, lors de la phase de fabrication, un treillis métallique destiné à maintenir les morceaux de verre en place en cas de bris mais ne participant pas à la résistance mécanique ou thermique que l'on peut apercevoir sur la (figure 14). Les performances de ce type de vitrage sont les mêmes que celles d'un simple vitrage (D. Adams, Cobelver SA et al, 1999)

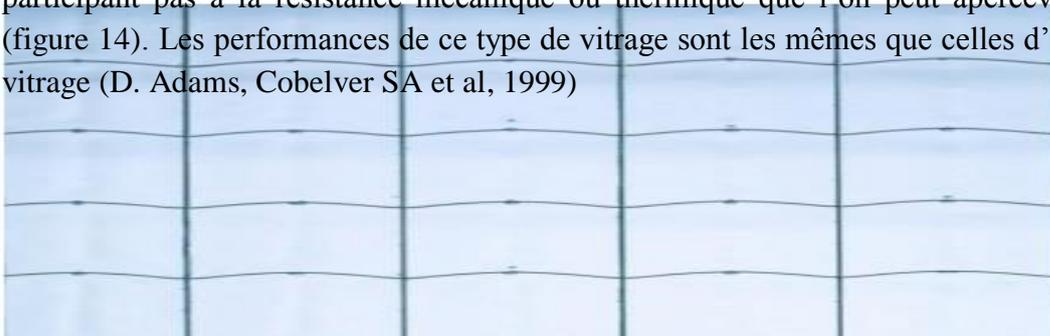


Figure 14: verre armé (source: lekapverre.fr)

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### -Le verre imprimé :

Le verre imprimé est obtenu par coulée continue, dont une ou les deux faces comportent des dessins réalisés en faisant passer la feuille de verre entre des rouleaux texturés au moment du laminage. La (figure 15) présente un verre imprimé de décoration.



Figure 15: verre imprimé (suource: archiexpo.fr)

### -Le verre profilé

Il s'agit d'un verre recuit obtenu par coulée continue suivie d'un laminage et d'un processus de formage, le plus souvent en forme de U (voir figure 16). Les fibres métalliques y peuvent être introduites lors de la fabrication pour en faire du verre profilé armé. Il peut être confectionné en double paroi pour les bâtiments à faible teneur en humidité pour limiter les problèmes de condensation entre les parois. Il s'applique en paroi tant intérieure qu'extérieure mais nullement dans un endroit où un vitrage de sécurité est requis (toiture, risque de chute).



Figure 16: verre profilé en U (source: miroiteriegbm.com)

### -Verres transformés :

#### . Le verre trempé :

Il s'agit d'un verre ayant subi un traitement thermique de renforcement augmentant considérablement sa résistance aux contraintes mécaniques et thermique.

Il existe pour cela deux procédés : la trempe thermique et la trempe chimique.

La première consiste à chauffer le verre jusqu'à environ 600-650 °C avant de subir un refroidissement brutal par jets d'air. Le verre trempé ne peut plus se découper ou se façonner. Si le verre se brise pour une raison quelconque, il se fragmente en de multiples morceaux non coupant, dont la grandeur dépend de l'état de trempe. Ce qui permet de minimiser les risques de blessures profondes. On retrouve les principales applications de ce verre dans le bâtiment (portes, balustrades, allèges, cabine douche, ...).

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

La trempe chimique obtient significativement les mêmes résultats, mais avec une technique différente : le verre est placé dans un bain à 400 °C composé de sels de potassium. Le remplacement des ions sodium du verre par les ions potassium du bain va créer la même compression du verre que par le procédé thermique. (Garg, Use of Glass in building 2007).

Un verre trempé peut être 5 fois plus résistant qu'un verre ordinaire. (La figure 17) met en relief l'aspect du verre trempé.



Figure 17: verre trempé (source: origer.lu)

### -Le verre feuilleté :

Il est composé de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées à l'aide d'un ou plusieurs films plastiques (le PVB : Poly Vinyl Butyral), résine ou gel. Après la mise en place des composants, l'adhérence parfaite est obtenue par traitement thermique s'il s'agit de film plastique (par autoclave).

En présence de résine, la mise en place se fait par coulage de résine liquide entre les verres et à la faire durcir sous des lampes ultra-violet. Ce type de verre ne peut être ni coupé, ni scié, ni percé ou façonné (voir figure 18).



Figure 18: verre feuilleté décoratif (source: google image)

Ces performances peuvent être la limitation des blessures en cas de bris, la protection contre l'effraction, protection contre les armes à feu, les explosions, les incendies, isolation acoustique, la décoration. Le nombre et l'épaisseur de chaque élément du vitrage feuilleté est normalisé avec la notation suivante : 44-2 par exemple signifie que le vitrage comporte deux couches de verre épaisses de 4 mm chacune ainsi que 2 intercalaires PVB que l'on peut apercevoir sur la (figure 19). Le 33-1 comprend donc 2 feuilles de verre de 3mm d'épaisseur + 1 feuille de PVB (épaisseur de 0.38mm).

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

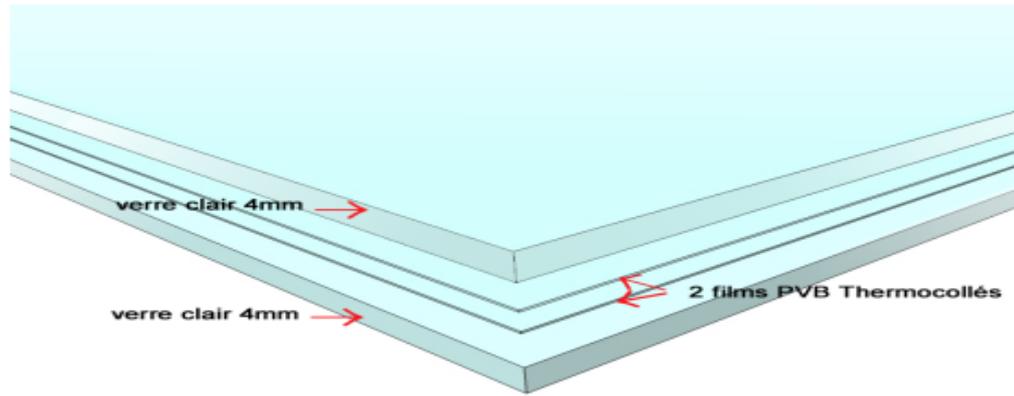


Figure 19: verre feuilleté 44.2 (source: plakglass.fr)

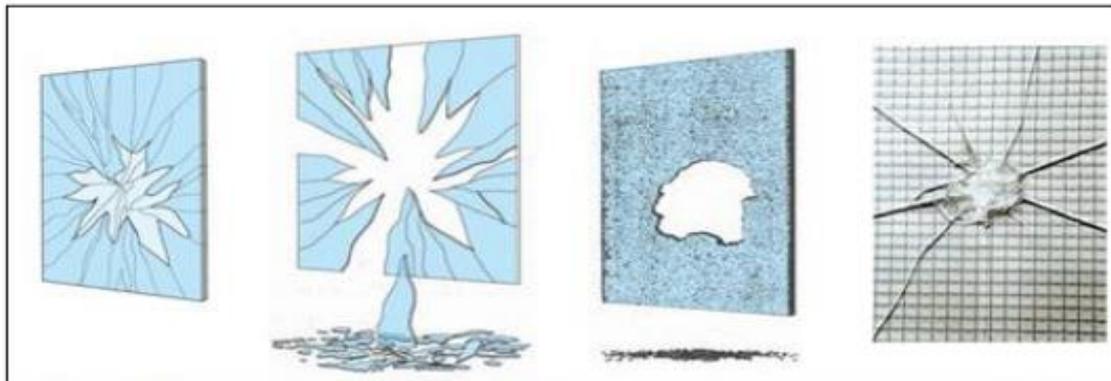


Figure 20: le comportement des vitrages en cas de bris. (Source : energieplus-lesite.be/ 2016, en ligne).

### -Le vitrage isolant :

Ces vitrages ont des propriétés d'isolation thermique et acoustique qui procurent de nette économie d'énergie et permettent d'avoir de grandes fenêtres sans en avoir les inconvénients. Il est composé au minimum de deux feuilles de verre écartées au niveau des bords par un espaceur. On distingue :

### -Le double vitrage :

Le double vitrage représenté par la (figure 21) consiste à assembler deux feuilles de verres séparées par une lame d'air (espace hermétique) ou un gaz déshydraté améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Le but premier de cet assemblage est de bénéficier du pouvoir isolant apporté par la lame d'air ou de gaz. Le double vitrage se compose des éléments suivants :

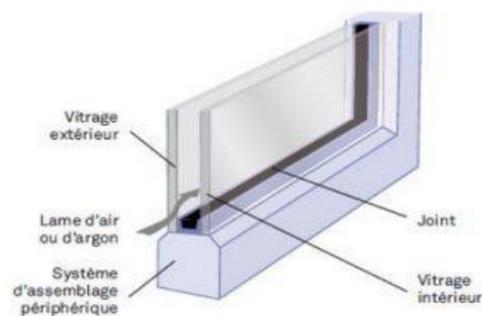


Figure 21: : principe du double vitrage (source: menuiserie-vielle.fr)

- Deux feuilles de verre

- Un espaceur ou intercalaire en aluminium ou acier séparant les deux feuilles de verre

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

- Etanchéité périphérique est assurée par des joints organiques (ex : le mastic)
- Des agents déshydratant sont contenus dans l'intercalaire qui vont empêcher l'humidité de l'air de pénétrer entre les vitres est, la plupart du temps, ajouté à l'ensemble pour éviter la formation de buée. Il s'agit de petites billes poreuses, placées sous l'intercalaire absorbant l'humidité (système d'assemblage périphérique).

### -Le triple vitrage

Ce vitrage consiste à améliorer le pouvoir isolant en ajoutant une troisième plaque de verre séparé par deux espaces d'air ou le gaz que l'on aperçoit sur la (figure 22). Il s'agit aussi d'une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre les transmissions solaire et lumineuse diminuent. Pour les deux types de vitrage, en cas de détérioration du système d'étanchéité, l'humidité pénètre dans l'espace intermédiaire et se condense et la fenêtre est dite « aveugle » (voir figure 22 A). La différence d'humidité entre l'espace intermédiaire et l'extérieur entraîne une importante chute de la pression de vapeur

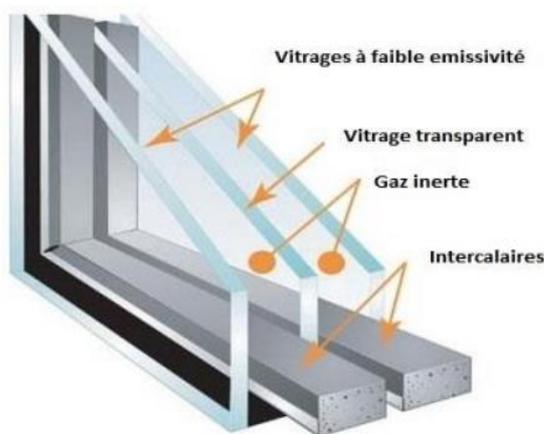


Figure 22: Le triple vitrage (source: conseils-thermiques.org)

Figure 22 A: fenêtre dite aveugle (source: mcp-menuiserie.com)

### -Vitrage à isolation renforcée :

Ce vitrage appelé aussi vitrage peu émissif permet de réduire les pertes de chaleur par rayonnement. Le principe de fonctionnement selon la (figure 23), est de conserver la chaleur au sein de l'habitat intérieur. Le rayonnement solaire traverse le vitrage et réchauffe les parois de la pièce. Ces parois émettent de la chaleur (rayonnement infrarouge) vers l'intérieur de la pièce. Le vitrage comporte un revêtement spécial déposé sur la surface intérieure (de l'argent ou des oxydes métalliques comme le nickel ou le titane). Ce

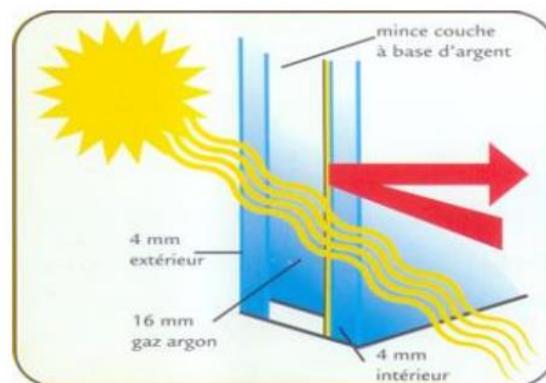


Figure 23: Principe de fonctionnement du vitrage à isolation renforcée (source: artetfenetres.com)

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

revêtement joue un rôle de barrière thermique à l'intérieur du vitrage et réduit les pertes de chaleur de 30%. Prenons l'exemple de la saison d'hiver, froid à l'extérieur et chaud à l'intérieur (voir figure 24).



Figure 24: Aspect d'un vitrage à isolation renforcée : Froid à l'extérieur, chaud à l'intérieur (source : veranda-veranco.com)

### **-Double vitrage dissymétrique :**

Pour améliorer l'isolation acoustique d'un double vitrage, on peut utiliser des verres d'épaisseurs suffisamment différentes de sorte que chacun des deux verres puisse masquer les faiblesses de l'autre lorsqu'il atteint sa fréquence critique. Cela revient à dire que le verre extérieur est plus épais et passe de 4 à 10 mm et la lame d'air de 16 à 10 mm par rapport à un double vitrage normale (4/10 /4). Cette modification permet d'atténuer le bruit. (Figure 25)



Figure 25: double vitrage dissymétrique (source: spp-aluminium.com)

### **-Vitres de contrôle solaire :**

Sont des types de verre utilisés pour réduire l'apport d'énergie solaire transmis, à travers cette vitre, il existe :

#### **-Verre absorbant :**

C'est un type de verre dont le facteur solaire « g » est faible, obtenu par l'ajout d'oxydes métalliques à sa composition, ce que donne un verre teinté (bronze, gris, vert, rose, bleu, ...). Ce procédé de traitement, permet à ce verre d'absorber une importante quantité d'énergie solaire et de ne pas la laisser pénétrer directement à l'espace l'intérieur. Il restitue cette chaleur absorbée progressivement. En raison de son réchauffement à quantité plus élevée, ce type de verre subi le casse thermique (CSTC-Bruxelles 1999).

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### **-Verre réfléchissant :**

Ce type de verre est caractérisé par sa réflexion au rayonnement solaire, en employant sur les surfaces des couches réfléchissantes. Il est utilisé pour objectif, est de limiter l'éblouissement et les surchauffes. Ces couches réfléchissantes peuvent être (CSTCBruelles 1999):

- Placées sur la face intérieure ou extérieure d'un simple ou double vitrage, réalisée en pyrolytiques à base d'oxydes métalliques.
- En forme de couches sous vide installées à l'intérieur d'un double vitrage.

### **-Le vitrage photovoltaïque :**

Les vitrages photovoltaïques sont des matériaux et dispositifs utilisant des panneaux de verre dit photovoltaïque (pouvant être plus ou moins transparent ou coloré) avec un double vitrage qui peut être incorporé pour obtenir une meilleure isolation thermique (voir figure 26). Le verre laminé photovoltaïque est un vitrage solaire.



Il permet de produire de l'électricité à partir d'une partie du spectre visible ou non visible de la lumière solaire.

Figure 26: vitrage photovoltaïque (source : onyxsolar.com)

Il empêche également l'entrée des rayons

UV nocifs ainsi que la radiation infra rouge. Ces techniques sont encore émergentes. Normalement, elles sont composées d'une enveloppe en verre laminé photovoltaïque de 6, 8, 10, 12 ou 19 mm d'épaisseur, d'une chambre à air de 16 mm d'épaisseur afin d'optimiser l'isolation thermique, et d'une plaque de verre classique à l'intérieur de 6 mm d'épaisseur. De plus, pour améliorer la capacité isolante de la chambre, l'air intérieur peut être remplacé par du gaz (Argon).

### **-Le vitrage pour une protection solaire :**

La fonction d'un verre de protection solaire est de filtrer une partie des rayons du soleil qui l'atteigne. Le choix du système de protection solaire est multiple ainsi que certains dispositifs selon que la protection soit de l'intérieure ou de l'extérieure.

### **-Cas du verre antisolaires avec film/teinté :**

Il permet d'empêcher la plus grande proportion possible d'énergie solaire dans une pièce. Les verres antisolaires avec film transparent ou teinté sont utilisés comme vitrage isolants. Un film sur le verre assure une protection solaire constante et une visibilité parfaite sur

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

l'ensemble de la surface de la vitre. Ce film permet de réfléchir fortement les rayons du soleil. Il existe trois catégories principales de films pour vitrages, qui sont maintenant systématiquement traités anti rayures (HC) :



- les films non réfléchissants clairs ou teintés
- les films réfléchissants clairs
- les films réfléchissants teintés (Schittich. C, Balkow. D et al, 2001)

Ils sont très solides, résistent à la décoloration et la plupart d'entre eux possèdent un revêtement anti-abrasif. Ce type de films se pose sur un vitrage existant, à l'extérieur ou à l'intérieur, selon le mode d'emploi voulue comme le montre la (figure 27).

### 3.3.2 Verre et problème d'énergie:

Les critiques élevées dans le milieu des années soixante-dix, contre l'architecture de verre ne visaient pas uniquement les façades stéréotypées mais surtout la perte d'énergie. Cette grande consommation d'énergie s'est expliquée par la déperdition thermique à travers des grandes façades vitrées en hiver, et la hausse transmission de chaleur extérieure à l'intérieur en été. Ce qui amène à la nécessité d'utilisation des systèmes mécaniques de climatisation et de chauffages qui, à leurs tours consomment beaucoup d'énergie. A cet effet, des normes de mesures pour une consommation rationnelle de l'énergie, ont été adoptées par de nombreux pays développés. Ainsi, l'utilisation de grandes surfaces vitrées sur la façade est tombée en critique, elle est considérée comme une source de gaspillage de l'énergie. (Schittich, et al. 2012).

Figure 27: type de verre teinté antisolare (source : stores-discount.com)

### 3.3.3 -Qualité du verre :

Les propriétés thermiques des vitrages sont très variables selon la zone climatique et le mode d'utilisation, la capacité d'isoler thermiquement dépend de facteur de transmission thermique U de verre. Les systèmes allant du simple vitrage aux éléments de vitrage isolants qui peuvent être mis en œuvre avec des couches et des gaz très divers. La transmission thermique à travers le vitrage se change en fonction de type de vitrage, le (Tableau 1) en dessous, montre l'influence exercée par la qualité du vitrage sur la valeur U et g, pour différents types de vitres (Hegger, et al. 2011).

Type de vitrage	Composition (mm)	Valeur U (w/m2k)	Valeur g( %)
Simple vitrage	4mm	5.9	87%
Double vitrage simple	4/16/4	3.3	73%
Triple vitrage simple	4/12/4/12/4	2	66%
Double vitrage à faible émissivité	4/12/4	1.8	67%
Triple vitrage à faible émissivité	4/12/4/12/4	1.4	60
Double vitrage à isolation renforcé avec gaz	4/12/4	1.1 à 1.8	65%
Triple vitrage à isolation avec gaz rare	4/12/4/12/4	0.5 à 0.8	60%

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Tableau 1: valeur U en fonction de différences types de vitrage (Source : Hegger, et al. 2011)

### 3.4 Matériaux :

Les matériaux de construction sont des matériaux utilisés dans les secteurs de la construction : bâtiment et travaux publics (souvent désignés par le sigle BTP). La gamme des matériaux utilisés dans la construction est relativement vaste. Elle inclut principalement le bois, le verre, l'acier, l'argile, les briques, les tuiles, les carrelages, les éléments sanitaires, les matières plastiques (isolants notamment) et les matériaux issus de la transformation de produits de carrières. (techno-science)

#### 3.4.1 -Familles de matériaux :

L'objectif est donc d'établir les relations entre les propriétés mécaniques à une échelle donnée et la structure du matériau à une échelle inférieure. En effet, les matériaux de structure peuvent être classés en quatre grandes familles, selon la nature des liaisons entre les atomes, dont on peut résumer les propriétés principales comme suit :

##### - Les métaux (liaisons métalliques) :

On les obtient soit par réduction à haute température de leurs oxydes en présence de carbone (ex : fer) ou par électrolyse à haute température (ex : aluminium). Ce sont les matériaux les plus employés pour les applications structurales (90% ferreux, les non-ferreux étant des alliages de Al, Cu, Ni et Ti). Ils sont capables de se déformer de manière permanente (ductiles) ce qui permet de réaliser des opérations de mise en forme par déformation plastique (emboutissage, forge, estampage...) ou d'assemblage par déformation plastique (rivetage, ...). Par ailleurs les matériaux métalliques sont denses, et bons conducteurs thermiques et électriques.

##### -Les céramiques (liaisons ioniques, solides inorganiques) :

Ce sont les matériaux les plus anciens et les plus couramment utilisés en Génie Civil (pierre, brique, verre...). On peut (ex : béton) souvent les mettre en œuvre à l'état pâteux. Ils ne deviennent fragiles qu'après la prise de forme et le frittage. Ces matériaux sont résistants à l'abrasion, mais pas aux chocs, moins denses que les métaux, isolants thermique et électrique, généralement poreux et fragiles.

##### - Les polymères (liaisons covalentes + Van der Waals ou Hydrogène, solides organiques) :

Ces matériaux sont récents. Ce sont de larges macromolécules organiques, comme par exemple le polyéthylène  $-(C_2H_4)_n-$  dont le nombre de monomères  $n$  varie entre 100 et 1000 et la masse molaire de  $M=1$  à 1000 kg/mol. Les matières plastiques ont l'avantage de pouvoir être mises en forme par déformation plastique ou injection à l'état liquide. Elles peuvent être thermoplastiques (recyclables et ductiles, comme les métaux) ou

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

thermodurcissables. Elles sont en général mauvais conducteurs thermique et électrique et très peu denses.

### - Les composites et matériaux structuraux :

Ce sont des combinaisons hétérogènes de matériaux issus de ces trois familles, mais dont la structure est définie en fonction de l'application (béton armé, composite carbone - époxy etc...) ou bien se développe naturellement sous l'effet des sollicitations mécaniques ou thermique (ex. bois : fibres de lignine dans une matrice de cellulose, ou métaux texturés par déformation plastique intense). La (Figure 28) présente la distribution du module de Young pour les différentes classes des matériaux. (MAY Abdelghani, 2017)

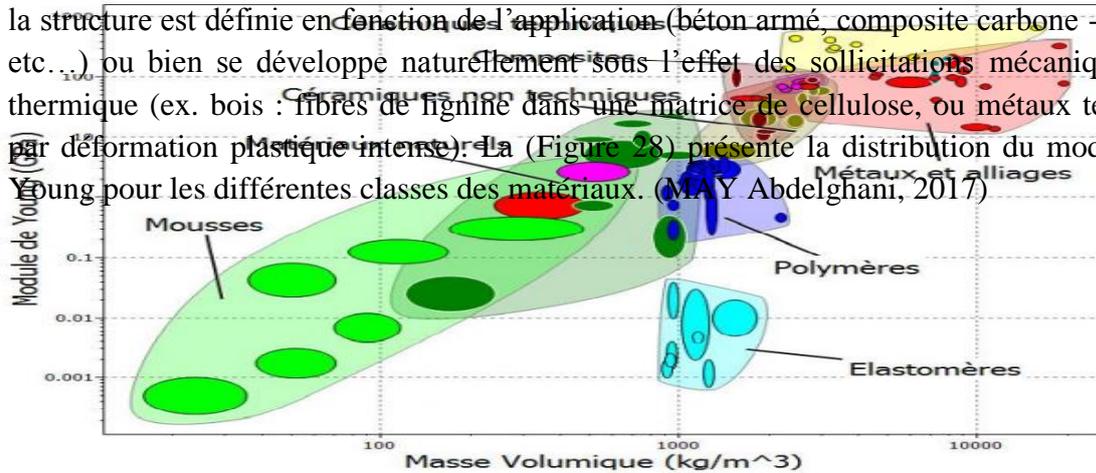


Figure 28: Distribution du module de Young pour les différentes classes des matériaux (source : researchgate.net)

### 3.4.2 -Classification des matériaux de construction :

En sciences des matériaux, il est possible de classer les matériaux de base en trois catégories:

- Les métaux
- Les polymères
- Les céramiques

Mais dans la construction, il est devenu courant de distinguer les matériaux selon des domaines d'emploi et des caractéristiques principales: les matériaux de construction et les matériaux de protection.

Les matériaux de construction sont les matériaux qui ont la propriété de résister contre des forces importantes:

- Pierres
- Terres cuites
- Bois

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

-Béton

-Métaux, etc.

Les matériaux de protection sont les matériaux qui ont la propriété d'enrober et protéger les matériaux de construction principaux:

- Enduits

- Peintures

-Bitumes, etc.

### 3.4.3 -Propriétés des matériaux de construction:

Les propriétés principales des matériaux peuvent être divisées en plusieurs groupes tels que:

- Propriétés physiques: (la dimension; la densité; la masse volumique de différentes conditions; la porosité; l'humidité etc.),

- Propriétés mécaniques: (la résistance en compression, en traction, en torsion etc.)

- Propriétés chimiques: (l'alcalinité, l'acide etc.)

-Propriétés physico-chimiques: (l'absorption, la perméabilité, le retrait et le gonflement etc.)

- Propriétés thermiques: (la dilatation, la résistance et comportement au feu, etc.)

Quelques caractéristiques et propriétés physiques courantes des matériaux de construction sont:

-Propriétés liées à la masse et au volume:

-Masse spécifique

-Masse volumique

-Porosité, densité

-Propriétés liées à l'eau:

-Humidité

-Perméabilité

-Degré d'absorption d'eau

-Variation de dimension en fonction de la teneur en eau

-Propriétés thermiques:

-Résistance et comportement au feu

-Chaleur spécifique

-Coefficient d'expansion thermique

-Les caractéristiques et propriétés mécaniques principales d'un matériau sont:

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

- la résistance à la compression, la résistance à la traction, le module de formation, le module d'électricité, etc.

Les matériaux de construction doivent:

- posséder certaines propriétés techniques
- pouvoir facilement être travaillés
- être économiques. (coursexosup.blogspot.com)

### 3.4.4 -Conductivité thermique des matériaux de construction:

Ce tableau est une classification par ordre de conductivité thermique croissante les matériaux les plus courants employés dans les bâtiments. (bilans-thermiques.fr)

Matériaux de construction	Conductivité thermique (W · m <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> )
Polyuréthane rigide (Mousse)	0,029
Laine de verre ou laine de roche	0,035
Laines ou plumes animales	0,035
Verre recyclé (Mousse)	0,035
Polystyrène expansé classe 5 selon la norme NF T 56-203	0,037
Cellulose soufflée	0,037 - 0,042
Polystyrène expansé classe 3 selon la norme NF T 56-202	0,039
Polystyrène expansé classe 1 selon la norme NF T 56-201	0,044
Verre cellulaire (d = 0,12 - 0,14)	0,05
Verre cellulaire (d = 0,13 - 0,14)	0,055
Bois - Sciure sèche	0,06 - 0,07
Verre cellulaire	0,063
Bois de cèdre	0,077
Perlite - Brique alvéolaire (Poroton)	0,08
Chanvre (Brique de)	0,085
Bois - Panneaux de particules de bois pressés - plat	0,1

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Bois - Feuillus très légers - Peuplier, okoumé	0,12
Bois - Panneaux contreplaqués et lattés - Okoumé ou peuplier	0,12
Bois de noyer (0,65 g/cm <sup>3</sup> )	0,14
Bois - Feuillus légers - Tilleul, bouleau, érable, et résineux mi-lourds : pins sylvestre et maritime	0,15
Bois - Panneaux contreplaqués et lattés - Pins maritimes ou d'Orégon	0,15
Bois de pin (perpendiculairement aux fibres)	0,15
Béton traité à l'autoclave	0,16
Bois de chêne	0,16
Bois - Panneaux de particules de bois	0,17
Béton cellulaire	0,22
Bois - Feuillus mi-lourds - Hêtre, frêne, etc. et résineux très lourds : pitchpin	0,23
Béton de perlite ou de vermiculite	0,24
Béton cellulaire	0,33
Plâtre standard	0,35
Bois de pin (parallèlement aux fibres)	0,36
Caoutchouc vulcanisé	0,36 à 0,40
Béton de pouzzolane	0,44
Amiante-ciment cellulose	0,46
Béton de ponce naturelle	0,46
Plâtre haute dureté	0,5
Eau	0,6
Asphalte pur	0,7

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Béton caverneux < 10 % de sable de rivière	0,7
Brique (terre cuite)	0,84
Amiante-ciment	0,95
Terre cuite	1 - 1,35
Pierre tendre	1,05
Asphalte sablé	1,15
Béton caverneux - Granulats lourds siliceux, silico-calcaires et calcaires	1,4
Béton plein - Bétons de granulats lourds de laitier de hauts fourneaux de Lorraine	1,4
Béton armé et mortier	1,5
Verre	1,5
Pierre ferme calcaire	1,7
Béton plein - Bétons de granulats lourds siliceux, silico-calcaires et calcaires	1,75
Ardoise	2,1
Pierre dure calcaire	2,2
Lave	2,9
Marbre	2,9
Basalte	3,5
Gneiss	3,5
Granite	3,5
Acier inoxydable	16,3
Acier au carbone (0,5 - 1,5% C)	50,2
Fer	80
Aluminium	210

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Cuivre	370
--------	-----

### 3.4.5 -Propriétés thermiques des matériaux de construction:

Les propriétés thermo physiques des matériaux ont une influence sur la performance thermique du bâtiment. Comme c'est déjà énoncé, la haute densité des matériaux de construction est aussi un indicateur de haute conductivité thermique, c'est à dire qu'ils ont une faible résistance thermique. Par contre, les matériaux isolants ont une basse conductivité et une haute résistance thermique, donc ils font de bons isolants thermiques mais faibles pour le stockage de la chaleur. En conséquence, quand la chaleur est appliquée sur les matériaux de propriétés différentes, il y aura un effet différent sur eux. Pour que les matériaux stockent efficacement la chaleur, ils doivent présenter de plus hautes valeurs de densité, de capacité thermique et de conductivité thermique. De plus, toutes les combinaisons de propriétés thermo physiques des matériaux sont importantes sous certaines circonstances.

### 3.4.6 -Choix des matériaux et des isolants pour la construction :

L'apparition de nouvelles exigences qualitatives sur notre environnement, a conduit les architectes a se réintéresser aux matériaux et à leur mise en œuvre. Ces recherches s'accompagnent d'une prise en compte des nouveaux facteurs de notre économie, par exemple le coût écologique. Le choix des matériaux de construction, joue un rôle important dans le confort des locaux. Les matériaux idéaux sont ceux qui offrent une grande capacité calorifique. Favorisant ainsi une absorption du rayonnement solaire le jour et assurant une restitution de la chaleur la nuit, tel que la pierre et l'argile. En fait, ces matériaux sont très anciens puisque utilisés par d'anciennes civilisations. Mais aujourd'hui on les redécouvre avec leurs grandes qualités, leurs atouts par rapport aux matériaux modernes. J.M Fitch et D. Branth précisent à ce sujet que « l'argile et la pierre sont les matériaux de plus grande capacité calorifique ceux-ci sont abondant en région désertique et c'est précisément en les utilisant que toutes les peuplades primitives du monde ont érigé leurs demeures » En ce début de millénaire, on retourne à grand pas vers le naturel, le biologique, vers des matériaux que les anciens travaillaient déjà avec un grand savoir-faire. La terre crue, comme le pisé, la terre cuite, l'adobe, la terre-paille et le torchis possèdent des qualités thermiques tout à fait remarquables ainsi qu'un très bon niveau d'isolation, et une inertie thermique de 12h qui amortit les variations de température quelle que soit la saison.

### 3.5 Les isolants :

Un isolant thermique est un matériau qui permet d'empêcher la chaleur ou le froid de s'échapper d'une enceinte close (climamaison.com)

On distingue trois groupes d'isolants : ceux à base minérale, ceux à base de plastique alvéolaire et ceux à base végétale

Types	Matériaux	Conductivité thermique $\lambda$ W/m.K	Température de fusion °C	Résistance à la diffusion de vapeur comparativement à l'air	Protection contre les animaux et les micro-organismes
<b>Isolants minéraux</b>	Laine de roche	0,036	1 200	1 à 2	+
	Laine de verre	0,040	700	1 à 2	+
	Verre cellulaire	0,042	600	infinie	+
	Perlite expansée	0,050	1 100	5 à 10	+
<b>Mousses synthétiques</b>	Polyuréthane	0,025	120	50	-
	Polystyrène expansé	0,036	80	20 à 150	-
	Polystyrène extrudé	0,028	80	150 à 300	-

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Tableau 2: les types d'isolants (source: Liébard, Alain et De Herde, André. 2005)

### 3.5.1 - Classification des matériaux isolants :

Le critère de classification des isolants repose sur la structure de leur matrice solide et sur la nature chimique de la substance qui la constitue.

Nous retrouvons à cet effet les types d'isolants suivants (Langlais, C. et Klarsfeld, S. 2004)

#### **-Les isolants fibreux :**

Nous distinguons dans cette catégorie, les isolants fibreux minéraux, qui sont des produits manufacturés à partir de matière amorphe (non cristallisée) fondue telle que le basalte, le verre et la silice vitreuse. Les principaux d'entre eux sont les isolants en fibres céramiques et les laines minérales. Les isolants fibreux organiques, par contre, sont d'origine naturelle comme la laine de bois, la laine animale (de mouton) ou manufacturés à partir de matières plastiques.

#### **-Les isolants cellulaires :**

Ce sont les matériaux poreux à matrice solide contenant des cellules fermées, ouvertes ou partiellement ouvertes, contenant de l'air ou un autre gaz. On retrouve le béton cellulaire léger, le verre cellulaire, le polystyrène expansé ou extrudé, le polyuréthane, le polychlorure de vinyle et les mousses souples d'élastomères.

#### **-Les isolants pulvérulents, modulaires ou granulaires**

Ce sont, soit des matériaux d'origine minérale comme la perlite et la vermiculite, se présentant sous forme de grains et de paillettes, obtenus à partir de l'expansion à chaud des roches volcaniques et de mica, soit des matériaux d'origine organique comme les granulats de liège, les copeaux de mousse rigide de polychlorure de vinyle, les fibres de cellulose (obtenues à partir de papier, cartons, pâte à bois avec ou sans liant) et les parles expansées de polystyrène.

#### **- Les super isolants :**

Ce sont des produits manufacturés de matériaux microporeux de type cellulaire, comme les plaques aérogels de silice monolithique.

#### **-Les produits minces réfléchissants :**

Ils sont également désignés par le vocable : films minces réfléchissants, isolants minces réfléchissants ou isolants thermo réfléchissants. Ils sont constitués d'une ou plusieurs couches très fines de feuilles d'aluminium. La surface réfléchissante de ces feuilles permet d'améliorer la performance globale d'une paroi lorsque le produit est en contact avec une

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

lame d'air non ventilée (Commission chargée de formuler des avis techniques sur les procédés, matériaux utilisés dans l'enveloppe du bâtiment, 2004)

Isolant	Conductivité $\lambda$ (W/m °C)	Isolant	Conductivité $\lambda$ (W/m °C)
Laine de roche	0.038 – 0.047	Polystyrène expansé	0.036 – 0.058
Laine de verre	0.037 – 0.051	Polystyrène extrudé	0.029 – 0.036
Laine de silice	0.03 – 0.04	Mousse rigide de	
Fibres de bois	0.06 – 0.067	polyuréthane	0.033
Fibres de poly stère	0.05	Perlite	0.035 – 0.045
Laine de mouton	0.041	Vermiculite	0.058
Béton cellulaire	0.16 – 0.33	Liège	0.044 – 0.049
		Aérogel de silice	0.005      0.017 (P = 1 bar)    (P = 5 bar)

Tableau 3: Valeur du coefficient de conductivité thermique des principaux isolants (source: Mazria, E. 2005)

### 3.5.2 -L'isolation thermique par l'extérieur et l'isolation thermique par l'intérieur comme solution pour un confort thermique optimal :

Il existe deux grandes techniques Pour isoler les murs périphériques d'un logement : l'isolation thermique par l'intérieur et l'isolation thermique par l'extérieur. Ces deux solutions permettent d'atteindre d'excellentes performances. On choisit l'une ou l'autre selon la configuration spécifique et les contraintes du chantier.

#### **-Système d'isolation thermique par l'intérieur :**

L'isolation thermique par l'intérieur permet de traiter aisément les jonctions avec les menuiseries, portes, balcons, ... etc., ainsi que celles avec l'isolation des combles et toitures. Pour respecter les conditions de confort d'été, la masse des murs n'étant pas en contact avec les volumes intérieurs, il sera pertinent de composer avec des parois intérieures lourdes. Une isolation des murs par l'intérieur est également idéale :

-lorsque la maison est ancienne et détient un certain cachet patrimonial que l'on ne souhaite pas sacrifier (pierres apparentes, briques et pierres, ...).

-lorsque la façade extérieure présente des particularités architecturales limitant l'intérêt d'une isolation par l'extérieur (nombreuses parois vitrées, balcons, bow-windows qui représentent autant de ponts thermiques à traiter).

- lorsque la façade extérieure ne nécessite pas de ravalement.

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### - Système d'isolation thermique par l'extérieur :

L'isolation thermique par l'extérieur permet de supprimer les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends. Elle permet également de tirer parti de l'inertie des murs pour récupérer les apports solaires en hiver et pour réduire l'inconfort en été. En revanche, ce type d'isolation (sous enduit, vêtture, bardage, ...) implique des précautions spécifiques de mise en œuvre pour garantir le traitement thermique de la jonction avec les planchers bas, les encadrements de fenêtres, portes, loggias, balcons, etc. et les acrotères des toitures plates ou les combles. Le groupement du mur manteau a décrit des solutions de traitement des points singuliers en isolation par l'extérieur. (MAMMERI Nawel, 2016)

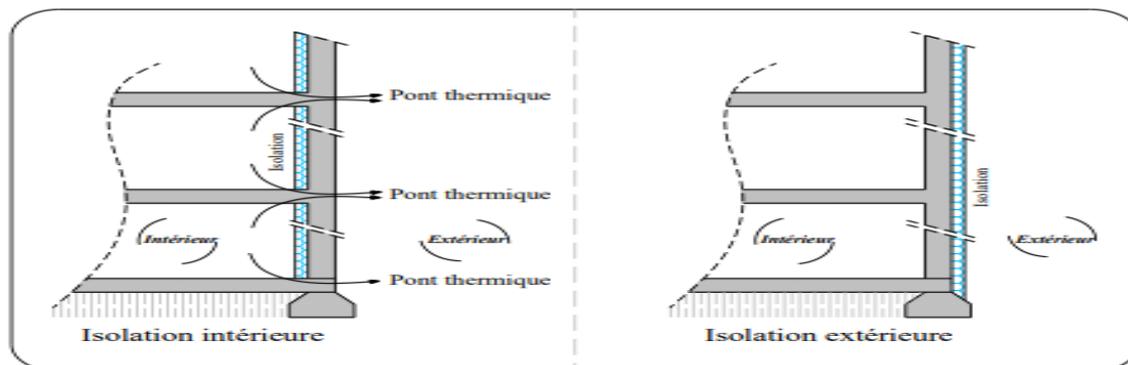


Figure 29: systèmes d'isolation des murs (source : Langlais, C. et Klarsfeld, S. 2004)

### 3.5.3 -L'isolation et l'économie d'énergie :

L'isolation associée à l'inertie thermique dans le bâtiment entraîne des réductions considérables des charges de chauffage et de climatisation. Des études de simulation exécutées sur un bloc de logements sociaux pour 12 ensembles différents d'enveloppes et cloisons, dans le but de trouver comment les changements dans la structure affecteraient la charge de rafraîchissement annuelle et la demande maximale de rafraîchissement du bâtiment sous les conditions climatiques de Hong-Kong. Les résultats montrent que l'addition de l'isolation à l'enveloppe et les partitions serait efficace dans la réduction des charges de rafraîchissement annuelles de l'espace, jusqu'à 38%, mais non plus pourrait augmenter (jusqu'à 19%) ou réduire (jusqu'à 16%) la demande maximale du rafraîchissement selon le nombre et l'emplacement des couches de l'isolation dans les murs. Réduire la capacité thermique de l'enveloppe et cloisons intérieures (en réduisant leur épaisseur) mènerait aux grandes augmentations dans la demande maximale du rafraîchissement avec plus de 60% dans le cas extrême. (BOJIE. Milorad, YIK Francis, 2005)

Il a aussi été démontré que, pour le fonctionnement intermittent du chauffage par opposition au fonctionnement intermittent de la climatisation, la structure: isolation / maçonnerie / isolation économise de 32 à 72% plus d'énergie comparée avec la structure: maçonnerie / isolation / maçonnerie. (BOJIC. M.L, LOVEDAY . D.L, 1997)

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### 3.6 Atrium:

L'atrium c'est un espace intéressante pour les bâtiments très large il met en vie l'espace intérieur par l'admission de la lumière du jour, profite des gains solaires direct en hiver, accroît les interactions et la socialisation des gens, il agit comme un obstacle contre les effets indésirable de environnement extérieure tel que la pluie, la neige ou le vent , il convient à de multiples applications comme des galeries, des halls d'hôtels, des centres commerciaux ou des lieux d'exposition (*Göçer et al, 2006*)

#### 3.6.1 -Les aspects environnementaux de l'atrium:

##### -Le contrôle lumineux :

L'importance de la lumière du jour dans une performance environnementale d'atrium, en particulier sa capacité à réduire l'éclairage électrique et les charges thermiques associés, a donné lieu à plusieurs enquêtes de la lumière naturelle dans les atriums et leurs espaces adjacents... Ces atriums vitrés permettent aux espaces adjacents d'avoir de plus grandes fenêtres pour admettre la lumière du jour sans les pertes considérables de chaleur ou les gains de chaleur, fournissant ainsi des opportunités pour la lumière du jour d'entrer dans le cœur d'un bâtiment et potentiellement d'augmenter la quantité d'espace occupé qui peut être naturellement éclairé. Par conséquent, la lumière naturelle est l'un des principaux avantages de la forme d'atrium, car il remplace l'éclairage artificiel et ses charges de refroidissement associés (*SwinalSamant,2011*).

Ces atriums fournissent des environnements de travail plus souhaitables en offrant plus d'espace avec une connexion à la lumière naturelle et l'environnement extérieur. Beaucoup pensent que l'accès à l'éclairage naturel du spectre complet crée un environnement plus sain et plus productif. Il y a eu plusieurs études qui appuient ce point de vue.

##### -Le contrôle thermique :

Au-delà des avantages qu'offrent les atriums pour l'éclairage naturel, ceux-ci peuvent aussi constituer une excellente stratégie de contrôle thermique des espaces adjacents. L'atrium, selon sa géométrie et ses gains internes et solaires, peut induire un effet de cheminée permettant de ventiler naturellement les espaces adjacents (*ClaudeMH Demers et André Potvin, 2005*). La performance de l'atrium change dans différents climats et saisons. Il joue le rôle d'un espace tampon car en hiver, la température de l'air intérieur est généralement plus élevée que la température extérieure en raison du gain de chaleur solaire, même dans les atriums non chauffés, Le principal avantage de cette augmentation de la température est la réduction de la perte de chaleur à travers les murs des espaces adjacents et de fournir une ventilation préchauffée (*Ahmed Qadir Ahmed,2013*).

##### -Le Control de ventilation et de mouvement de l'air:

Une bonne circulation de l'air est d'une importance cruciale pour le confort et le bien-être des occupants dans l'environnement intérieur. Une approche conversationnelle au mouvement de l'air dans les bâtiments implique de se servir des espaces d'atrium pour déplacer passivement de l'air à travers le bâtiment. Le mouvement de l'air, sans la nécessité d'une force mécanique et l'utilisation de l'énergie est considérée comme passive. Les

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

stratégies passives pour le mouvement de l'air peuvent être utiles dans l'une des deux façons:

-Les mouvements passifs d'air peuvent aider à fournir la ventilation qui maintient la qualité de l'air intérieur et compense l'utilisation de l'électricité, utilisé par les unités de traitement d'air (AHU), pour pomper l'air dans le bâtiment;

-De même, ils peuvent aider à refroidir le bâtiment, compensant les charges de refroidissement et la demande d'électricité nécessaire pour faire fonctionner les unités de réfrigération de l'air. (Barry Smith Jr,2008).

Les deux utilisations du mouvement de l'air sont bénéfiques dans le maintien de l'environnement intérieur du bâtiment pour exiger moins d'énergie externe pour son fonctionnement et entretien.

### **-Le Control énergétique :**

La conception d'atrium est l'une des stratégies pour obtenir un meilleur confort en utilisant moins d'énergie. Par exemple, l'effet de réchauffement et l'utilisation du toit vitré pour l'éclairage naturel réduiraient la consommation d'énergie. Cependant, il faut prendre soin en été pour le refroidissement des zones occupées de l'atrium. En outre, l'effet de tirage induit par la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment donnerait une force motrice pour la ventilation naturelle pour réduire la charge de refroidissement (W.K.Chow , W .Y.Hunget, 2011).

### **3.6.2 -Les aspects architecturaux de l'atrium:**

#### **-Un connecteur urbain :**

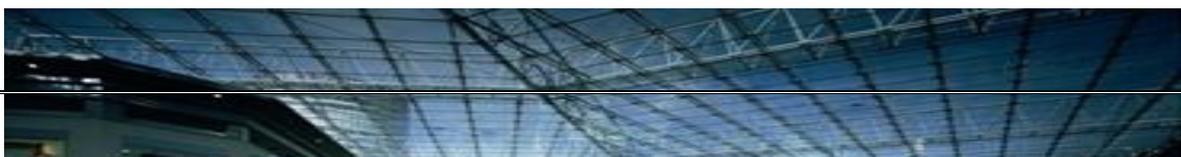
Saxon (1994) note « espace public extérieur et intérieur, défini par la forme bâtie, c'est le fondement de la bonne conception urbaine ». L'Atrium permet la transition entre le domaine public et privé et il est souvent utilisé pour connecter des bâtiments à leur contexte (le tissu

urbain, les infrastructures et la ville) et de créer parcours et des masses de construction conviviales.

Une caractéristique notable de l'atrium du Bull ring à Birmingham est qu'il se fonde sur les schémas historiques existants des rues la ville pour créer des rues internes vivantes

Éclairées qui font maintenant partie du réseau plus large des espaces publics de cette ville (Figure 30) (SwinalSamant, 2011).

D'une manière générale, à l'heure actuelle l'atrium est un élément dynamique attachant l'ensemble de la ville et d'agir comme un centre focal. Etant le point clé de la structure de la ville, étant le chemin entre deux destinations importantes, en attirant les gens et



## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

enrichissant leurs mouvements à l'intérieur, ainsi qu'en améliorant la qualité de l'espace public urbain.



Figure 30: vue intérieure de l'atrium du bâtiment Bullring à Birmingham (source: facadeds.com)

### **-Élément symbolique et d'esthétique :**

Un atrium peut être un espace puissant symbolique qui donne une identité forte et une présence architecturale à un bâtiment. L'essor d'espaces d'atrium prêche un sentiment de joie et d'excitation à l'édifice en s'étendant sur plusieurs niveaux avec son environnement. Les atriums sont souvent animés par les différents usages, et la circulation verticale et horizontale qu'ils peuvent englober. Ils sont souvent incorporés dans les hôtels, les bureaux et les bâtiments de loisirs comme une expression de la richesse, l'extravagance, la puissance et la grandeur. Cet effet est souvent obtenu par l'utilisation des matériaux riches, des couleurs et d'autres caractéristiques telles que les installations d'art, plantation, des cascades, des sculptures et de l'éclairage.

Des bâtiments d'entreprise peuvent utiliser un atrium pour refléter la philosophie d'organisation et de

Figure 31: vue intérieure de La tour Deutsche Post AG Bonn, en Allemagne (source: archdaily.com)

l'identité. La tour Deutsche Post AG Bonn, en Allemagne (Figure 31) par Murphy et Jahn, ont employé avec succès un atrium pour exprimer la transparence et la durabilité au sein de leurs sièges sociaux (SwinalSamant, 2011).

### **-Un centre culturel et social :**

Un atrium peut agir comme un mécanisme d'invitation pour attirer les gens dans le bâtiment, L'interaction humaine peut donc être fortement stimulée, en offrant un espace de rassemblement, qui peut faciliter aux gens de recueillir et d'échanger des informations et de connaissances pour créer un environnement social et humaniste.

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

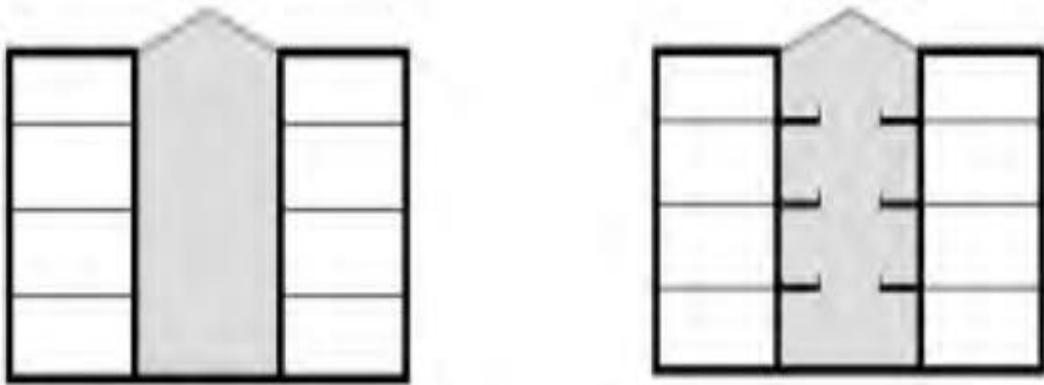
Il peut aussi agir comme un centre culturel en organisant des activités telles que des concerts musicaux, des spectacles, et des expositions. L'espace ouvert offre non seulement une qualité spatiale, mais aussi la connexion visuelle à toutes les activités qui se déroulent autour de l'atrium (W.Y. Hung, 2003).

### - Élément conservateur et rénovateur :

Certains sites irréguliers pourraient être traités facilement en insérant l'atrium comme toute forme de création pourrait être générée par un atrium. L'atrium peut également être utilisé comme un outil pour revitaliser les édifices historiques en le fixant sur les anciens locaux. En mettant un toit sur plusieurs bâtiments adjacents, l'unification peut être atteinte. La démolition est donc pas la seule moyenne de gérer ce genre de structure. Une autre idée novatrice est de construire un atrium dans une zone nécessitant un réaménagement (W.Y. Hung, 2003).

### 3.6.3 -Organisation interne de l'atrium:

La vocation fonctionnelle de l'atrium dans un bâtiment conditionne son organisation interne. Si l'espace est destiné à la circulation au niveau du rez-de-chaussée, l'occupation se réduira au niveau du sol et les espaces adjacents donneront directement vers le vide de l'atrium. Dans ce cas, on peut désigner le volume par le terme « atrium lisse ». Il arrive aussi que l'atrium soit conçu pour desservir les étages par l'intermédiaire de coursives qui font partie du volume et qui longent les espaces adjacents. Dans ce cas, l'atrium peut être qualifié « alvéolaire » puisque les planchers des coursives divisent partiellement le volume en plusieurs zones ou alvéoles (Figure 32)



## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Figure 32: : à gauche, un atrium lisse. A droite, un atrium alvéolaire (source : Belmaaziz, 2003)

### 3.6.4 -Effets de la configuration géométrique de l'atrium sur la stratification thermique :

#### -Effets de la hauteur :

D'après l'étude qui a fait Crozet (Crozet 1981) sur effets de la variation de la hauteur, pour une largeur constante, sur la stratification thermique. a conclu que montrent que les températures en bas de la galerie ont tendance à diminuer quand la hauteur augmente. Les températures en haut restent sensiblement les mêmes dans toutes les situations

#### -Effets de la largeur:

D'après l'étude qui a fait (Jones,1993). Sur effets de la variation de largeur pour une hauteur constante ont concluent que l'atrium étroit est caractérisé par une importante stratification par rapport à l'atrium large. Lorsqu'il y a un fort ensoleillement (indice 280), la stratification dans l'atrium étroit est plus importante de 12 °C par rapport à l'atrium large. Pour expliquer cela, les auteurs avancent le fait que l'atrium étroit serait, de par ses proportions, soumis au rayonnement solaire uniquement dans sa partie haute. C'est tout le contraire pour l'atrium large où les pénétrations solaires sont bien plus importantes et les zones chauffées sont réparties sur toute la hauteur (Figure 33).

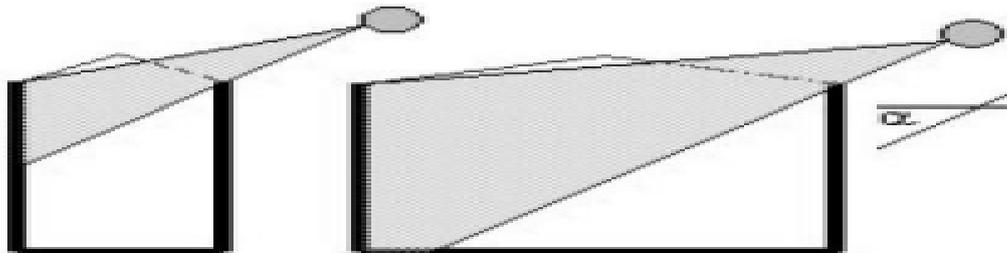


Figure 33: les pénétrations solaires dans les deux atrium (source : Jones, 1993)

### 3.7 Toiture végétalisée :

Une toiture végétalisée est un espace vert créé en installant plusieurs couches de substrat de croissance et des plantes sur une couverture elle 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 (FACER.J, 2004/2005)

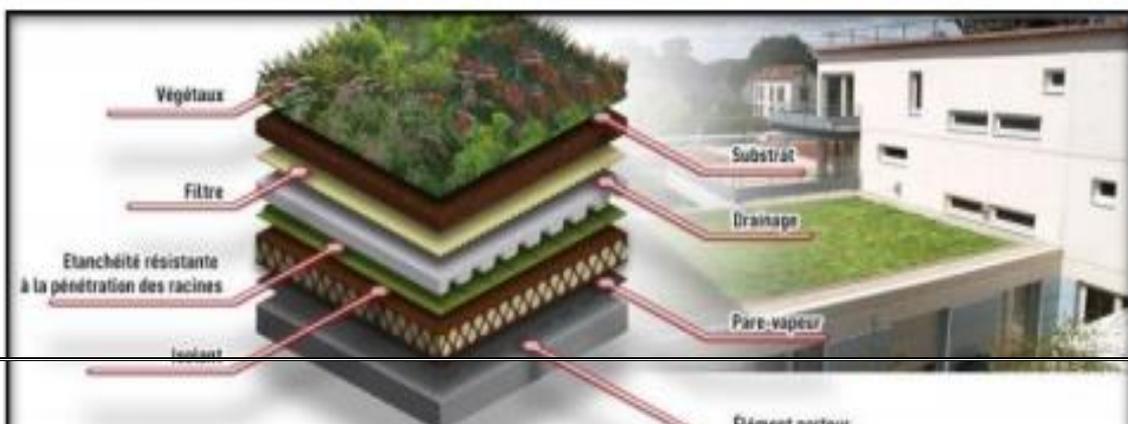


Figure 34: toit vert.( source :www.batireco.fr)



### 3.7.1 -Type de toiture végétalisée :

#### -Type extensif :

C'est un procédé plus facile à mettre en œuvre car les plantes n'utilisent que peu de terre (6 à 20 centimètres d'épaisseur). Particulièrement adaptée aux bâtiments de grande superficie, toits inclinés ou habitations déjà existantes, ce sont des espèces peu exigeantes en eau et en soins, avec de faibles besoins nutritifs (mousses, sédums, graminées, plantes grasses) qui les constituent. Elles poussent habituellement dans les milieux arides et incultes et ne doivent pas être taillées ni tondues. Il n'est pas nécessaire de les arroser. Seul inconvénient, ce type de toiture n'est pas praticable (ne peut être ni cultivé, ni piétiné).

Figure 35: toiture vert extensif (source: www.aujardin.info).

#### -Type intensif:

Il s'agit d'une « amélioration » de la terrasse-jardin, dans la mesure où les matériaux de culture sont dûment sélectionnés (des substrats spécifiques se substituent à la terre végétale, et la couche de drainage participe généralement aussi à la rétention en eau). Le choix des végétaux (plantes couvre-sol par exemple) et la conception d'ensemble s'orientent vers un entretien plus limité que dans la solution « traditionnelle »

#### -Type semi-intensif :

Elle disposera d'une épaisseur de terre supérieure à 20 cm. Préconisée pour les petites et moyennes surfaces, la toiture permet d'accueillir une végétation à fort développement racinaire et aérien de type horticole tel que les graminées, gazons, plantes vivaces ou arbustes. Comparable aux jardins ordinaires, il est possible d'y semer ou d'y cultiver toute sorte de végétaux. Du fait de la surcharge importante, le bâtiment doit être adapté, il est donc préférable de s'adresser à des professionnels pour vérifier la capacité des structures du bâtiment avant toute intervention. Il peut permettre une inclinaison de l'ordre de 0 à 30 ° (0 à 50 %) de la toiture. (l'ALEC / l'AGEDEN, 2016)

Figure36: toiture jardin (source: www.aujardin.info)



## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART



Figure 37: végétation semi intensive (source : [meple.com](http://meple.com)).

### 3.7.2 Tableau comparatif :

La différence entre les trois types se repose essentiellement sur les niveaux d'épaisseur de substrats de croissance, les charges additionnelles sur les structures du toit, sur le type de végétation qu'on souhaite faire pousser et sur le degré plus ou moins important d'entretien qu'on doit leur consacrer

critères	Végétalisation extensive	Végétalisation semi-intensive	Végétalisation intensive
En image			
Support admissible	béton	Béton, acier, bois	Béton, acier, bois
Choix de la végétation	Restreint (sedum, mousses, vivaces)	Large (Vivaces, petits arbustes, gazon)	Très large (arbustes, arbres, gazon)
Poids du système (kg/m <sup>2</sup> )	75-180	200-500	500-2000
Epaisseur du substrat (cm)	4-12cm	12-30	30et plus
Arrosage	non	oui	oui
Entretien	faible	moyen	fort
Cout	économique	moyen	élevé
accessibilité	faible	limitée	important

Figure 38: Comparaison entre les types des toits végétaux. (Source : <http://www.referencenature.fr>).

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

### 3.7.3 Les éléments d'un toit vert :

En partant du support de toit, la toiture végétalisée est constituée essentiellement de cinq composantes qui sont résumées dans le tableau (BOUATTOUR Med, 2009)

Composants	Fonction et composition
Structure portante	Elle peut-être plate ou inclinée, en béton, en acier ou en bois, à condition qu'elle soit capable de supporter le poids de l'installation prévue. - Il est recommandé de construire des terrasses avec une pente de 1 à 2%, ce qui permet de diminuer l'épaisseur de la couche drainante et donc de diminuer le poids de la structure.
Membrane d'étanchéité	- Doit résister à la compression en fonction de l'installation prévue, contenant des agents anti-racines qui empêchent la pénétration des racines. - Peut être un agent chimique incorporé à la membrane ou un écran physique : élastomérique, PVC, polyoléfine bicouches ou monocouches. - Les membranes multicouches à l'asphalte sont déconseillées pour des raisons de durabilité.
Couche de drainage et de filtration	Choisie en fonction de la pente de la toiture, elle sert à créer un espace de drainage d'environ 10 mm de hauteur qui dirige l'eau de pluie vers le drain du toit ou vers les gouttières extérieures. Elle peut être en granulats d'argile expansé, cailloux, graviers, plaques de polystyrène alvéolées et nervurées, etc. - La couche filtrante recouverte d'un filtre géotextile retient les fines particules de terre et de végétaux qui risqueraient de colmater la couche drainante et d'un substrat composé de mousse de sphaigne, terreau, terre noire, compost, etc.,
Substrat de croissance	Supporter la croissance des plantes, il doit être léger et résistant tout en retenant l'eau. - Sa composition et sa profondeur dépendent de la végétation choisie. Généralement composé de compost végétal de feuilles ou d'écorces mélangé à des agrégats de pierres légères et absorbante. Comme matériau, on utilise des minéraux à pores ouverts, à savoir de la pierre volcanique, de l'argile expansée, et parfois des débris de briques.
Couche végétale	Choisie en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente du toit, etc. - Privilégier des plantes vivaces et indigènes très résistantes aux températures extrêmes et qui s'implanteront rapidement pour couvrir les surfaces de sol afin de réduire son assèchement par le soleil et le vent.

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

(La figure 39) montre la constitution du toit en comparant les différents types cités plus haut.

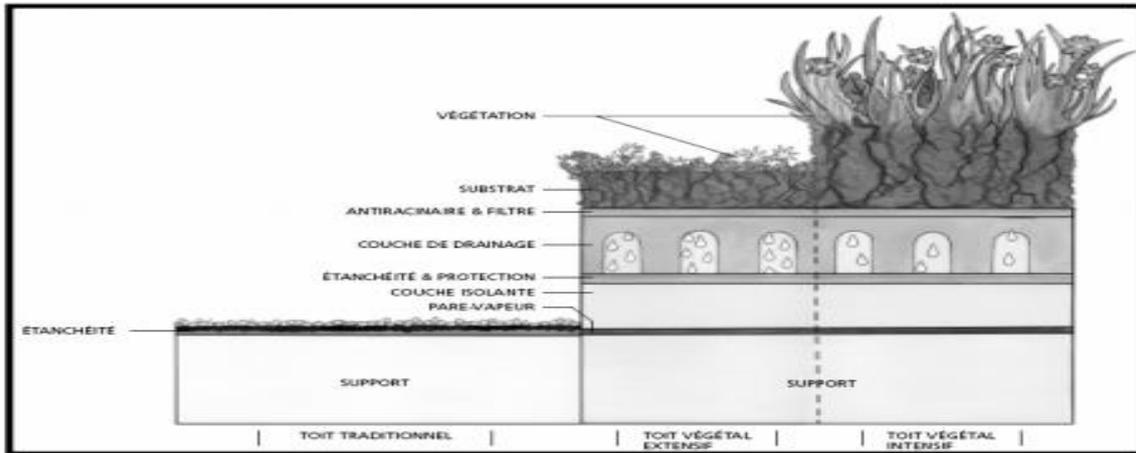


Figure 39: : Coupe d'un toit végétalisé (Source :vivreenville.org)

### 3.7.4 Les plantes à privilégier pour les toits verts:

- **Plantes fleuries** : Origan lisse (*Origanum laevigatum* "Herrenhausen") ; la ciboulette, qui offre aussi l'avantage d'être un condiment ; un mélange de fleurs des champs pour créer un pré fleuri ; le gazon d'Espagne (*Armeria maritima*) ; les iris (*Pumila*) ; campanule agglomérée, etc.

- **Couvre-sols** : œillet couché (*Dianthus deltoides*) ; gypsophile rampante (*Gypsophila repens*) ; orpin blanc (*Sedum album*) ; thym serpolet, etc.

- **Graminés** : fétuque bleue (*Festuca glauca*) ; fétuque améthyste (*Festuca amethystina*).

- **Plantes vertes** : corbeille d'argent (*Iberis sempervirens* "Schneeflocke") ; armoise de Schmidt (*Artemisia schmidtiana*) ; centaurée scabieuse (*Centaurea scabiosa*), etc.

### 3.7.5 Les avantages et les inconvénients des toits végétalisés :

#### -Les avantages :

Les toits végétalisés offrent plusieurs avantages : Aspect économique et constructif, selon ADIVET17 et CSTB18, la toiture végétalisée est considérée comme une protection mécanique par l'allongement de la durée de vie de l'étanchéité (5 fois plus), elle limite les chocs et la dégradation du bitume élastomère.

Avantages environnementaux, par la gestion de l'eau , un toit végétal pourrait absorber jusqu'à 50 % de la quantité d'eau tombant sur les toits, amélioration de la qualité de l'air par la fixation des poussières atmosphériques et des pollens à travers le processus de la photosynthèse, elle fixe le carbone et le CO2 et produit de l'oxygène : 1,5 m<sup>2</sup> de toit végétal couvre les besoins en oxygène d'un homme adulte. Elle offre aussi un climat plus agréable par la réduction de fait du phénomène l'îlot thermique urbain, grâce au phénomène d'évapotranspiration, la végétation au milieu urbain rafraîchit l'air et l'humidifie.<sup>19</sup>

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Au niveau du confort, l'isolation thermique par l'offre de la douceur en hiver et la fraîcheur en été, une toiture végétalisée ne dépasse pas 15 à 20°C, par contre un toit en béton peut atteindre 60°C qui contribue à la prévention de l'incendie, elle est aussi l'un des meilleurs isolants phoniques, elle absorbe et diminue les ondes sonores, un substrat de 12 cm d'épaisseur peut réduire les bruits de 40 à 50 dB.

Joue un rôle esthétique et psychologique, amélioration de la biodiversité et la création d'habitats fauniques et floristiques

### **-Les inconvénients :**

L'ajout d'un substrat de culture et de végétaux nécessite une structure suffisamment forte de toit, une étanchéité parfaite, une pente relativement faible.

Contrairement à un toit classique, une toiture végétalisée demande un savoir-faire pour sa conception : il faut donc faire appel à une entreprise qui possède une longue et solide expérience. Intégration et cohabitation plus difficile avec des panneaux photovoltaïques qui doivent être intégrés à la toiture pour pouvoir bénéficier du tarif de rachat de l'électricité le plus avantageux. Le prix pour des toitures denses est en moyenne 4 à 5 fois plus cher qu'un toit normal. Nécessite un accès facile pour l'entretien (indispensable les premières années)

### **3.8 Les énergies renouvelables :**

Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables, réutilisables. Elles sont issues des éléments naturels : le soleil, le vent, les chutes d'eau, les marées, la chaleur de la Terre, la croissance des végétaux. L'exploitation des énergies renouvelables n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Ce sont les énergies de l'avenir (edfenr.com)

#### **3.8.1 Sources d'énergies renouvelables:**

Les énergies renouvelables constituent une solution respectueuse de l'environnement. Elles permettent d'acquérir une certaine autonomie énergétique et de réaliser des économies à moyen et long terme. En fonction de la situation géographique, plusieurs types d'énergies renouvelables sont utilisables ( BEGUIN Daniel, 2006) :

- La force hydraulique (énergie hydraulique) ;

- Le vent (énergie éolienne) ;

- le soleil : => Pour chauffer de l'eau à destination sanitaire ou pour le chauffage

(Énergie solaire thermique)

=> Pour produire de l'électricité (photovoltaïque)

- la chaleur du sous-sol (énergie géothermique)

-la biomasse : => Les déchets des industries de transformation du bois, ainsi que certaines cultures énergétiques (bois-énergie) ;

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

=> Les effluents d'élevage et de l'industrie agro-alimentaire (bio méthanisation)

=> Les cultures énergétiques et les déchets des industries de transformation du bois (biocarburants).

L'hydroélectricité et la biomasse sont actuellement les plus exploitées, et l'utilisation de l'énergie éolienne progresse rapidement. En 2004, ces énergies renouvelables, biocarburants compris, ont couvert environ 13 % de la demande mondiale d'énergie primaire. ( energie.wallonie.be)

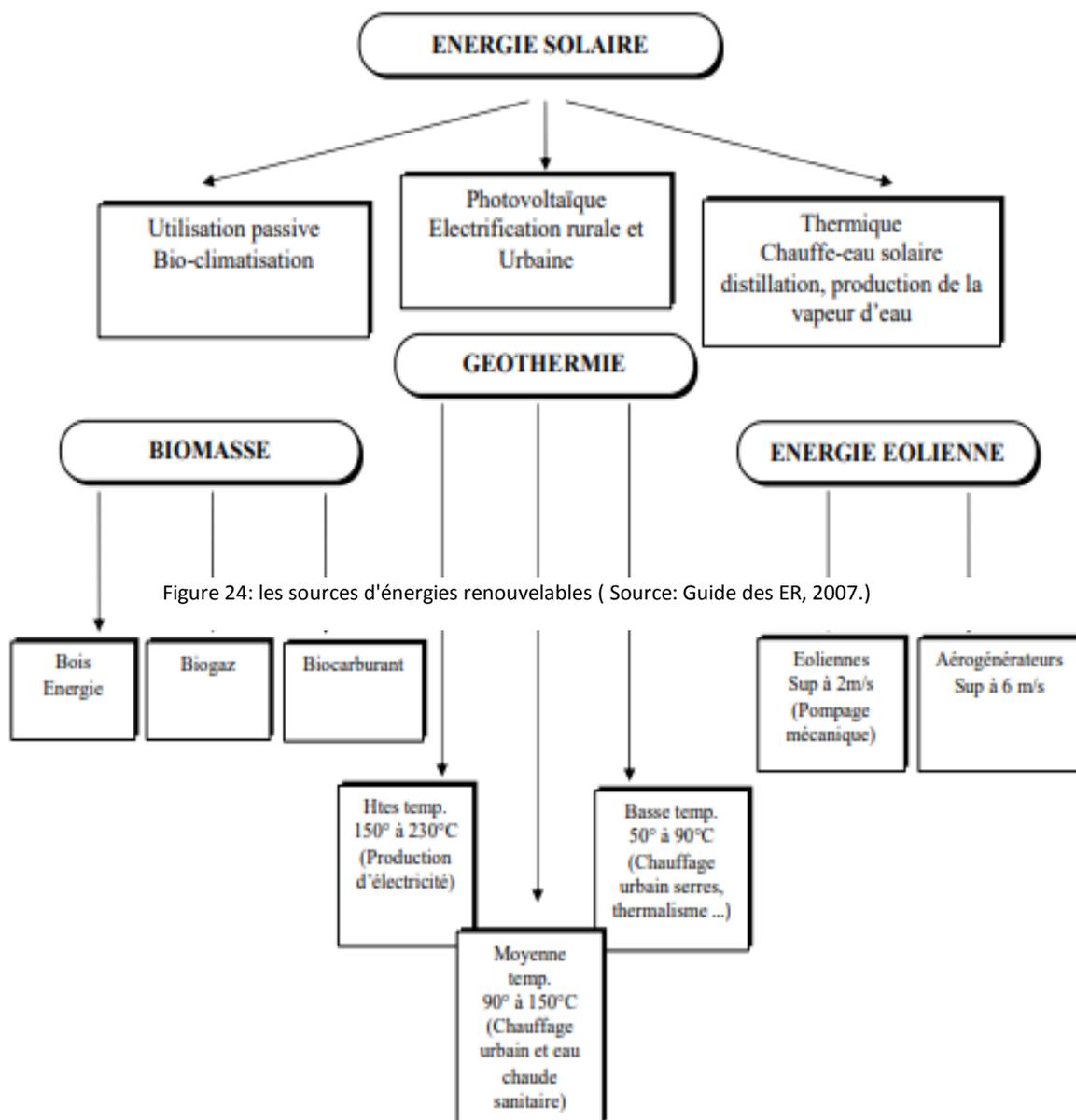


Figure 40: les sources d'énergies renouvelables ( Source: Guide des ER, 2007.)

**Situation :**

Le siège est situé à la porte sud du centre-ville à côté du jardin de la ville et a proximité du théâtre de la ville

La wilaya d'el Djelfa est située aux

**- IMPLANTATION ET ACCESSIBILITE**

Le site est situé à proximité du jardin botanique de la wilaya et au zoo, non loin du théâtre de la wilaya, Il est au long du Boulevard des Moudjahidin

Le siège est implanté au centre du terrain on dégagant un espace pour une grande esplanade et ayant un jardin en arrière

Il a deux accès mécaniques (public et privé)

Et 5 accès piétons : public, personnel, services générale, wali et accès des officiels

**Le volume :**



Figure 25: situation du siège de la wilaya Djelfa (source: google image taité par auteur)

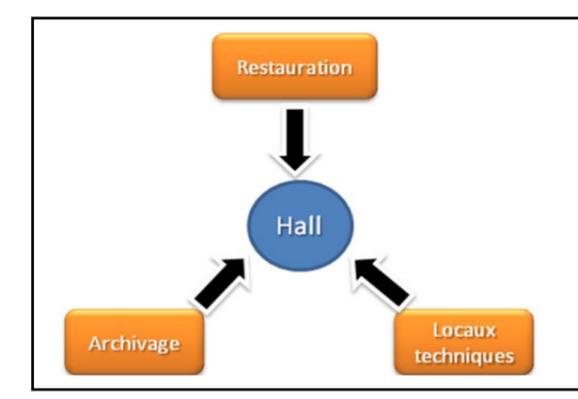


Sous sol
Hall
2 Restaurants
Cuisine ( réserve , chambre froide )
Foyer
Bibliothèque
Magasins
Imprimerie
Archives
Atelier
Locaux techniques et chaufferie
Dépôts
Locaux d'entretien
Parking protocolaire

RDC
Hall d'entrée
3 salons d'honneur
Salles de réunion
Cafétéria
Services public
Service D,R,A,G
Service D,G,C
Service D,C
Salle de conférence

2 -ème étage
Service D,A
Secrétariat générale
Terrasse
1 et étage
Service D,R,A,G
Inspection générale
Terrasse
Vide sur patio

**Plan du sous sol :**



**Plan du 1<sup>er</sup> étage :**



**Plan du**



**Plan du 2<sup>er</sup>**



### RDC

Le RDC est destiné au public ainsi que aux employé

Plus il est organisé autour d'un patio central qui s'étale depuis le sous-sol,

Ainsi que des patios dans les parties des directions pour rafraichir l'espace

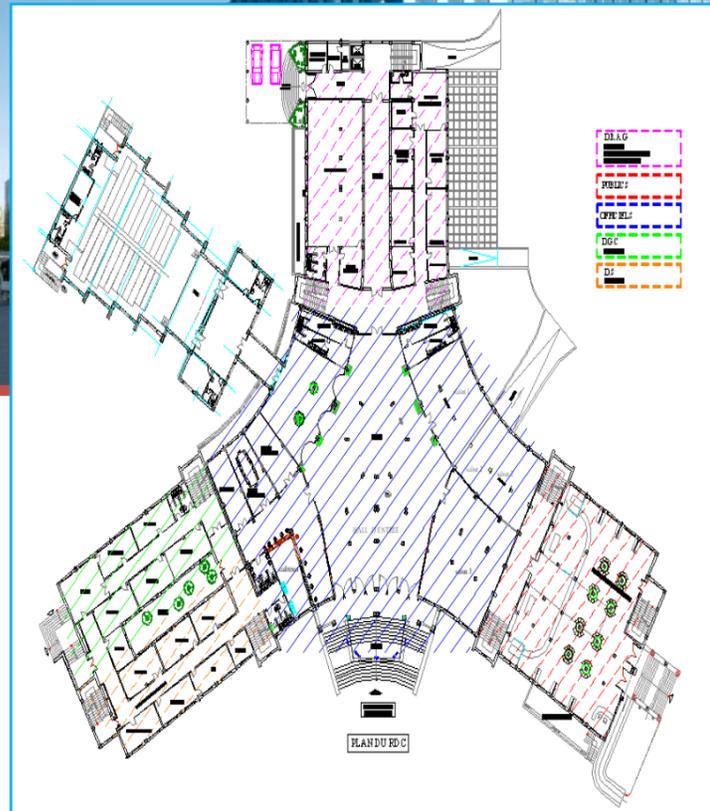
La partie centrale du RDC est réservée aux invités d'honneur ( 3 salons , une cafétéria )

Il dispose de la partie des services publics ainsi que la DRAG, la DS, la DGC

Une salle de conférence est mise a part et reliait au siège par un couloir

### 1 er étage :

La continuité du patio centrale comme élément articulatoire



Plan RDC

Figure 45: plan de RDC (source: mémoire fin d'étude)

### 3 -ème étage :

Cet étage est consacré pour le wali, APW, et le service des transmissions

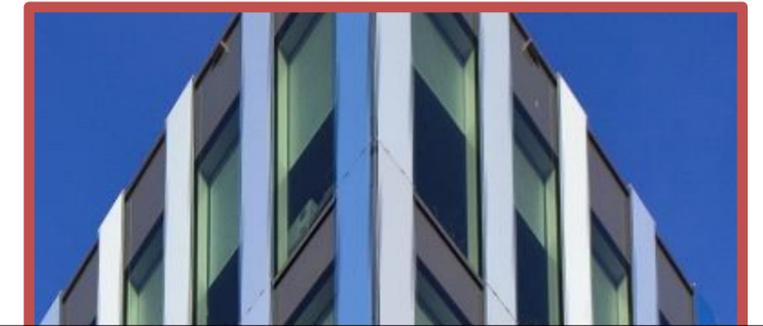


Figure 29:siège de wilaya de Djelfa (source : google image)

### Synthèse :

1. Le projet s'organise autour selon une hiérarchie au RDC et ceux privés se trouvent en haut
2. Les espaces s'organisent selon un patio central
3. Des accès spéciaux pour chaque partie des emp
4. Le service du wali a tout un niveau privé pour

## CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Figure 31:: ambiances de façade (source: architectes.ch)

Architectes : Behnish  
Architekten, Stuttgart  
(Allemagne)

Maître de l'ouvrage :  
Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle

Début des travaux : Avril 2008

Mise en service : Mars 2011

Surface du terrain: 5 623 m<sup>2</sup>

Surface brute des planchers : 47  
140m<sup>2</sup>

CES: 3 751 m<sup>2</sup>

Gabarit : R+5

Niveaux souterrains : 4

Parking :280 places

Le bâtiment est d'un gabarit de 5 étages

Ainsi que 4 étages en sous- sol

Il est lié avec la tour Arpad Bogsch par un tunnel souterrain

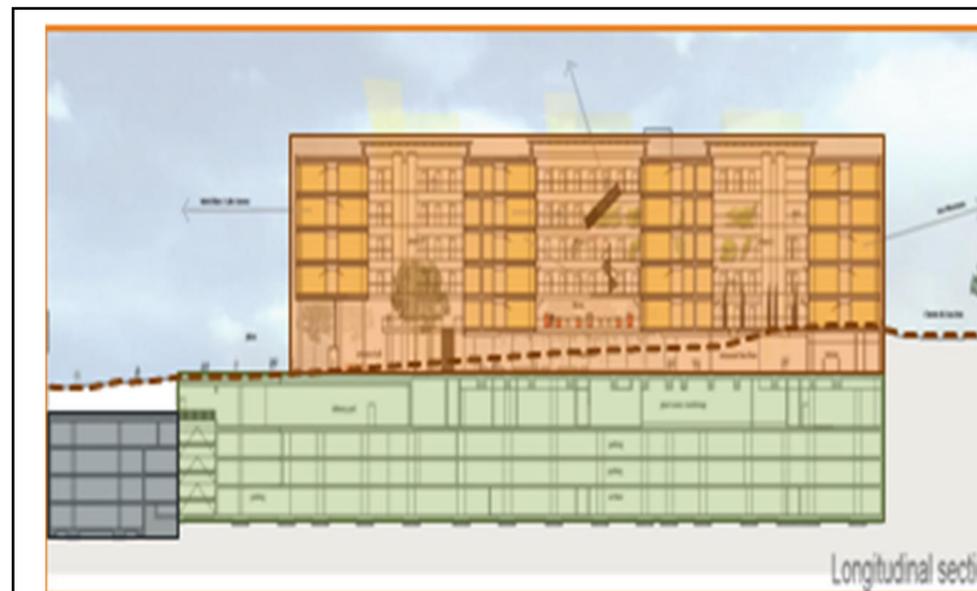
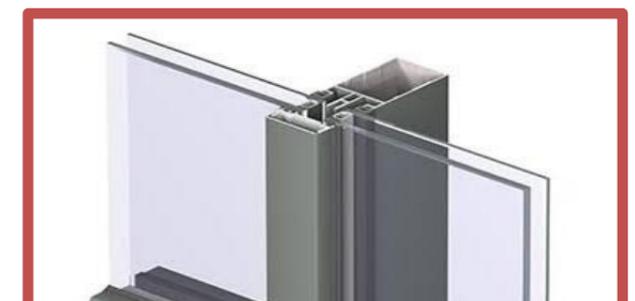


Figure 33:section sur le bâtiment (source : architectes.ch)



**Analyse du programme**

Les 4 niveaux de sous-sols sont dédiés aux locaux techniques principaux, dépôts, locaux d'entretien et parking, ainsi qu'au 1er sous-sol à une aire de livraison.

Le hall d'accueil avec réception ainsi que certains espaces publics tels que des espaces d'exposition, restaurant et cafétéria, salle de réunion et bureaux d'interprète sont situés au rez-de-chaussée

Une galerie "suspendue" à laquelle on accède par un escalier représentatif et généreux du hall fonctionne comme une zone d'accès horizontale aux étages des bureaux.

Une bibliothèque et un espace de lecture sont situés dans le 1er étage ouvert au public

Les bureaux des niveaux supérieurs sont planifiés orthogonalement, suivant leur fonction. Ils sont regroupés autour de trois atriums couverts de toits en verre. Environ 500 bureaux sont répartis sur 5 niveaux. Ces bureaux offrent de l'espace dans une variété de configurations.

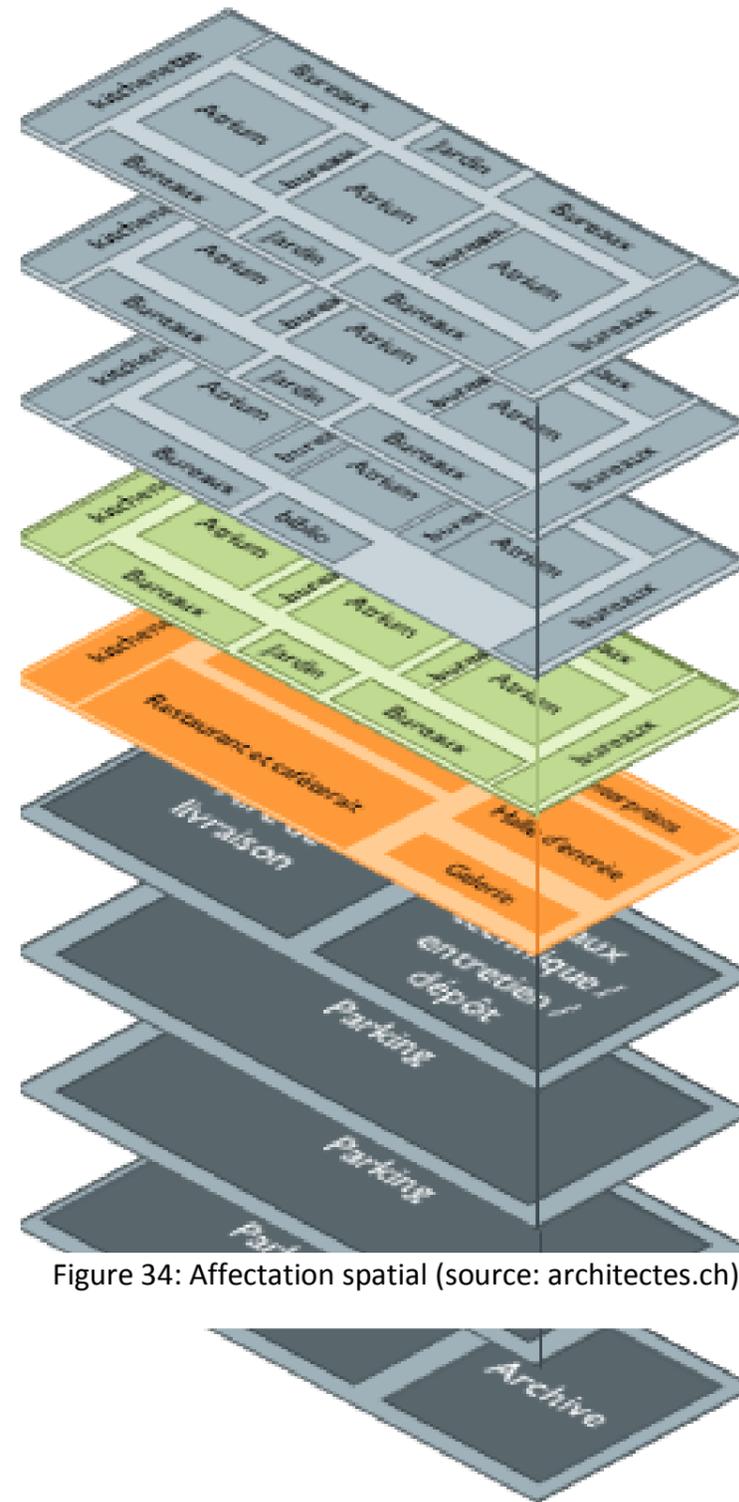


Figure 34: Affectation spatiale (source: architectes.ch)

Sous sol	RDC
Aire de livraison	Hall d'entrée
Locaux techniques	Salle d'exposition
Dépôts	Cafétéria restaurant (300 p) kitchenette
Locaux d'entretien	Des salles de réunion
Parking	

Espace	surface	ètres
Hall d'accueil	368	
Zone d'exposition	434,61	
Galerie	181,7	
Restaurant	589,84	
Cafétéria		329,85
Salle de réunion		216,86
Kitchenette		167,07
Bureaux d'interprètes		74,91

**Synthès**

D'après l'analyse on a fait ressortir plusieurs re

- ✓ L'originalité du bâtiment réside dans son
- ✓ L'intérieur impressionne par sa qualité et son
- soignée.
- ✓ L'immeuble répond aux exigences du d
- ✓ La variété dans les espaces intérieurs tel
- oreillettes enrichissent l'ambiance du tra
- ✓ Avec la réunion informelle des zones ré



### III. Projet :

#### 1. Introduction :

"le travail de l'architecte réside dans la création de lieux signifiants qui aide l'homme à habiter" (Christian Norberg-Schulz) donc analyse de site d'intervention est une étape indispensable avant tout travail d'architecture, tout en prenant en premier temps par une présentation de la ville en terme de situation géographique, ressources culturelles et naturelles, d'aménagement urbain pour une compréhension du fonctionnement du territoire, Puis, une lecture des données climatique et bioclimatiques afin de tirer les solutions et stratégies architecturales au but de concevoir un projet bien intégré dans son site.

#### -Présentation du site d'intervention :

#### -Localisation de la ville nouvelle de sidi Abdallah :

#### -À l'échelle de territoire :

La ville nouvelle de Sidi Abdallah situé au Nord de l'Algérie dans la wilaya d'Alger. Elle Située à environ 25 Kilomètre à la capitale d'Alger et 30kms de l'aéroport international.



Figure 36: Carte de situation de la VNSA à l'échelle de territoire Source : Google Earth (traité par les auteurs)

#### LEGENDS:

-  Limite urbanisable de la ville nouvelle Sidi Abdallah
-  Alger (capitale)
-  Limite de protection de la ville nouvelle Sidi Abdallah

#### -À l'échelle de la wilaya :

La ville nouvelle de Sidi Abdallah situé à l'Ouest d'Alger. Elle est limitée au Nord et Est par la wilaya d'Alger, au Sud par la wilaya de Blida et à l'Ouest par la wilaya de Tipaza.



Figure 37: Carte de situation de la VNSA à l'échelle de la wilaya Source : Google Earth (traité par les auteurs)

#### LEGENDS:

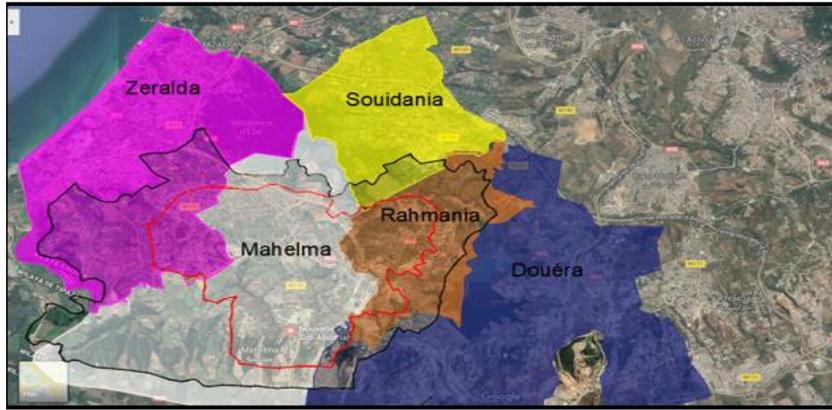
-  Limite de protection de la ville nouvelle Sidi Abdallah
-  Limite urbanisable de la ville nouvelle Sidi Abdallah

## CHAPITRE 3 : PROJET

### -À l'échelle communale :

-La Ville nouvelle de Sidi Abdellah est couverte cinq (05) communes: MAHELMA, RAHMANIA, ZERALDA, DOUERA, SOUIDANIA

-Elle est limitée au Nord par la commune de SOUIDANIA, à l'Est par RAHMANIA, à l'Ouest par ZERALDA et au Sud par DOUERA et MAHELMA.



#### LEGENDS:



Limite de protection de la ville nouvelle Sidi Abdellah



Limite urbanisable de la ville nouvelle Sidi Abdellah

Figure 38: -Carte de situation de la VNSA à l'échelle communale Source : Google Earth (traité par les auteurs)

### Fiche technique

- Pays :** Algérie, **Wilaya :** Alger
- Maitre d'ouvrage :** le ministère de l'habitat et de l'urbanisme et de la ville.
- Maitre d'œuvre :** VNSA (l'établissement qui prend en charge la ville nouvelle)
- Date de création de la ville nouvelle :** 05/09/2004 portant création de la Ville (décret exécutif 04-275)
- Date d'achèvement de la ville nouvelle :** 2030 (s'inscrit dans le SNAT 2030)
- Le montant global (initial) :** 96 984 000 000 DA
- Surface de la ville nouvelle :** 7000 ha (3000 ha à urbaniser ;4000 ha de protection)
- Population future de la ville nouvelle :** 200 000 habitants



La ville nouvelle de sidi Abdallah

## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Accessibilité à la ville de SIDI ABDALLAH :

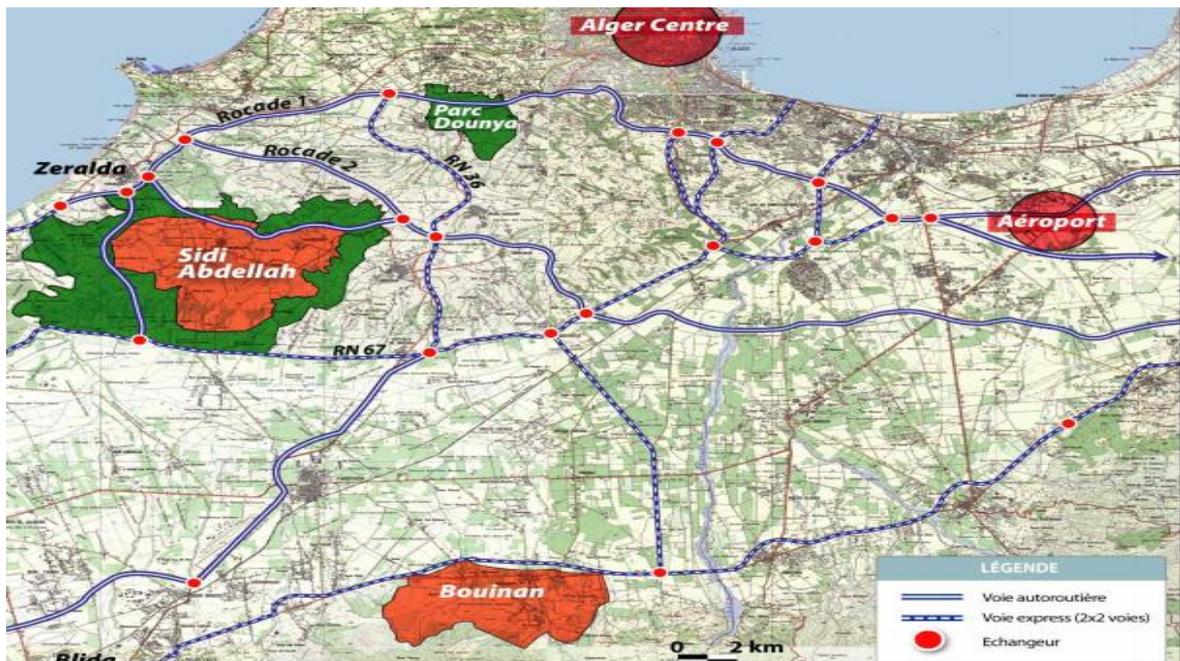


Figure 39: Carte du l'accessibilité du territoire de VNSA (Source : VNSA)

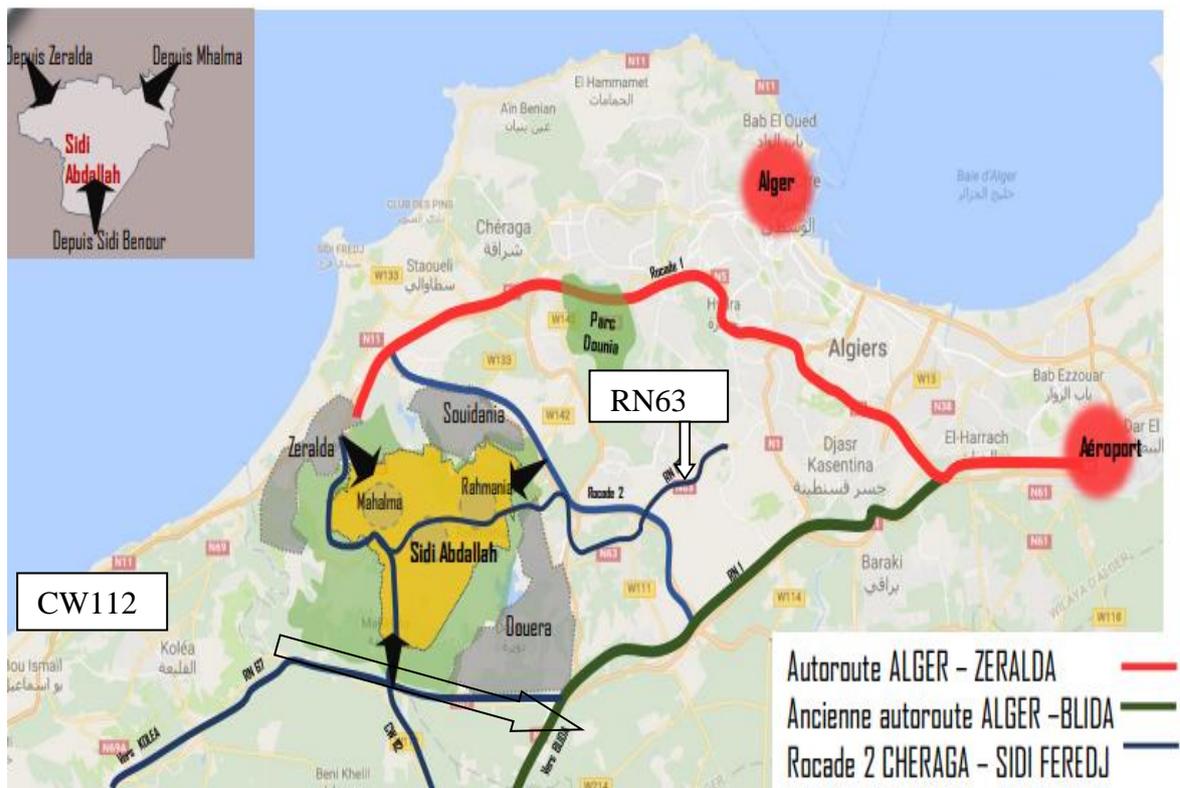


Figure 40: Carte du l'accessibilité du territoire de VNSA Source : Google image (traité par les auteurs)

## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Voies autoroutières :

-La Rocade 1 est actuellement le principal axe d'agglomération est-ouest. Conjuguée au manque d'itinéraires alternatifs, sa saturation justifie le chantier en cours de la Rocade 2 qui sera directement raccordée à la ville nouvelle par le Périphérique Nord

### -Voie locales :

-Orientée est- ouest (Zeralda- Douera), la RN63 est le principal axe structurant existant. Il est prévu de l'intégrer au plan d'aménagement et de la doter d'un système de transport public performant. Le CW112 est l'autre axe principal et relie la Mitidja au littoral. Il convient de l'élargir et d'optimiser son tracé afin d'améliorer la qualité des liaisons urbaines nord- sud

### -Projets liés à Sidi Abdellah :

Passage de la RN36 (chantier en cours à l'est) et de la RN67 (sud) au gabarit autoroutier (2x2 voies).

### -Desserte ferroviaire :

Un axe de 22 km reliant Zéralda à Birtouta (double voie électrifiée) est planifié pour la desserte ferroviaire de Sidi Abdellah (2 à 3 gares intermodales)

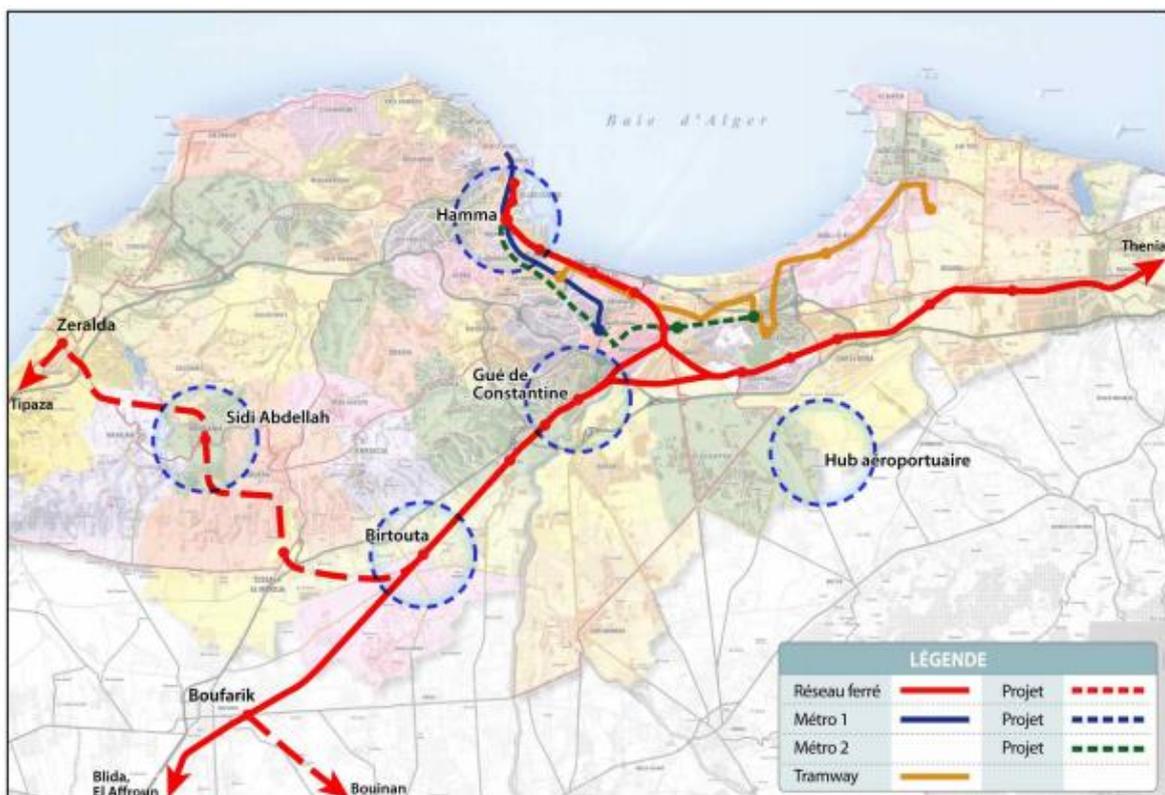


Figure 41: carte de réseau ferroviaire (source VNSA)

## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Hiérarchisation Des Voiries de Sidi Abdallah :

La ville nouvelle de Sidi Abdallah sera dotée d'infrastructures routières importantes. La ville est quadrillée par des voies rapides, une route magistrale d'Est en Ouest, trois voies transversales desservant les différents pôles et deux périphériques (au nord, à l'ouest). La voie magistrale est d'origine une ligne de crête, viennent en parallèle les voies primaires. Pour les voies secondaires, elles sont perpendiculaires aux voies primaires et les voies tertiaires sont dans tous sens.

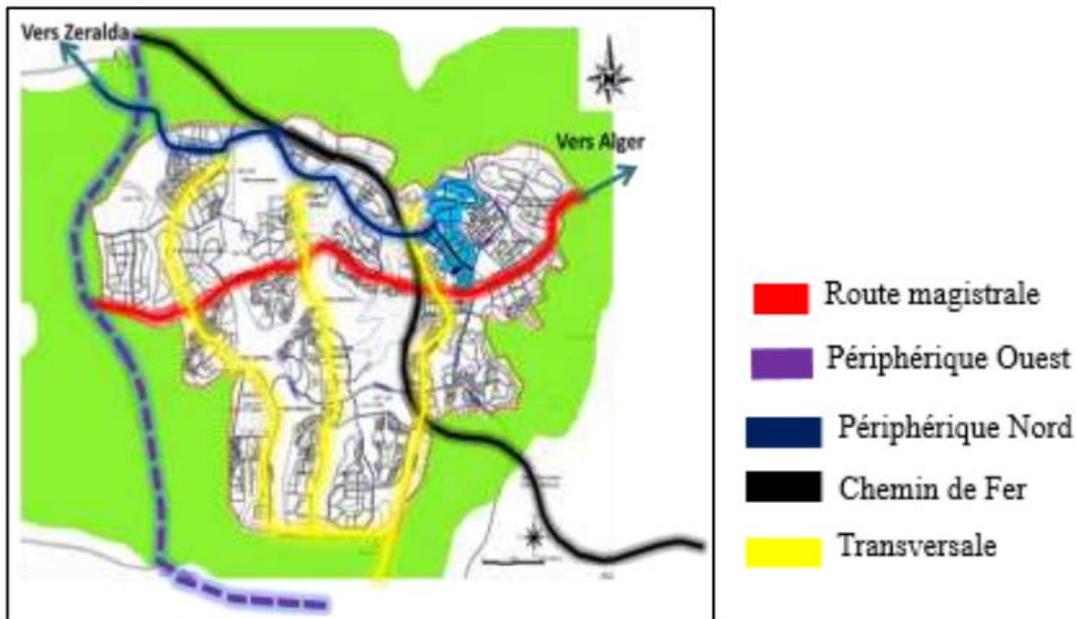


Figure 42: -Carte d'accessibilité du VNSA Source : Google Earth (traité par les auteurs)

### -Topographie :

Les niveaux varient entre 38 et 210 m. 81,19% des terrains sont situés entre 100 et 200 m. Le centre du territoire présente des reliefs importants.

Le sud et le nord du site sont traversés par de larges oueds induisant des connexions inter-quartiers difficiles.

### CHAPITRE 3 : PROJET

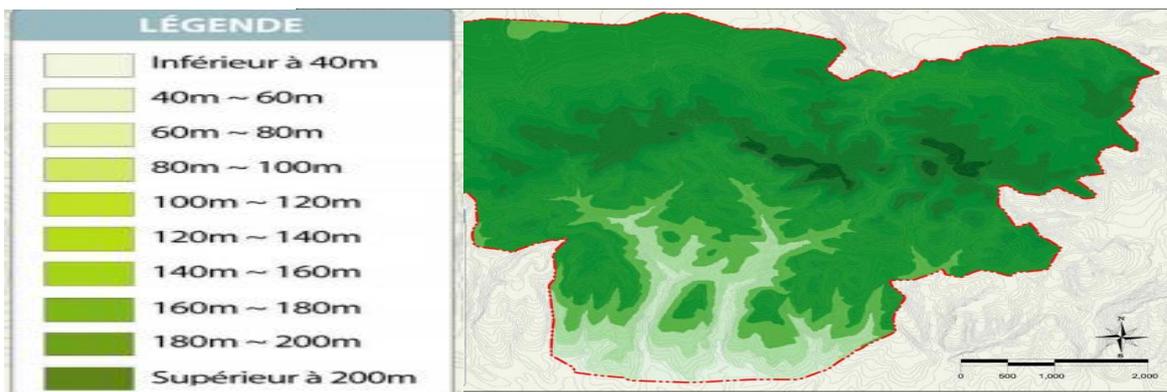


Figure 43: Carte des reliefs (source: VNSA)

**-Déclivités :** Les collines du centre et les fortes pentes des versants des vallées situées au sud constituent les principales contraintes d'aménagement

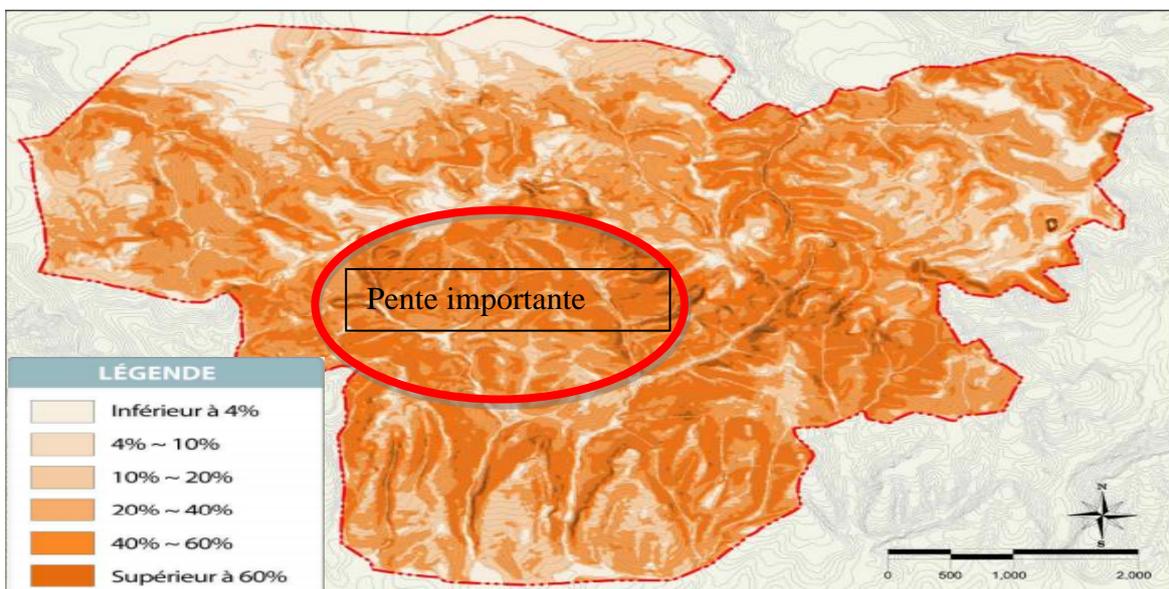


Figure 44: Répartition des pentes (source: VNSA)

**-Bois et espaces verts :**

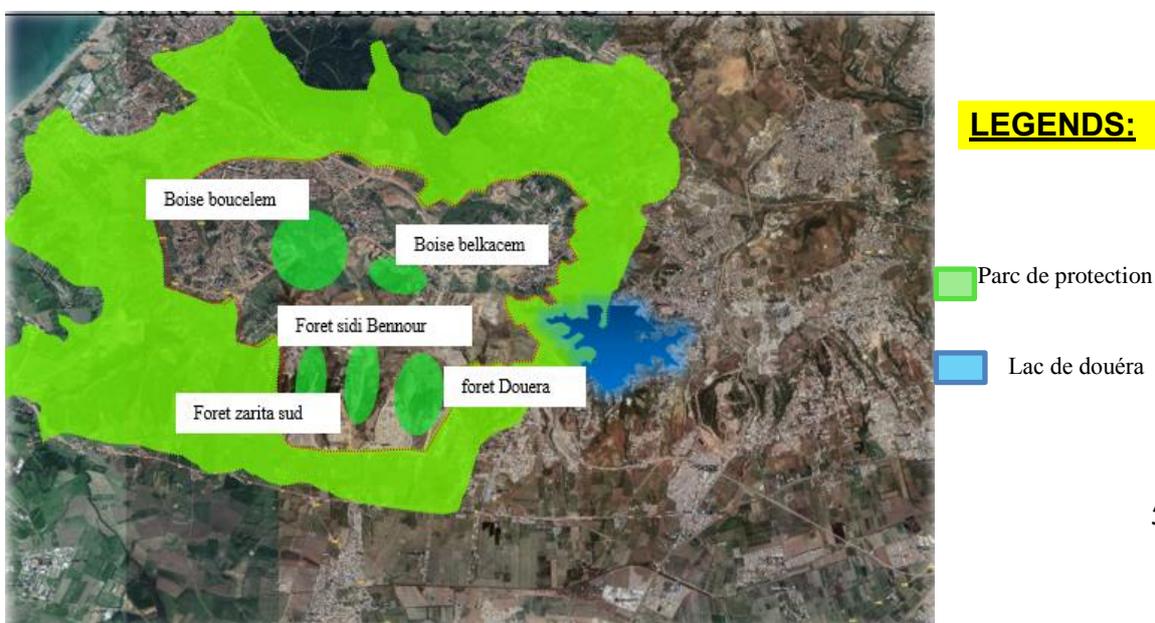


Figure 45: carte de la zone boisée et les espaces verts (source : VNSA)

## CHAPITRE 3 : PROJET

-Les espaces boisés sont présents dans les vallées. Les seuls véritables massifs forestiers sont localisés au sud (forêts de Zaatria Sud, de Sidi Bennour et de Douera).

-Les espaces verts urbains sont localisés dans les villages (pares et places). Par ailleurs, les alignements boisés (superficie cumulée de 12 hectares) sont essentiellement composés d'eucalyptus à Mahelma et de cyprès à Rahmania

Les vents dominants dans cette région sont les régimes du nord et nord-ouest en décembre, janvier, février et juillet, ils peuvent atteindre une vitesse maximum de 120km/h

La ville de Sidi Abdallah est touchée par les vents dominants du Nord-ouest en hiver et du Nord-est en été; les vents du Sud(Sirocco) se font doux.

- Vu que la ville est naturellement protégée par le parc de quatre cotées.

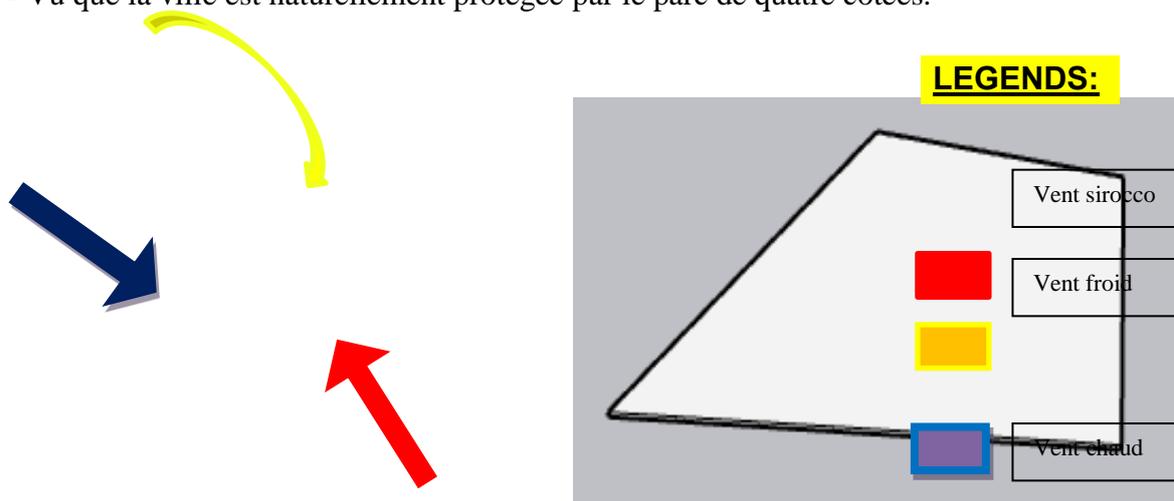
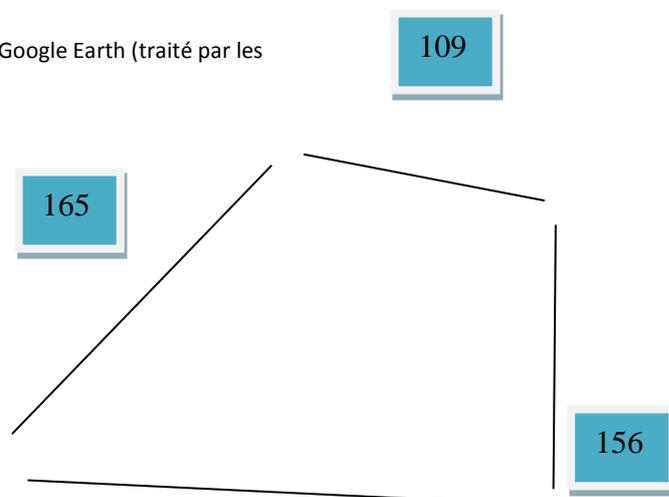


Figure 46: -Carte des vents dominants dans VNSA Source : Google Earth (traité par les auteurs)

### -Analyse de parcelle d'intervention :

Notre parcelle a une forme irrégulière

-surface : 24 hectare



**-Topographie de site :**

Figure 47: la forme de parcelle (source: master plan traité par auteur)



Figure 48: la forme de parcelle (source: master plan traité par auteur)

Figure 49: coupe BB (source: Google Earth traité par auteur)



Figure 50: photo de terrain (source: auteur)



Figure 51: photo de terrain (source: auteur)

Figure 52: photo de terrain (source: auteur)

Notre parcelle est en pente légère presque plat

**-Ensoleillement :**

Le terrain est très bien ensoleillé en voyant le parcours du soleil et la hauteur des gabarits.



Figure 53: la course de soleil dans la ville de sidi Abdellah (source : Google Earth traité par auteur)

Site  
d'intervention

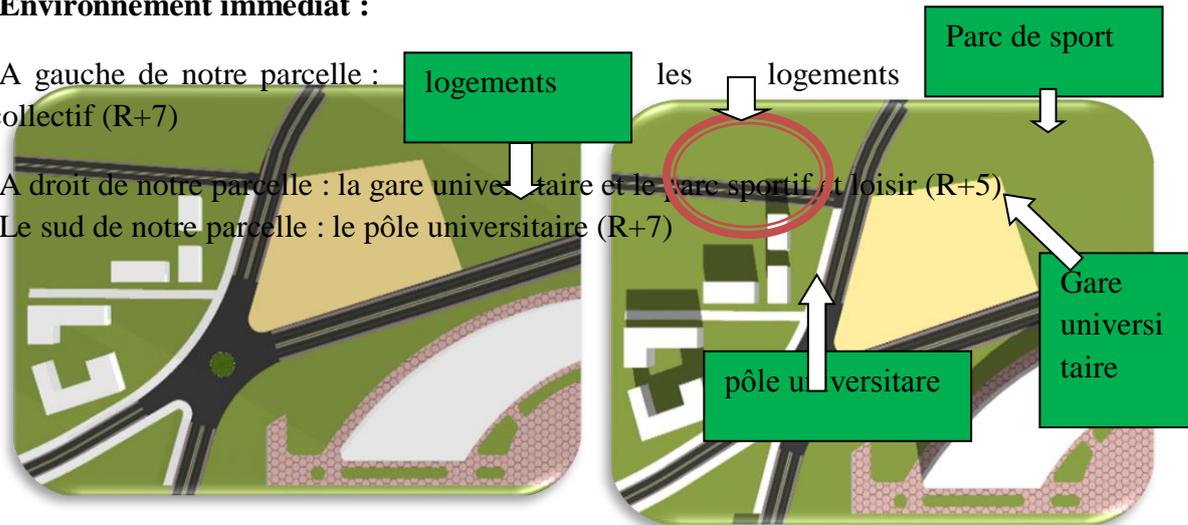
## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Environnement immédiat :

-A gauche de notre parcelle : logements collectif (R+7)

-A droit de notre parcelle : la gare universitaire et le parc sportif / t loisir (R+5)

-Le sud de notre parcelle : le pôle universitaire (R+7)



### -L'ombre portée par l'existant :

Figure 54: carte d'environnement immédiat (source: master plan traité par auteur)



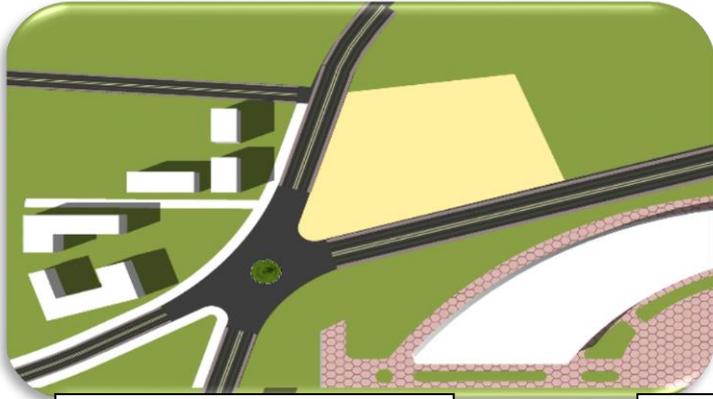
DEC à 08 :00

DEC à 12 :00



DEC a 16 :00

### CHAPITRE 3 : PROJET

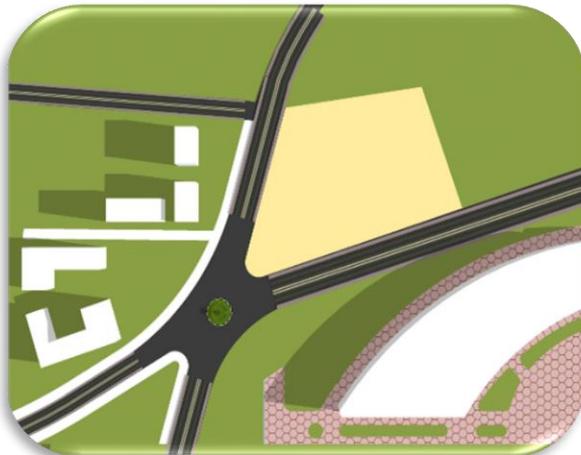


avril a 08 :00

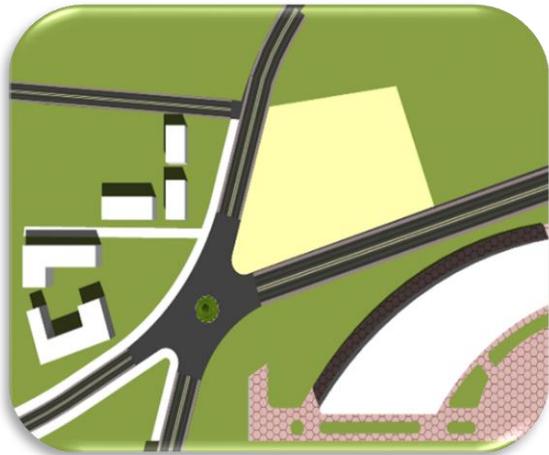
avril a 12 :00



avril a 16 :00



Juillet a 08 :00



Juillet a 12 :00

## CHAPITRE 3 : PROJET

Juillet a 16 :00

Notre terrain est bien ensoleillé

**-Analyse bioclimatique :**

**-Les données climatiques :**

**-Le vent :**

Du 10 mai au 2 octobre il vient de l'est

Du 2 octobre au 10 mai il vient de l'ouest

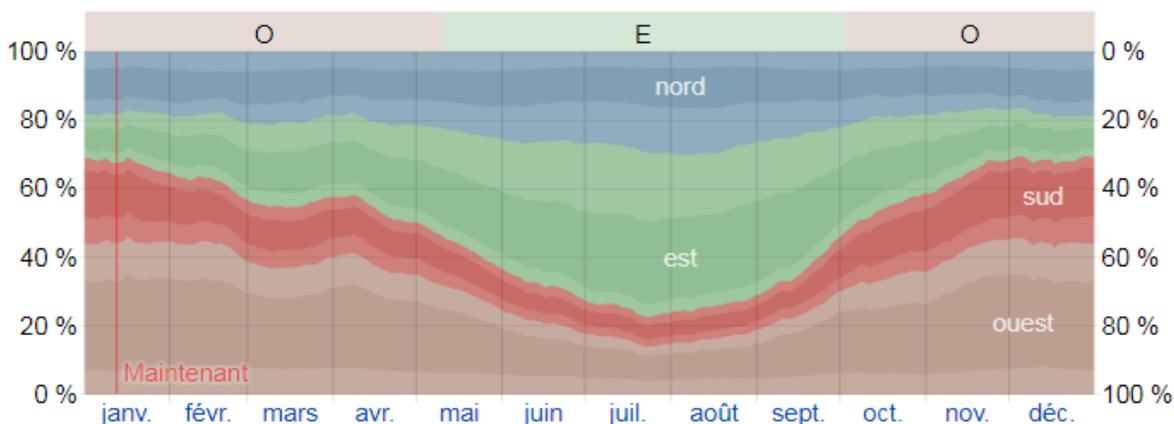
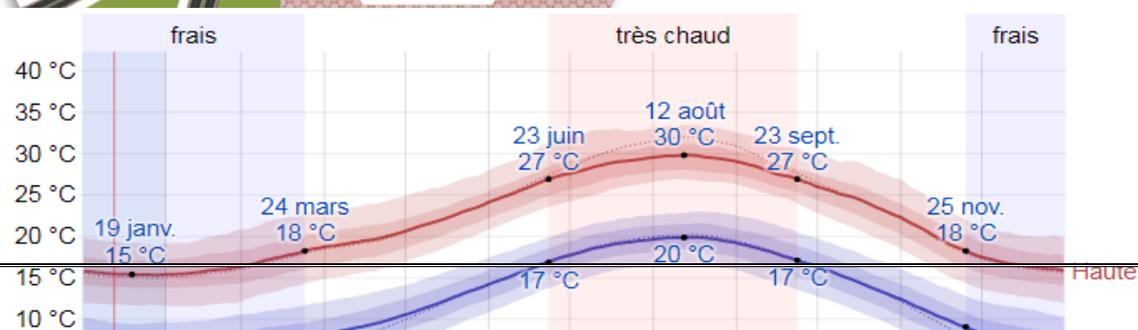


Figure 55: Le pourcentage d'heures durant lesquelles la direction du vent moyen provient de chacun des quatre points cardinaux à Alger (source : [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com))

**-Température :**

La moyenne de la température durant la saison chaude du 23 juin au 23 septembre est supérieure à 27 °C et une température maximale de 30 °C et minimale de 20°C. La moyenne de la température durant la saison fraîche du 25 novembre au 24 mars est inférieure à 18 °C et une température maximale de 15 °C et minimale de 6°C.



## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Précipitation :

Figure 56: Température moyenne maximale et minimale à Alger (source : www.weatherspark.com)

Le 22 septembre au 15 mai c'est la saison qui connaît le plus précipitation, et une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 16 %

Le 15 mai au 22 septembre c'est la saison sèche, la précipitation peut arriver jusqu'à 2% le 17 juillet

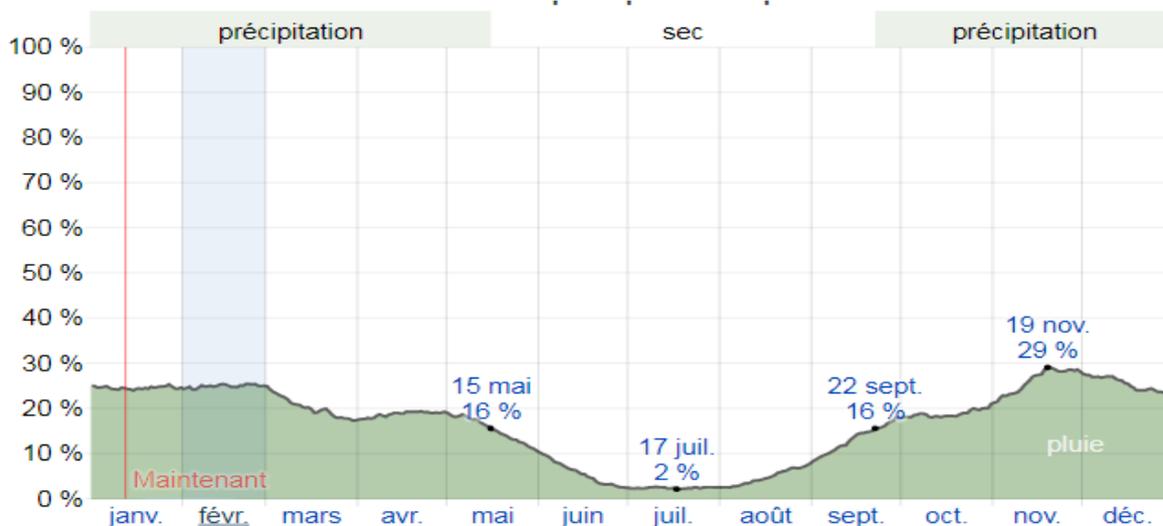
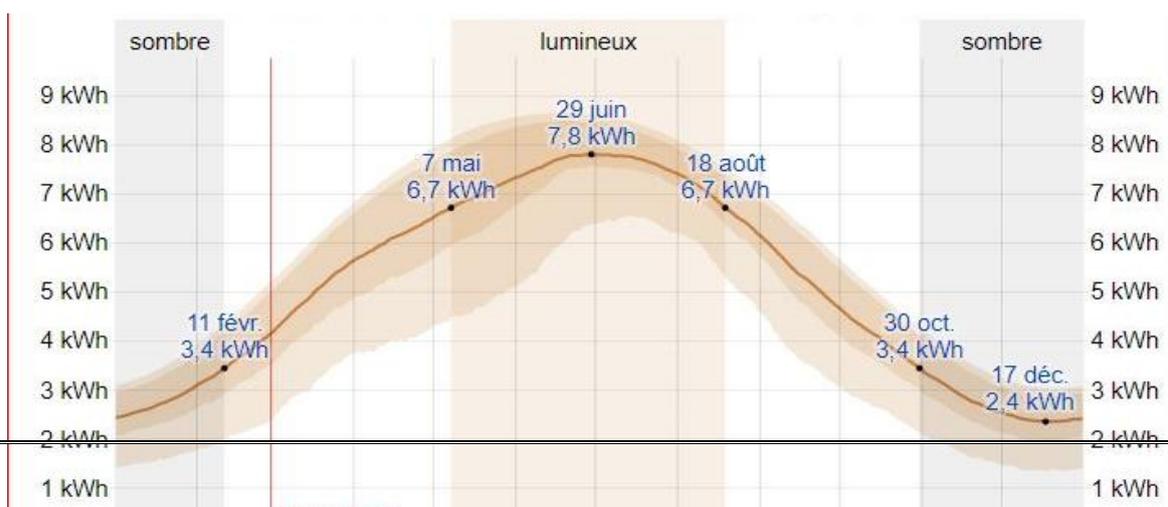


Figure 57: Probabilité de précipitation quotidienne à Alger (source : www.weatherspark.com)

### -Ensoleillement :

Au cours de l'année l'Algérie vécu une variation au longueur de jour, le 21 décembre c'est le jour le plus court de l'année, le 21 juin c'est le jour le plus long de l'année



## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Humidité :

Alger connaît des variations saisonnières *extrêmes* en ce qui concerne l'humidité perçue.

La période la plus lourde de l'année dure 4,1 mois, du 8 juin au 11 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 18 % du temps. Le jour le plus lourd de l'année est le 10 août, avec un climat lourd 73 % du temps.

Le jour le moins lourd de l'année est le 25 janvier, avec un climat lourd quasiment inexistant

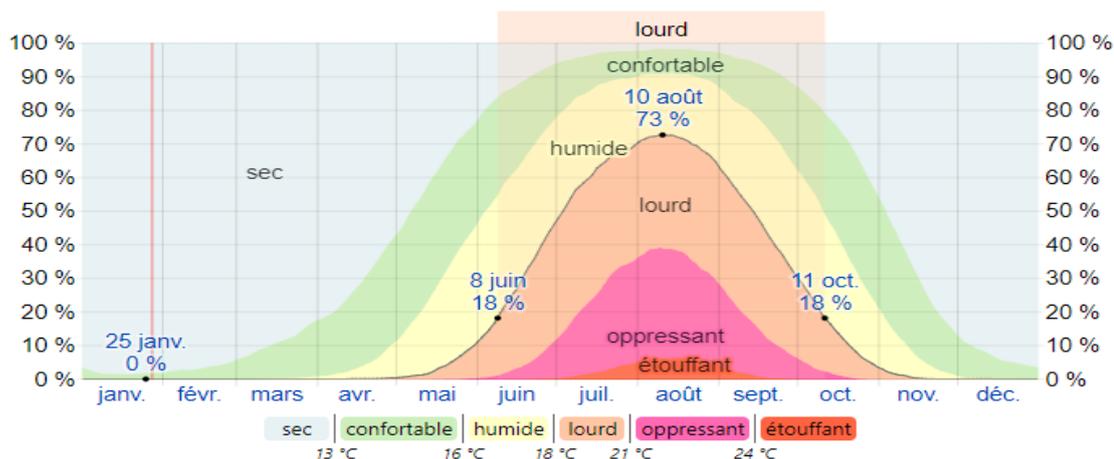


Figure 59: Le pourcentage de temps passé dans divers niveaux de confort selon l'humidité, catégorisés par le point de rosée. (source : [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com))

		Jan	fév	Mar	Avr	Ma	juin	juill	août	sep	oct	nov	dec
La température Extérieure moyenne	T méd	10	10	13	15	19	22	26	26	23	20	14	12
D'après ASHRAE standard 55 (2004) 90% d'acceptabilité	Tc Min	18.4	18.4	19.33	19.9	21	22.1	23.36	22.3	22.4	22.5	19.64	19.02
	Tc Moy	20.9	20.9	21.83	22.45	23.5	24.62	25.86	25.8	24.93	24	22.14	21.52
	Tc Max	23.4	23.4	24.33	24.9	26	27.1	28.36	27.3	27.4	26.5	24.64	24.02

Figure 60: Les limites de la température de confort adaptatif de la région d'Alger (source : [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com))

## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Les recommandations conceptuelles :

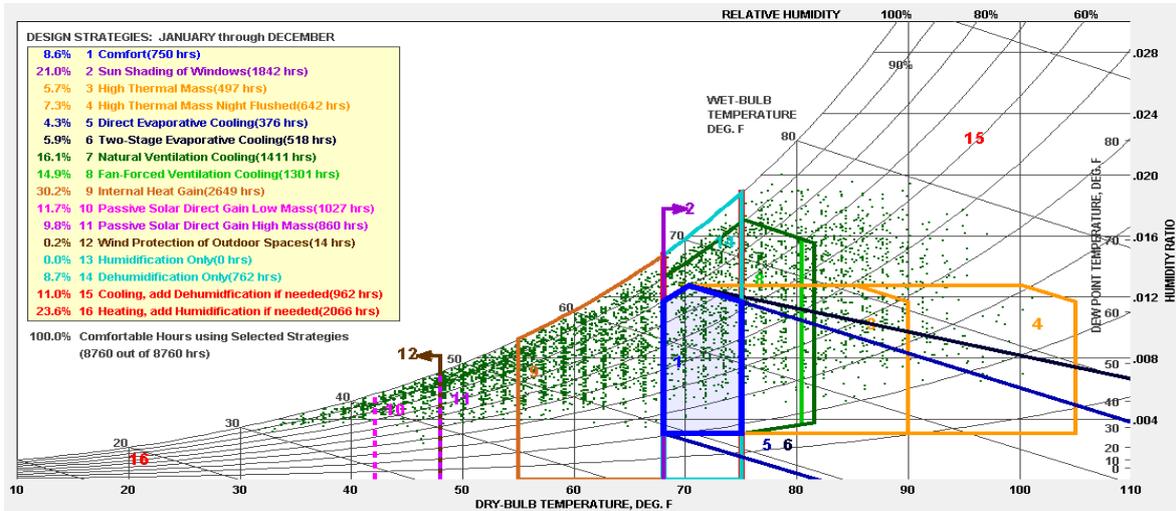


Figure 61: diagramme de GIVONI( source: climat consultant)

Les zones de chaque mois d'après diagramme de GIVONI :

Les zones	Plus froid	confortable	Plus chaud
Les mois	Janvier-février Février-mars Mars-avril Octobre-novembre Novembre-décembre	Avril-mai Mai-juin Septembre-octobre	Juin-juillet Juillet-aout  Aout-septembre

Les recommandations d'après diagramme de GIVONI :

Les recommandations	Gain de chaleur interne (2649 hors) 32.2% -Refroidissement par ventilation naturelle (1411 hors) 16.1% -Refroidissement par ventilation forcée par ventilateur (1301 hors) 14.9% -gain direct solaire passif faible masse (1027 hors) 11.7% -Chauffage, ajouter l'humidification si nécessaire (2066 hors) 23.6% -Refroidissement, ajouter la déshumidification si nécessaire(962hors) 11%
---------------------	---

## CHAPITRE 3 : PROJET

Les recommandations d'après MAHONY :

Les recommandations :	<ul style="list-style-type: none"><li>-Plan : Bâtiment orienté EW afin de réduire l'exposition au soleil</li><li>-Espacement : espacement pour une ventilation naturelle (brise) plus assurer la protection : vent c/f</li><li>-Mouvement d'air : Pièces alignées du même côté : mouvement de l'air permanent</li><li>-Ouvertures : Ouvertures moyennes 20 40 %</li><li>-Murs : murs extérieur et intérieurs lourds</li><li>-Toitures : Toits moyennement isolés</li><li>-Protection contre la pluie : Nécessite de protection des grosses pluies</li><li>-Dimension des ouvertures : Ouvertures moyennes 20 40% de la surface totale de la façade</li><li>-Position des ouvertures : Ouvertures au N et au S à hauteur d'homme, du côté du vent</li><li>-Protection des ouvertures : Créer des protections contre la pluie</li><li>-Murs et planchers lourds : déphasage au-delà de 8heurs</li><li>-Toitures : léger et bien isolé</li><li>-Traitement des surfaces extérieures : drainage adéquat des eaux pluviales</li></ul>
-----------------------	--

### **-Approche programmatique:**

#### **-Introduction :**

Selon Bernard Tschumi : « le programme est un moment en amont du projet, c'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister, c'est un point de départ, mais aussi une phase de préparation ».

#### **-Objectifs de la programmation :**

- Définir les fonctions et les activités de l'équipement et leur hiérarchisation.
- Étudier les différentes relations fonctionnelles entre les espaces.
- Définir un schéma général d'organisation spatiale du projet.
- Traduire le besoin en programme spatiale et surfacique.
- Établir les normes régissant l'équipement construit

#### **-Programme qualitatif :**

#### **-Définitions de différentes fonctions et espaces :**

## CHAPITRE 3 : PROJET

### -Siège:

Endroit où réside une autorité, ou se réunit le parlement, ou sont installés les organes dirigeants d'une entreprise

### -Wilaya:

Est une division administrative Variant en superficie et prérogatives, la *wilaya* étant la subdivision dirigée par un wali

### -Siege de la wilaya :

C'est un établissement qui abrite les locaux administratifs d'une wilaya et offres des services aux citoyens

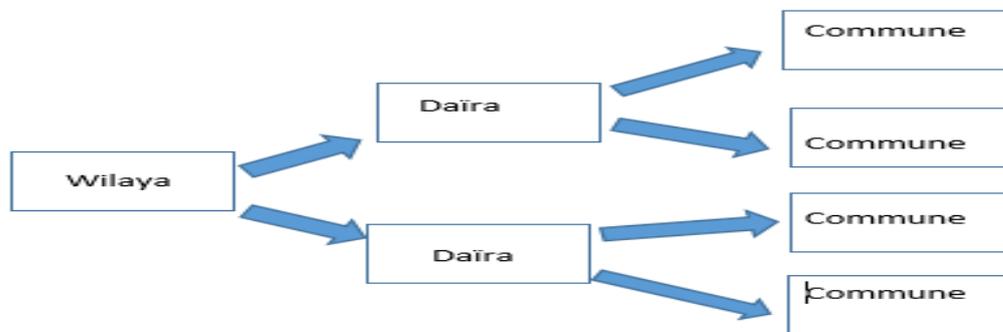


Figure 62: schéma explicatif de la division territoriale en Algérie (source: auteur)

### Fonction administrative :

-La fonction administrative est une fonction qui sert aux opérations de gestion pour tout le siège, afin assurer son bon fonctionnement

### -Les bureaux administratifs

L'emplacement idéal des bureaux devra être adjacent à la réception et les espaces de circulation du public. Le type et le nombre de bureaux administratifs dépendent surtout de la taille de l'équipement, du nombre du personnel administratif, ainsi que le mode de gestion et d'organisation de l'équipement



Figure 63: bureau administrative (source: francebureau.com)

### -Hall d'accueil

### CHAPITRE 3 : PROJET

Le hall d'accueil est le premier lieu de vie dans un équipement administratif. Il ne doit pas être seulement considéré comme un espace de passage obligé, mais plutôt un lieu abritant une fonction spécifique et complémentaire : d'accueil, d'attente, d'information, d'orientation et de control.

**-Programme spatial et surfacique :**

**-La gestion :**

<b>Espace</b>	<b>Sous espace</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Le Wali</b>	Hall d'accueil et réception	60-70
	Bureau du Wali	100
	Bureau secrétariat	30-40
	2 Bureaux des attachés	40-44
	Salle d'attente	30-40
	Restaurant VIP	60-80
	Suite Wali	280
	Salon d'honneur	50-70
	Salle de réunion	60-80
	Salle de réception publique	40-70
	3Sanitaire	25
<b>Espace</b>	<b>Sous espace</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Cabinet</b>	Hall d'entrée	120
	Réception	15
	Bureau du chef cabinet	40-45
	Bureaux des attachés	40-44
	Bureau du secrétariat	20-25
	Salon d'honneur	50-60
	Salle d'attente	30
	Salles de réunion	30
	Attaché cabinet presse	30-35
	Attaché cabinet culturel	30-35
	Attaché cabinet construction et urbanisme	30-35
	Attaché cabinet santé	30-35
	Attaché cabinet sport	30-35
	Attaché cabinet affaire religieuse	30-35
	Attaché cabinet affaire sociale	30-35
	Bureau cellule informatique	30-40
	Bureau cellule communication	30-40
	Bureau des gardes	15-20
	Foyer	30-40
		2Sanitaire

### CHAPITRE 3 : PROJET

Espace	Sous espace	Surface (m <sup>2</sup> )	
<b>Secrétariat générale</b>	Hall d'entrée et d'exposition	120	
	Réception	15	
	Salle d'attente	30-40	
	Bureau du secrétaire général	40-50	
	Bureau du secrétaire	20-25	
	Salon d'honneur	50-60	
	Salle de réunion	60	
	Service de la coordination et de l'organisation	Bureau du chef de service	40
		Bureau du secrétaire	20
		3 bureaux	25-30
		Bureau des marchés	25-35
		Bureau de la coordination	25-35
		Bureau de l'organisation	25-35
		salle polyvalente	66
	2Sanitaire	25	
Foyer	30-40		
Sanitaire	12		

Espace	Sous espace	Surface (m <sup>2</sup> )	
<b>Dal</b>	Hall d'entrée	30	
	Réception	15	
	Salle d'attente	30-40	
	Bureau du directeur général	35-40	
	Bureau du secrétaire	20-25	
	Salon d'honneur	40-60	
	Salle de réunion	50	
	Service du budget et du patrimoine	Bureau du chef de service	30
		Bureau du secrétaire	20
		Salle de réunion	30
		2 bureaux du budget de l'état	20-25
		Bureaux du budget de la wilaya	20-25
		2Sanitaire	25
	Service d'alimentation locale (bureau du budget du patrimoine, bureau des marchés et programme)		170 – 190
	Service d'information des marchés et des programmes (bureau de l'informatique, bureau des marchés, bureau des programmes)		210 – 240
Sanitaire		12	

### CHAPITRE 3 : PROJET

<b>DRAG</b>	<b>Hall d'entrée</b>	<b>30</b>
<b>Espace</b>	Réception	15
	Salle d'attente	30-40
<b>Conseil de la circonscription administrative</b>	<b>Sous espace</b>	<b>Surface</b>
	Bureau du directeur général	<b>(m<sup>2</sup>)</b> 35-40
	Bureau du secrétaire	20-25
	Salon d'honneur	40-60
	Bureau chef de service	35
	Salle de réunion	50
	Bureau secrétariat	20
	Service de la réglementation	Bureau du chef de service 30-40
	Bibliothèque générale	Bureau du secrétaire 20-25
		65
	Guichet des cartes grises	115
	Bureau des véhicules neufs et hors wilaya	25-30
	Bureau saisie informatique	25-30
	Contrôles des dossiers et sécurité	25-30
	Bureau entreprises classées	25-30
	Bureau des activités organisées	25-30
	2 bureaux des élections	25-30
	2 bureaux des associations	25-30
	bureau des établissements classés	25-30
	Bureau des professions réglementées	25-30
	2Sanitaire	25
	Service d'alimentation locale (bureau du budget du patrimoine, bureau des marchés et programme)	170 – 190
	Service d'information des marchés et des programmes (bureau de l'informatique, bureau des marchés, bureau des programmes)	210 – 240
	Sanitaire	12

**-Echange et communication :**

<b>Espace</b>	<b>Sous espace</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>
<b>L'inspection générale</b>	Hall d'accueil et réception	110
	Bureau inspecteur générale	35
	Bureaux secrétariat	20-25
	Bureau d'inspecteurs	30
	Salle d'attente	30
	2 Bureaux	30
	Salle de réunion	35

### CHAPITRE 3 : PROJET

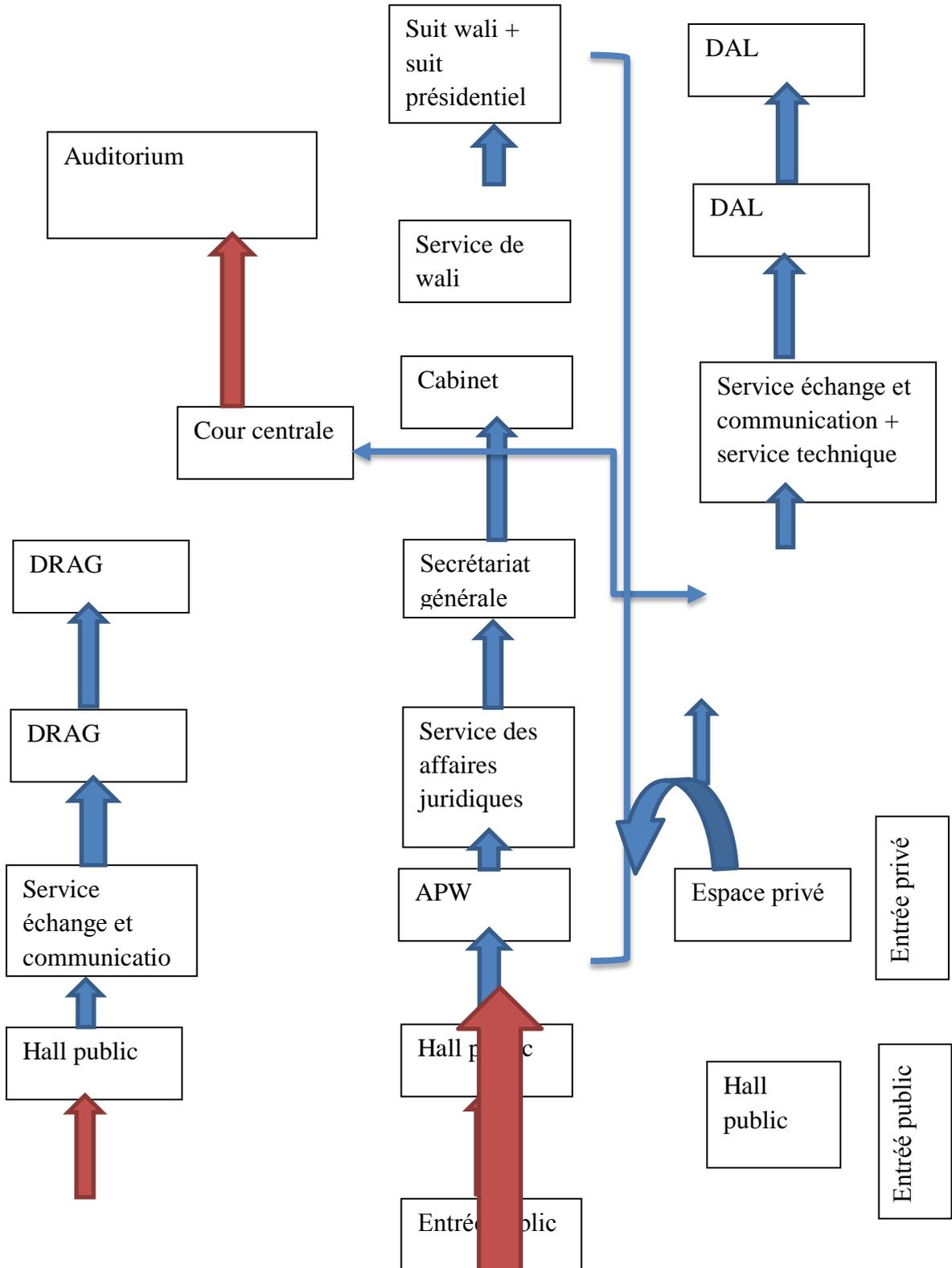
	Salle de réunion	40
	Salle d'archive	40
	2 Sanitaire	25

<b>Espace</b>	<b>Sous espace</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Les œuvres sociales</b>	Hall d'accueil et réception	110
	Bureau du directeur	35-40
	Bureau secrétariat	20-25
	6 Bureaux des chefs de commissions	25-30
	Salle de comptable	20-25
	2 Bureau des ordonnateurs	20-25
	Imprimerie	25
	Salle de réunion	30
	Salle d'archive	80
	2 Sanitaire	25

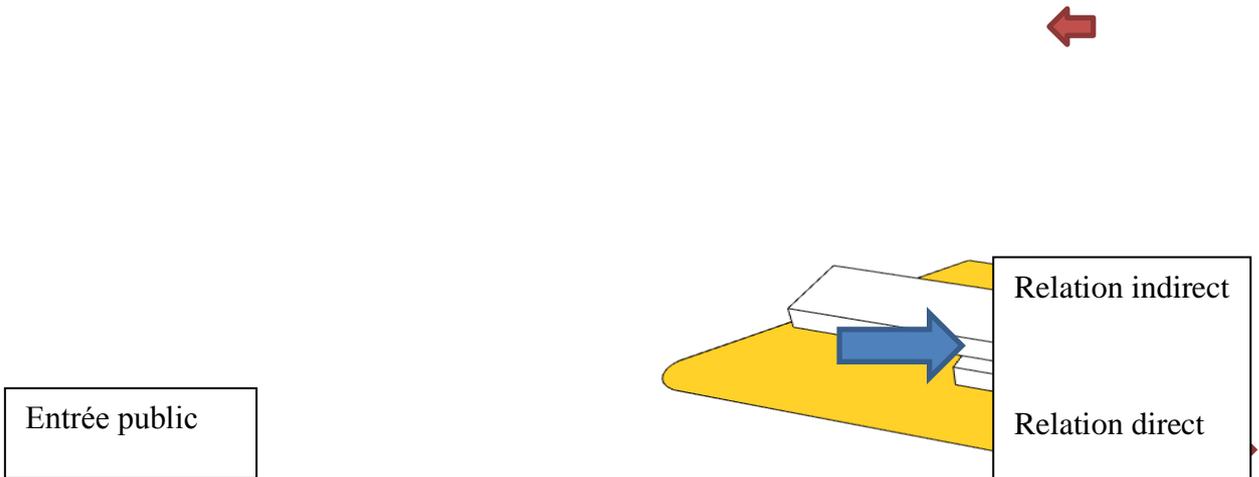
<b>Espace</b>	<b>Sous espace</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>
<b>APW</b>	Hall d'accueil et réception	110
	Bureau du directeur	40-50
	Bureau secrétariat	20-25
	Bureaux des vices présidents	40-44
	Bureaux des attachés	20-25
	Salle d'attente	30
	Salle de réunion	66
	Salle APW	80
	Salon Accueil délégation VIP	80
	Espace polyvalent	50
	2 Sanitaire	25

### CHAPITRE 3 : PROJET

#### -Schéma fonctionnel de siège de wilaya:



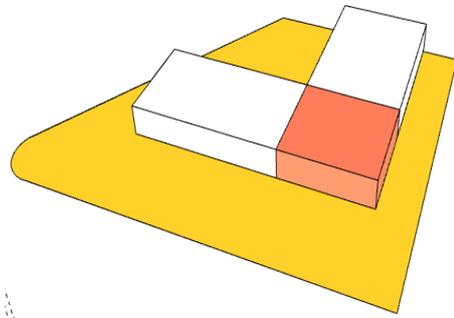
## CHAPITRE 3 : PROJET



### -Conceptualisation de projet :

#### -Genèse de forme :

Notre projet est fondé sur la base d'une géométrie simple, pure et régulière inspiré du site, il s'organise sur un principe de composition (une tour et deux barres).



#### -ETAPE 01 :

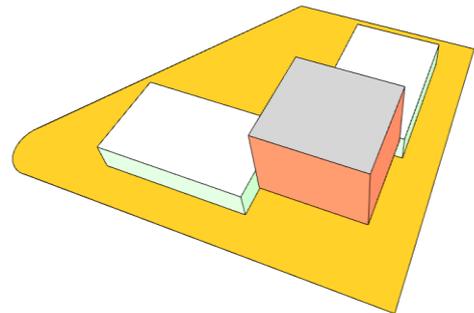
Créer un volume en forme de L qui est de côté sud parallèle à la route principale de l'entrée de la ville de SIDI ABDELLAH

Coté EST est parallèle à la route nationale 63 (MHALEMA vers ZERALDA)

#### -ETAPE 02 :

Recul et alignement :

Afin que l'ilot d'intervention réponde aux recommandations urbaines nous avons opté pour un recul qui est une exigence pour réduire la propagation du bruit et assurer la sécurité. Et pour créer d'un espace extérieur pour mettre en valeur le siège de wilaya (espace vert, plantes, pavés etc. )



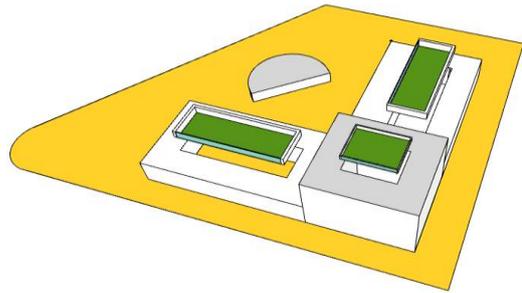
#### -ETAPE 03 :

On a divisé notre volume en 3 entités : tour et deux barre

Une tour qui signifie le pouvoir et la puissance destinée pour l'espace privé et semi privés

## CHAPITRE 3 : PROJET

Les 2 barre (forme rectangulaire) destinée pour les services publics



### -ETAPE 04 :

Le prolongement des diagonales de carré de la tour suivant une direction de 45 va nous donner la naissance d'un nouveau volume (l'auditorium)

### -ETAPE 05:

La création d'atrium au milieu des 3 volumes. C'est un élément architectural à mission bioclimatique qui permet de réaliser la régulation thermique, la ventilation et l'éclairage naturel de l'espace intérieur.

### -organisation de plan de masse :

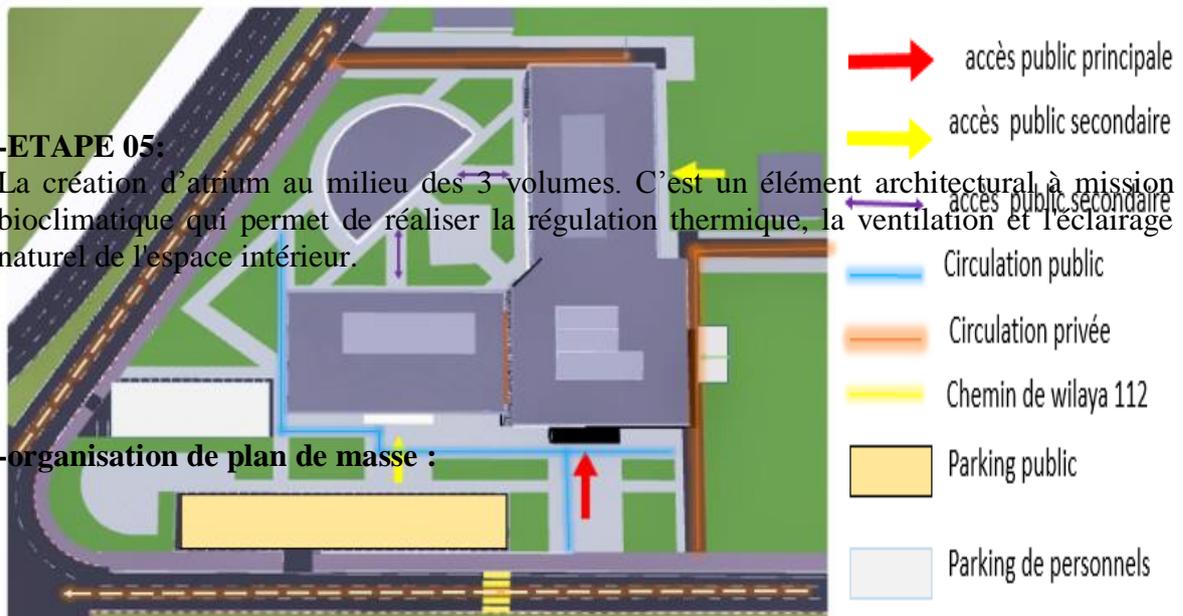
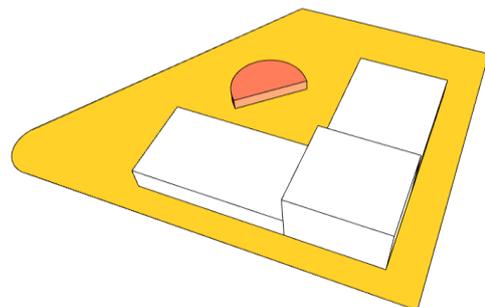


Figure 64: organisation de plan de masse (source: auteur)

### -Principe de composition de façade :

Pour bien comprendre la genèse de nos façades il faut savoir que le territoire de la wilaya contient

une partie naturelle et une partie humaine (la ville) et pour cela nous avons fait un



### CHAPITRE 3 : PROJET

chevauchement entre ces 2 parties qui apparait dans la façade, la partie naturelle et tous qui est végétation s'exprime en moucharabieh et la partie humaine (la ville) s'exprime en mur rideau qui affirme la rigueur

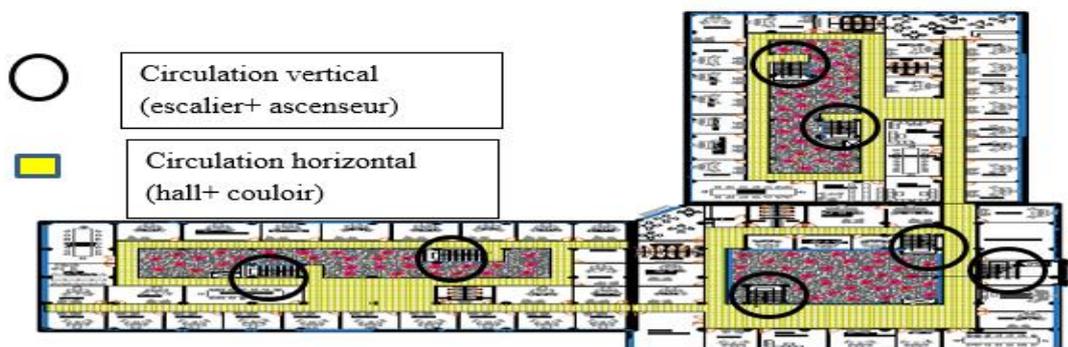


Figure 65: façade de projet (source: auteur)

Les façades sont vitré pour assurer la transparence ainsi que offrir un maximal éclairage naturelle en hiver

Figure 66: façade de projet (source: auteur)

**-description de projet :**



## CHAPITRE 3 : PROJET

Figure 67: description de projet (source: auteur)

Le projet s'organise selon une hiérarchisation des fonctions, les services publics s'organisent au RDC et ceux privés se trouvent en haut

Les espaces s'organisent autour d'un atrium central

Des accès spéciaux pour chaque partie des employé

Auditorium est mise à part pour ne pas avoir déranger les employé au cas d'évènement

La circulation verticale se trouve au niveau d'atrium

### **-Système constructif :**

### **-Structure métallique :**

Nous l'avons utilisé dans auditorium

La structure métallique permet de répondre parfaitement à nos soucis de :

- Transparence, légèreté du projet et liberté de l'espace.
- Disposer de grandes portées sans avoir d'importantes retombées.
- Facilité de montage ou démontage, et Délais d'exécution réduit.
- Bon comportement en cas de séisme.
- Bonnes caractéristiques mécaniques à la Traction et à la compression.

### **-Les Poteaux H métallique :**

Les poteaux seront en acier de profiler H enrober dans le béton. On peut les utiliser pour supporter toutes les charges, ils seront traités contre la corrosion par une peinture anti-rouille (un anti-rouille à base de zinc). Ils seront protégés contre le feu avec des panneaux coupe-feu. La forme en H permet :

- D'avoir la même inertie dans les deux sens.

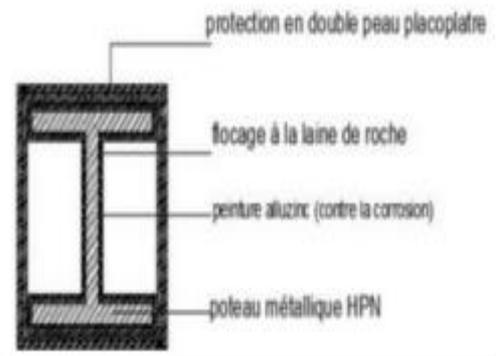


Figure 68: poteau métallique (source: google image)

## CHAPITRE 3 : PROJET

- La forme en H est la plus économique, permettant le raccordement dans deux directions, toutes les parties se prêtent aux assemblages boulonnés.

- Pour leurs bonnes performances au flambement, ils recevront un remplissage en béton : lors d'une élévation de température, la résistance de l'acier diminue et les charges sont progressivement transmises au noyau par béton. Enrobage recommandé c'est 5min (selon RPA 2003).

### **-La structure en béton armé :**

Nous l'avons utilisé dans l'infrastructure la partie des fondations, voile et poteau. Ces caractéristiques :

- Résiste aux efforts de compression et de cisaillement.
- Durable et faible d'entretien, rentable.
- Bonne protection contre les incendies.

### **-Les poutres :**

#### **-Les poutres alvéolaires :**

Elles sont préfabriquées sur commande en usine, elles peuvent atteindre des portées importantes afin de dégager l'espace et avoir un plan libre sans poteaux intermédiaires. Elles permettent également le passage des câbles, des gaines dans leurs épaisseurs. Elles sont protégées par des faux plafonds traités, une composition résistance au feu. La fixation se fera avec des boulons et des cornières en acier de haute résistance.

#### **-Assemblage poteau – poutres :**

La fixation se fera avec des boulons et des cornières en acier de haute résistance où par soudage.



Figure 69: fixation poteau-poutre (source: google image)

### **-Planchers :**

## CHAPITRE 3 : PROJET

### - Plancher collaborant :

Ce plancher se compose d'une dalle de compression en béton armé et des bacs nervurés en aciers, cette composition est caractérisée par sa grande résistance aux charges ainsi son rôle de contreventement horizontal et une mise en œuvre rapide et économique. Utilisé pour les objectives suivantes :



Figure 70: les composants du plancher collaborant (source: : <http://www.guidebeton.com>)

-Diminuer le poids des structures en acier.

- Réduire la hauteur des planchers.

- Offrir une plus grande résistance à la flexion et accroître la résistance au feu.

### -Plancher à caisson :

Pour les barres, on a proposé Le plancher à caisson qui sont réalisés à partir de planches aboutées et collées, formant des panneaux à structure cellulaire. Le caisson se compose de solives verticales clouées ou collées à une aire supérieure et une aire inférieure. Le plancher a caisson représente des avantages tels que :

-La hauteur statique des caissons permet de réaliser des plancher de grande portée avec un poids jusqu'à 10 fois inférieur aux dalles pleines en béton.

- Le caisson n'est pas déformable dans son plan horizontal. Il participe au contreventement des murs.

Figure 71: le coffrage du plancher à caisson (source: : <http://www.guidebeton.com>)

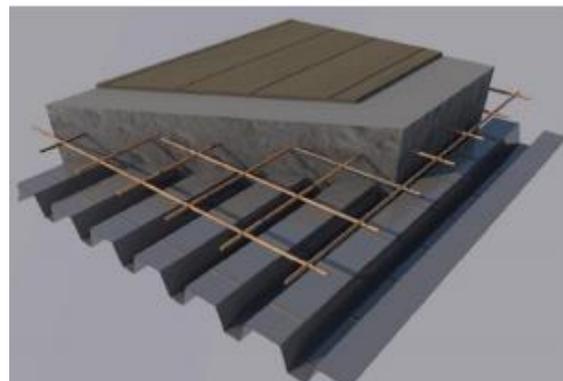
- La possibilité d'insérer dans les cellules des isolants thermiques, fait du plancher caisson, une bonne réponse en termes d'isolation pour les plancher bas et les planchers support de toiture terrasse.

**-Les solutions bioclimatiques afin de réduire la consommation énergétique et créer un bon confort dans le bâtiment :**

**-Solution bioclimatique : Ventilation naturelle traversant**

**- Description et mode de fonctionnement :**

La ventilation transversale correspond au cas où l'air entre par une façade du bâtiment et ressort par une façade différente. La ventilation naturelle traversante mettant l'air en mouvement sans force mécanique. Ce principe utilise la circulation de l'air entre des points d'entrée et de sortie au niveau des menuiseries. L'air chaud en entrant dans l'espace, se dilate, devient moins dense et sa masse volumique est plus faible. Il devient léger et va



## CHAPITRE 3 : PROJET

donc s'échapper par le haut. En contrepartie, l'air frais se contracte, devient plus dense et sa masse volumique est plus grande. Il restera donc vers le bas pour renouveler l'air et rafraichir l'espace.

L'atrium permet de remplir de nombreuses fonctions, en amenant de la lumière naturelle notamment. Il joue également un rôle dans la ventilation naturelle, car il agit comme une cheminée solaire géante.

L'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement. L'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, tandis que l'extraction se fait au milieu

(CHABI Mohammed, 2017-2018)

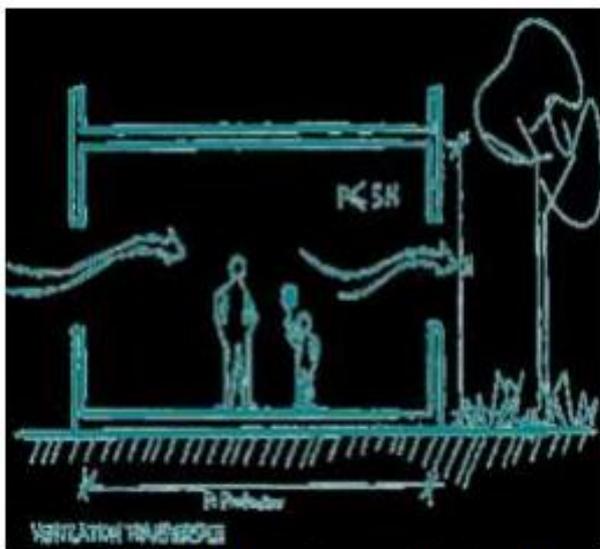


Figure 73: schéma explicative du fonctionnement de la ventilation traversante (Source : le vent et la ventilation naturelle/cours)

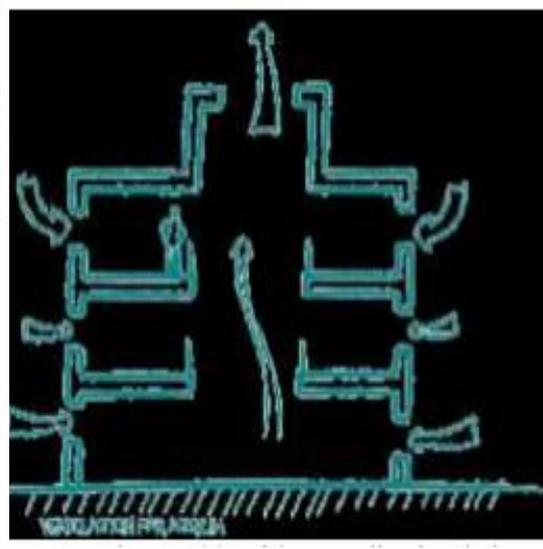
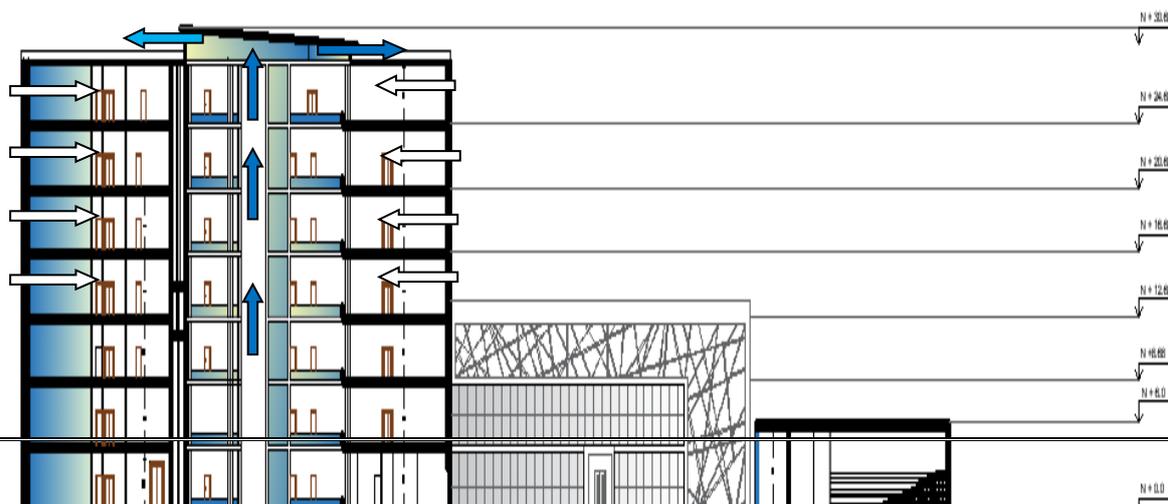


Figure 72: schéma explicative de la ventilation par atrium (Source : le vent et la ventilation naturelle/cour)

### -Application et mise en œuvre dans le projet :

Dans les blocs existants on a opté pour l'utilisation d'un atrium ouvert côté nord sud afin d'assurer la ventilation naturelle, l'évacuation de l'air vicié pendant la journée ainsi garantis le captage des rayons solaires en hiver et éviter effet de serre, ce qui apporte à la fois chaleur et lumière. L'organisation des différents espaces autour de l'atrium fait que la chaleur sera facile à distribuer.



## CHAPITRE 3 : PROJET

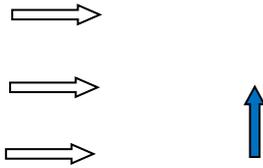


Figure 74: principe de la ventilation naturelle (source: auteur)

### **-Solution bioclimatique passive : La façade à double peau.**

#### **-Description et mode de fonctionnement :**

Les façades double enveloppe, appelées aussi, double façade ventilées, sont composées de deux façades parallèles généralement vitrées et séparées par une cavité. (Façades Multiple - double peau, 2017)

La façade « Double Peau » présente un ensemble de qualités telles que l'isolation thermique et le confort thermique, acoustique. L'utilisation des gains solaires, le refroidissement nocturne efficace, la réduction de la demande d'énergie de chauffage, l'utilisation adaptée des protections solaires et ainsi une réduction des besoins d'énergie de rafraîchissement (réduction des apports solaires directes).

Ce dispositif est appliqué pour assurer une ventilation naturelle et un meilleur apport en qualité de lumière naturelle et pour l'économie énergétique.



Figure 75: façade double peau (source: auteur)

### **-Solution bioclimatique : Puits provençal**

#### **- Description et mode de fonctionnement**

## CHAPITRE 3 : PROJET

Le puits provençal est une installation qui fonctionne comme un échangeur thermique composé de canalisations enterrées dans lesquelles l'air transite avant de pénétrer dans la l'immeuble. Au cours de ce passage sous terre, caractérisée par une température constante, l'air se réchauffe ou se rafraichit, selon la saison. (DEHMOUS M'hand, 2016)

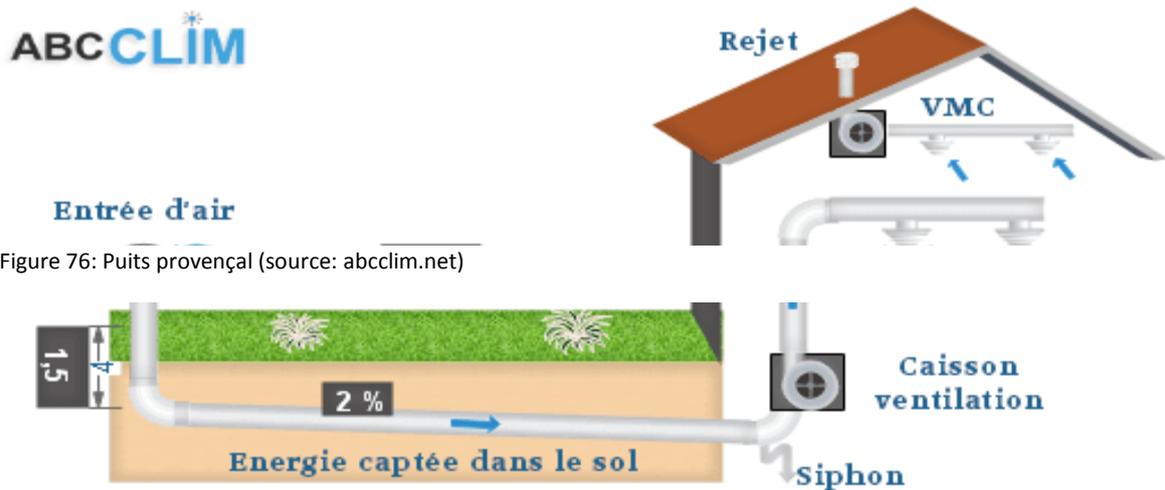


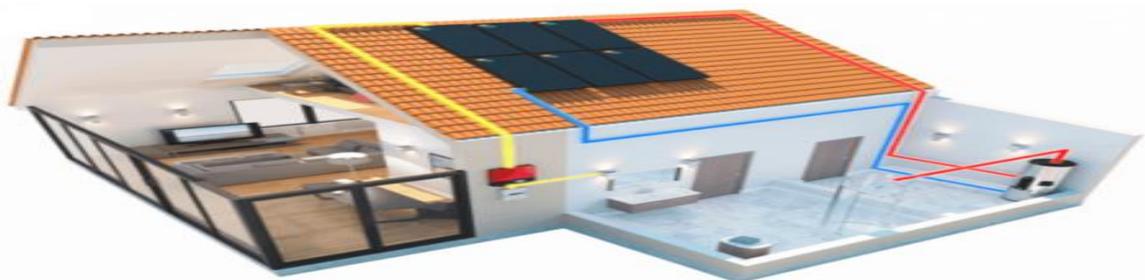
Figure 76: Puits provençal (source: abcclim.net)

Figure 77: Puits provençal (source: abcclim.net)

### -Solution bioclimatique : Panneaux photovoltaïques hybrides et Plancher chauffant

#### - Description et mode de fonctionnement

Les panneaux solaires hybrides ou capteur solaire mixte permet de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur. Ils sont placés au niveau de l'atrium, Afin de capter le maximum de rayonnement solaire. Dans les panneaux solaires thermiques, le rayonnement du soleil chauffe l'eau ou un liquide caloporteur ("porteur de chaleur"), qui circule dans des tubes placés dans une boîte vitrée isolante dans les plancher qui diffuse la chaleur par rayonnement afin d'obtenir un effet de serre. Le liquide chauffé sert ensuite au chauffage du bloc ou au réchauffement de l'eau chaude sanitaire. Ce système permet blocs de bénéficier de l'électricité et du chauffage gratuit tout en économisant de la surface par la combinaison entre thermique et l'électrique.



## CHAPITRE 3 : PROJET

Figure 78: Exemple de maison avec un chauffe-eau solaire hybride (source : conseils.xpair)

### -Solution bioclimatique : Protection solaire :

Notre bâtiment 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.



Figure 79: brise soleil (source: auteur)

### -Solution bioclimatique : Verre réfléchissant :

Ce type de verre est caractérisé par sa réflexion au rayonnement solaire, en employant sur les surfaces des couches réfléchissantes. Il est utilisé pour objectif, est de limiter l'éblouissement et les surchauffes. Ces couches réfléchissantes peuvent être : (CSTCBruxelles 1999)

– Placées sur la face intérieure ou extérieure d'un simple ou double vitrage, réalisée en pyrolytiques à base d'oxydes métalliques.

– En forme de couches sous vide installées à l'intérieur d'un double vitrage.

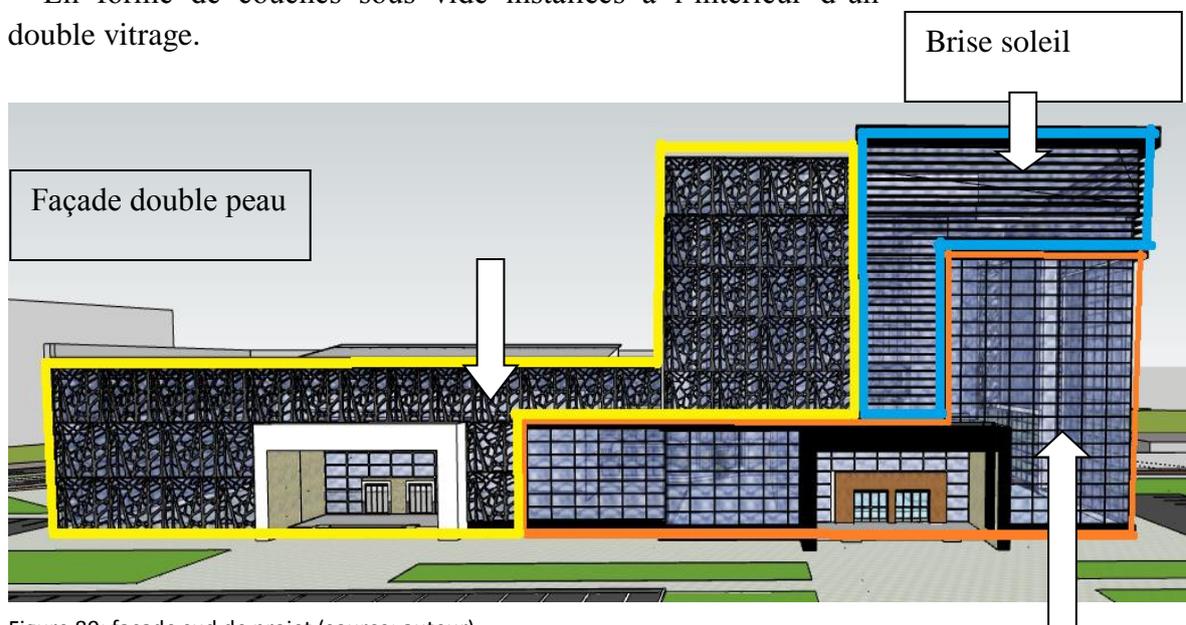


Figure 80: façade sud de projet (source: auteur)

## CHAPITRE 3 : PROJET

Verre réfléchissant

### **-Conclusion générale :**

Au cours de notre cursus universitaire, et à travers ce mémoire nous avons constaté que le travail d'un architecte ne se résume pas de dessiner des plans mais le travail de l'architecte englobe tous les aspects qui rentrent en considération dans le projet architectural (historique, naturel, économique etc.) tous ces facteurs influent et conditionnent chaque décision que prend l'architecte.

Dans notre modeste travail présenté nous avons tenté de répondre à la problématique (concevoir un siège de wilaya qui répond aux exigences bioclimatique)

D'après analyse de site nous avons abouti à une synthèse générale qui nous permet de bien implanter notre siège de wilaya tout en lui appliquant les aspects bioclimatiques (choix de matériaux écologiques, orientation de bâti, énergies renouvelables etc.

## CHAPITRE 3 : PROJET

# ANNEXE

### **-Evaluation Energétique:**

### **-Simulation:**

La simulation est l'un des outils les plus importants pour l'étude et le suivi du comportement thermique dans le bâtiment, ce qui nous permet par la suite de juger les différentes performances d'équipement avant même que le projet ne soit mis en œuvre ce qui donne à l'ingénieur thermicien une exhibition primaire d'une importance capitale pour le bon déroulement du projet

### **-Objectif de simulation :**

La simulation nous permet d'entreprendre une étude approfondie du projet sans perte de temps (la durée expérimentale) et d'argent.

### **-Définition de logiciel design Builder :**

Design Builder est un logiciel convivial de modélisation thermique avec lequel vous pouvez travailler (et découvrir aisément) la modélisation des bâtiments. Il comporte toute une série de paramètres de performance environnementale comme : consommation annuelle d'énergie, températures maximales d'été et dimensionnement des composants CVC

-Quelques utilisations courantes:

- Calcul de la consommation énergétique d'un bâtiment
- Choix des options de façades en fonction de leur échauffement et de leur aspect visuel
- Simulation thermique des bâtiments ventilés naturellement

En lumière du jour, DesignBuilder modélise les systèmes de contrôle d'éclairage et

- calcule les économies électriques
  - Prédiction de distribution de la lumière naturelle à l'aide de Radiance
  - Visualisation des plans d'implantation du site et des ombres portées
- Calcul du dimensionnement des équipements de chauffage, de conditionnement d'air et
- de refroidissement
- Optimisation et simulation de la disposition des systèmes de chauffage, refroidissement, ventilation mécanique et naturelle selon l'impact sur les températures et les vitesses d'air

dans une pièce à l'aide de la CFD

- Modèles énergétiques ASHRAE 90.1 et LEED

Analyses économiques basée sur les coûts de construction, les coûts de service et les  
- coûts du cycle de vie

**-présentation de l'espace d'étude :**

**-type de projet :** siège de wilaya

**-situation :** la nouvelle ville SIDI ABEDALLAH –ALGER-

**-l'espace d'étude :** bureau orienté vers le sud

-on a fait la simulation des différents taux de vitrage sur une façade de bureau orienté vers le sud dans des mois (décembre, avril et juin), jours (21) et heures (9, 12, 15) différents

-la norme NF EN 1246-1 concerne notamment les conditions d'éclairage. Elle indique qu'un éclairage approprié et adéquat d'un bureau doit être de 300 à 500 LUX, pour faciliter l'exécution des tâches visuelles avec précision et efficacité pour les employés

**-Processus d'utilisation de logiciel design Builder :**

L'utilisation de logiciel passe par plusieurs étapes afin choisir le bon taux de vitrage qui sont :

-l'intégration des informations météorologique du site (VILE DE SIDI ABEDALLAH)

-modélisation de bâti (espace bureau)

-définir les matériaux utilisés ainsi que leurs propriétés thermiques

-définir les différents taux de vitrage (20%, 40%, 60%, 80%)

-orienté la façade vers le sud

-définir les mois, jours et heures de simulation

-lancer la simulation (éclairage naturel)

**-Les résultats de simulation :**

Taux de vitrage 20%

Les mois	les jours	Les heures	Pourcentage d'éclairage adéquat (%)
Décembre	21	9	17.30

		12	26.92
		15	26.92
Avril	21	9	19.23
		12	15.38
		15	17.30
juin	21	9	18.07
		12	23.07
		15	15.38

**-Taux de vitrage 40% :**

Les mois	Les jours		Les heures	Pourcentage d'éclairage adéquat (%)
Décembre	21		9	35.76
			12	7.69
			15	30.76
Avril	21		9	11.53
			12	19.23
			15	15.38
juin	21		9	11.53
			12	23.07
			15	15.38

Les mois	Les jours	Les heures	Pourcentage d'éclairage adéquat
décembre	21	9	5.776
		12	0
		15	4.61
Avril	21	9	2.30
		12	0
		15	2.69
Juin	21	9	0.76
		12	25
		15	16.15

**-Taux de vitrage 60% :**

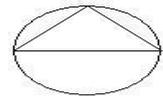
**-Taux de vitrage 80% :**

Les mois	Les jours	Les heures	Pourcentage d'éclairage adéquat
décembre	21	9 12 15	16.53 4.61 9.61
Avril	21	9 12 15	1.92 3.07 2.69
Juin	21	9 12 15	1.53 30.76 3.84

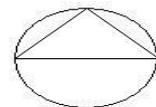
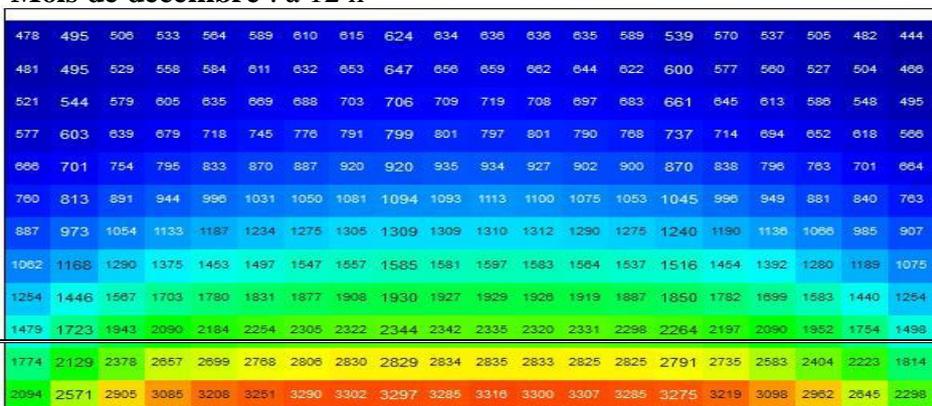
D'après les résultats de simulation on trouve que la meilleure solution pour un éclairage approprié et adéquat d'un bureau lorsque on utilise 20% comme un taux de vitrage

**-Taux de vitrage 40%**

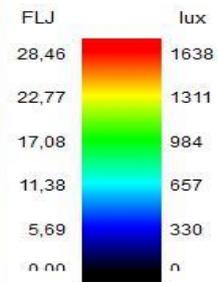
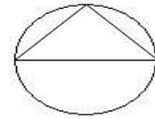
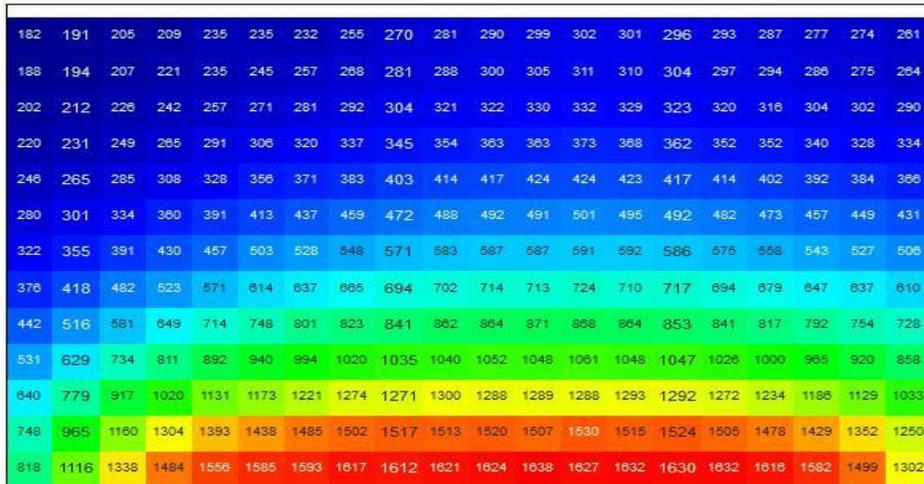
**Mois de décembre : à 9 h**



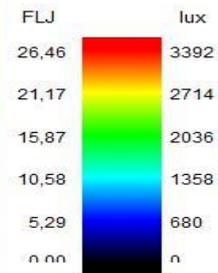
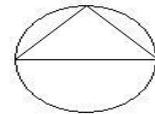
**Mois de décembre : à 12 h**



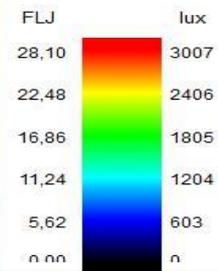
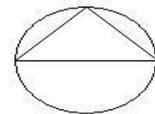
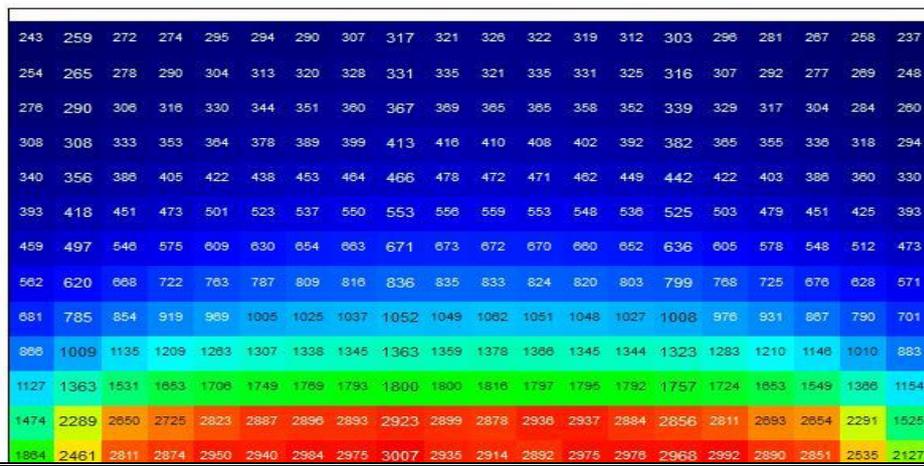
Mois de décembre : à 15 h



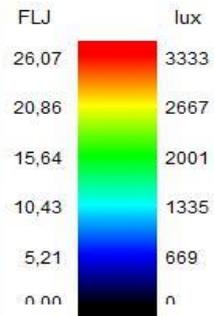
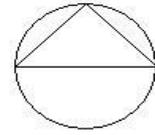
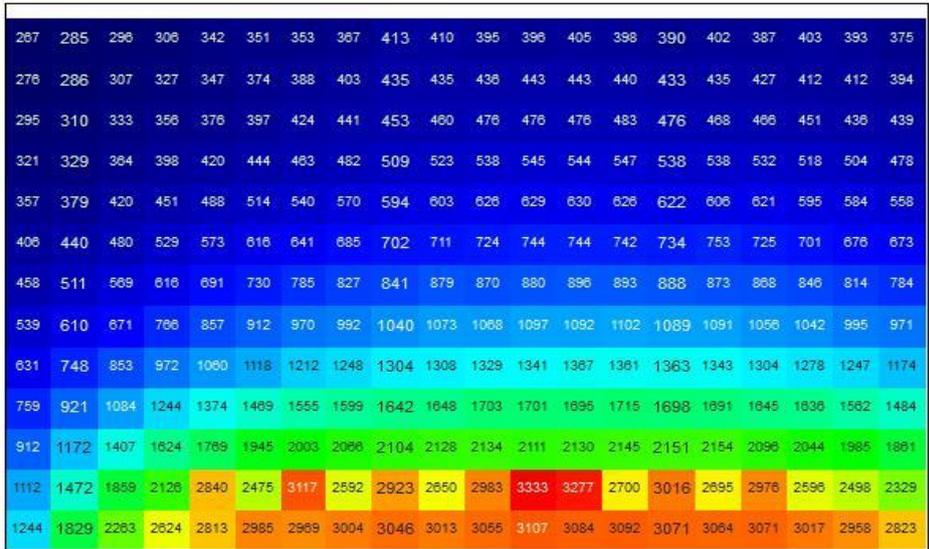
Mois de Avril : à 9h



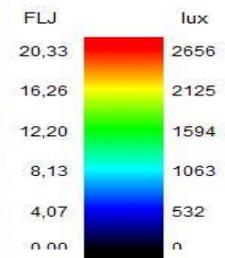
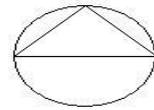
Mois de Avril : à 12 h



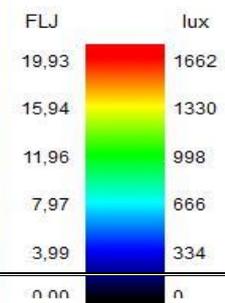
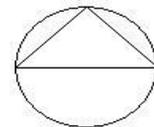
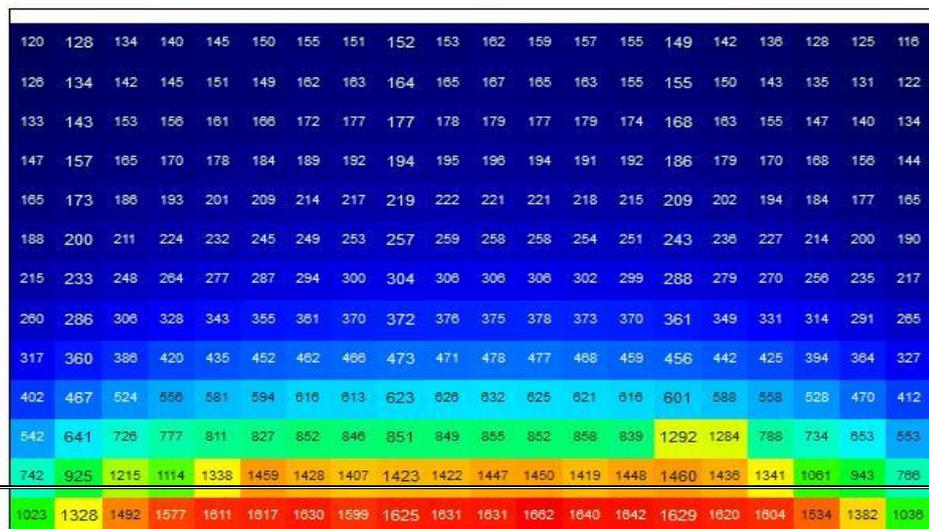
Mois de Avril : à 15 h



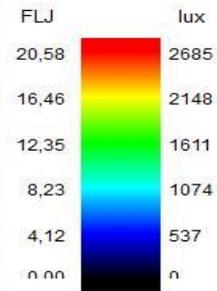
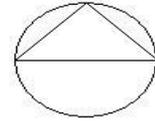
Mois de juin : à 9 h



Mois de juin : à 12 h

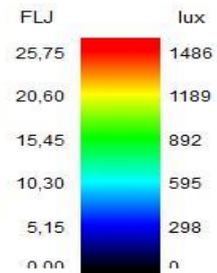
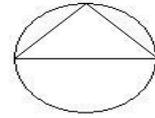
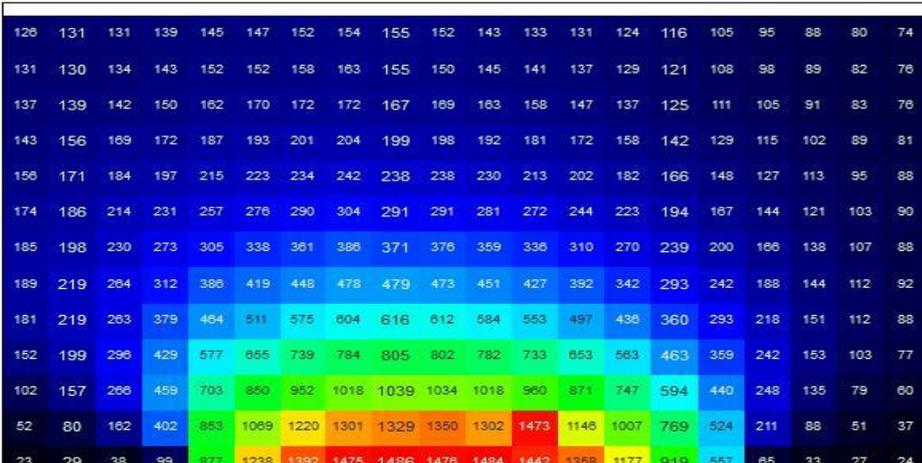


Mois de juin : à 15 h

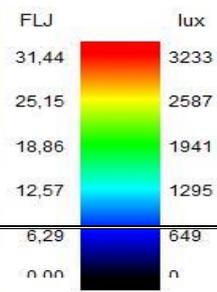
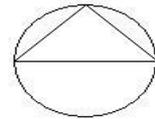
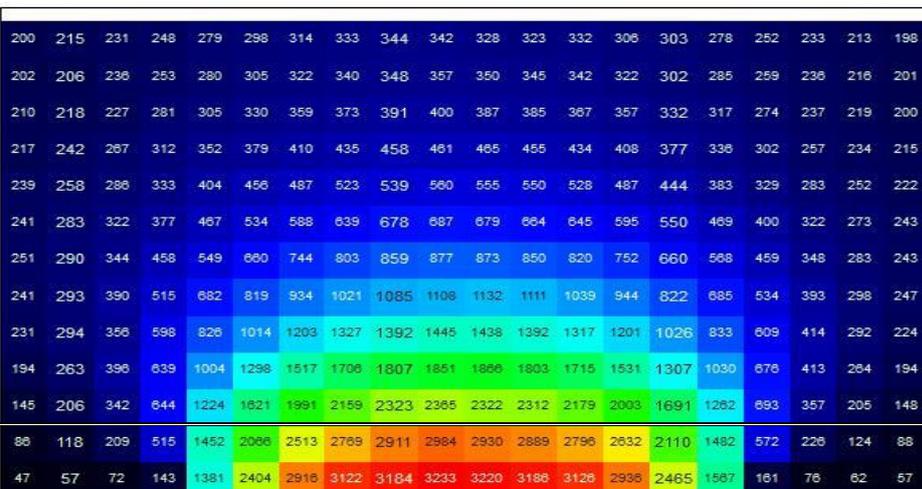


-Taux de vitrage 20%

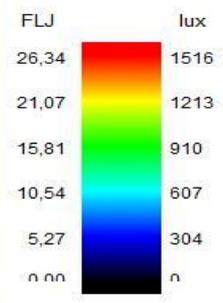
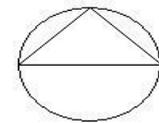
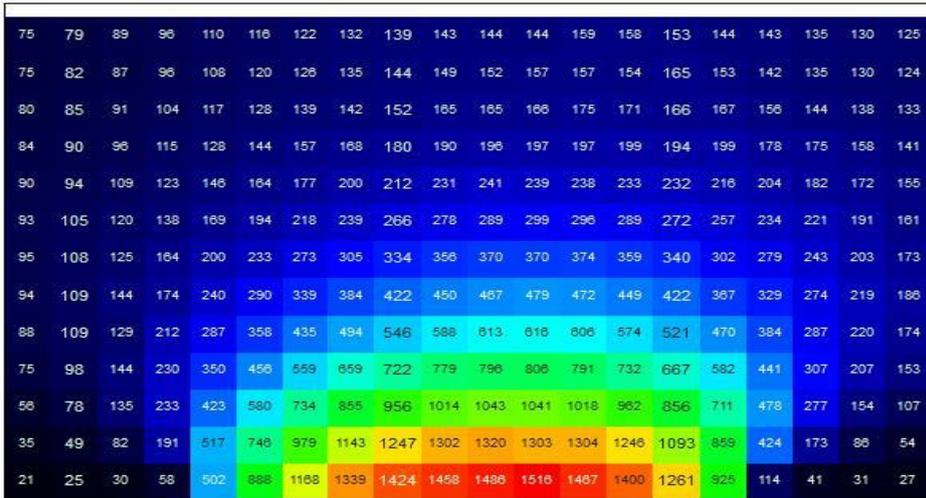
Mois de décembre : à 9 h



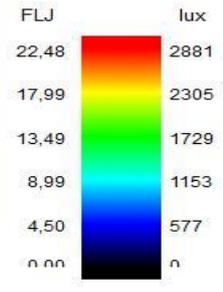
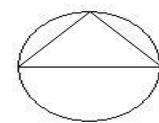
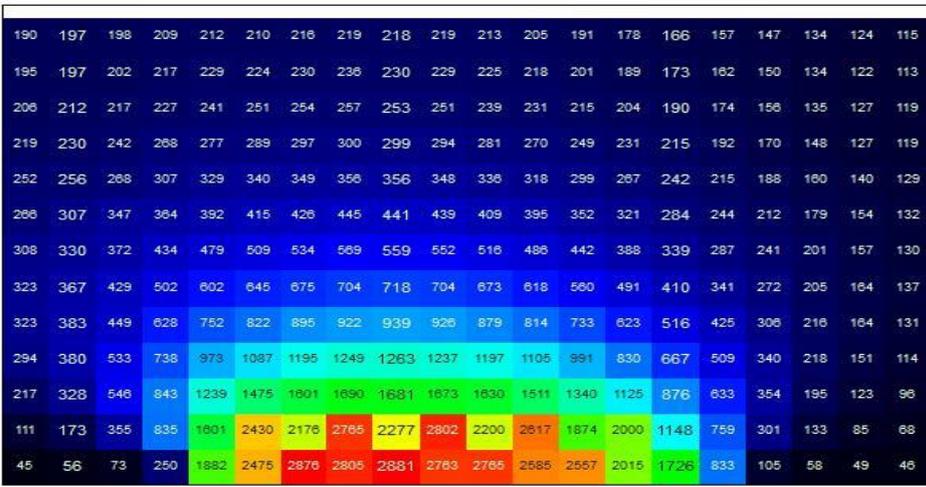
Mois de décembre : à 12 h



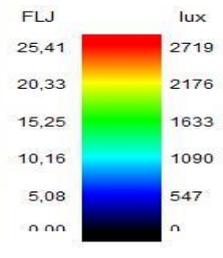
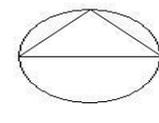
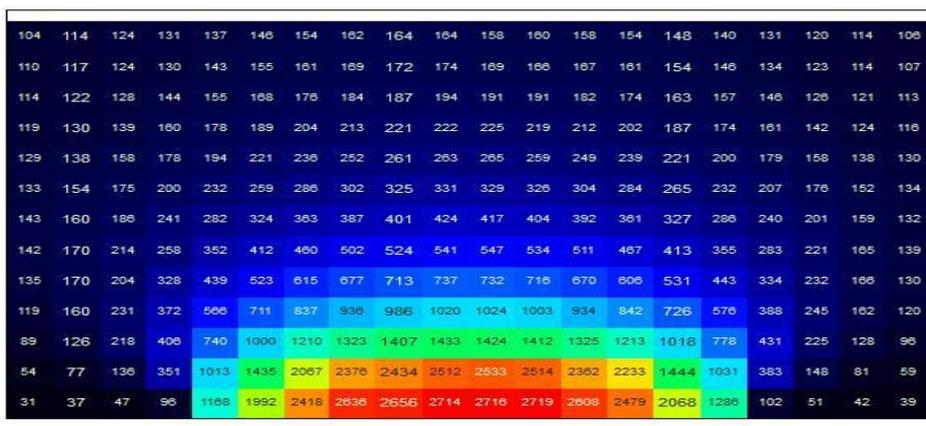
Mois de décembre : à 15 h



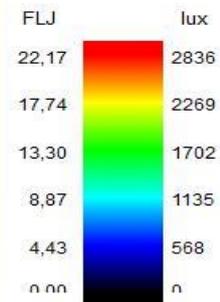
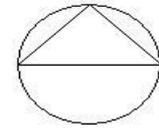
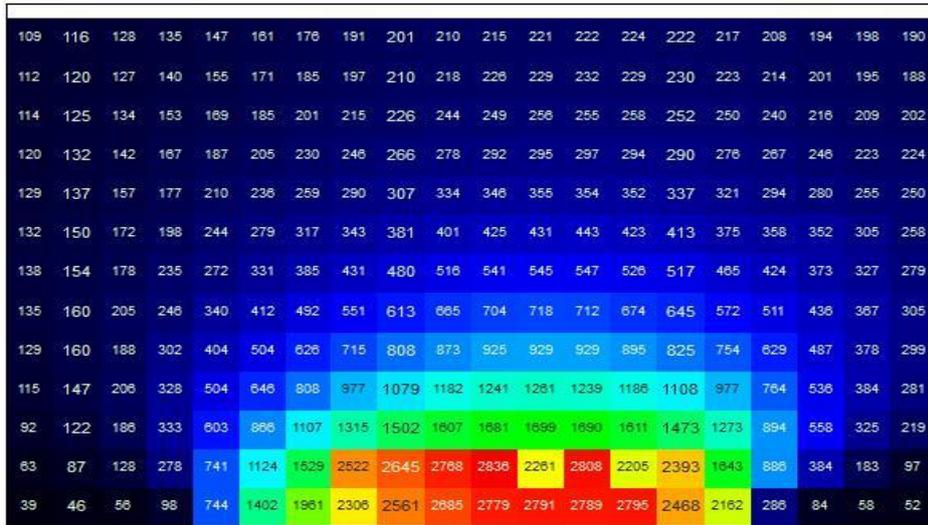
Mois de Avril : à 9 h



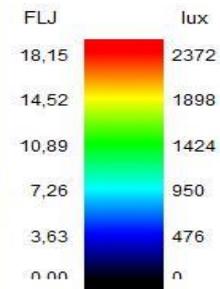
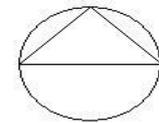
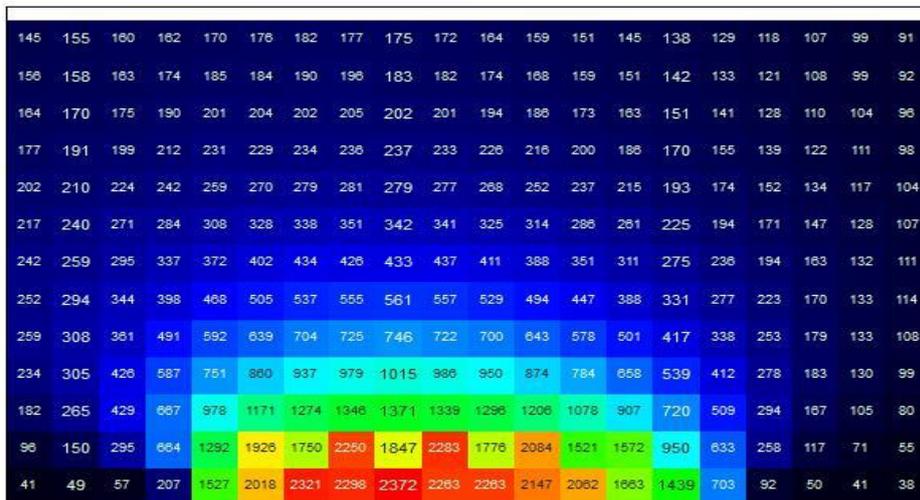
Mois de Avril : à 12 h



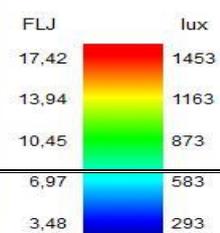
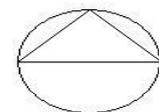
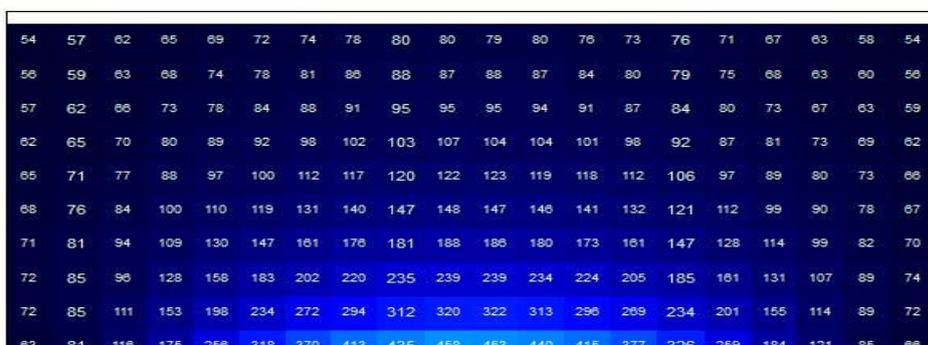
Mois de Avril : à 15 h



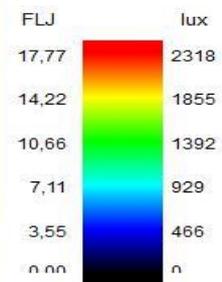
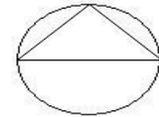
Mois de juin : à 9 h



Mois de juin : à 12 h

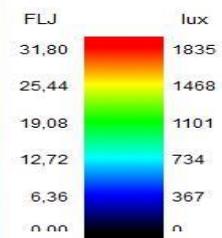
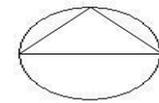
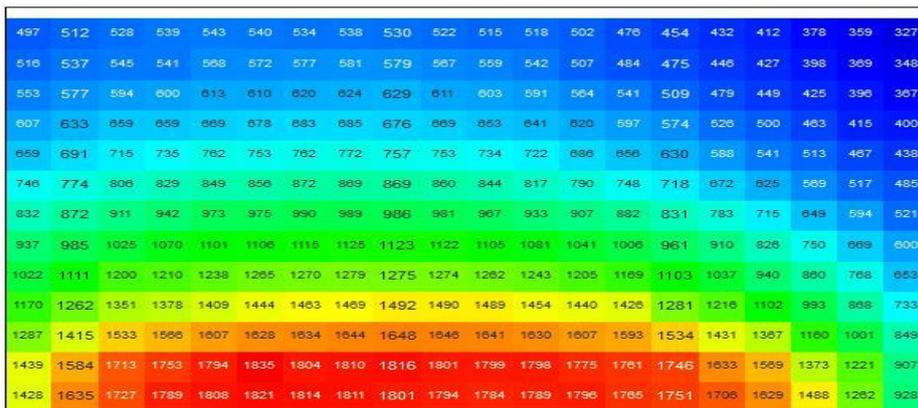


Mois de juin : à 15 h

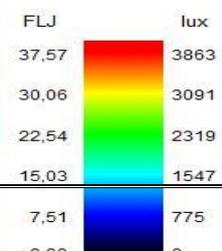
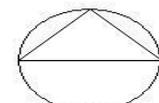


-Taux de vitrage 60%

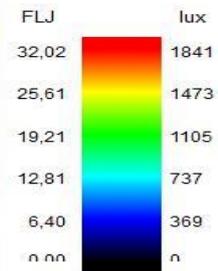
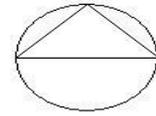
Mois de décembre : à 9 h



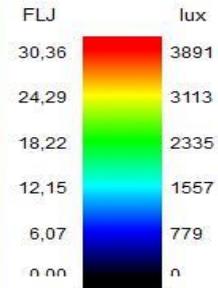
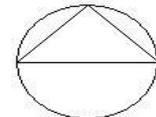
Mois de décembre: à 12 h



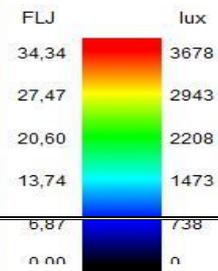
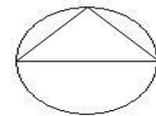
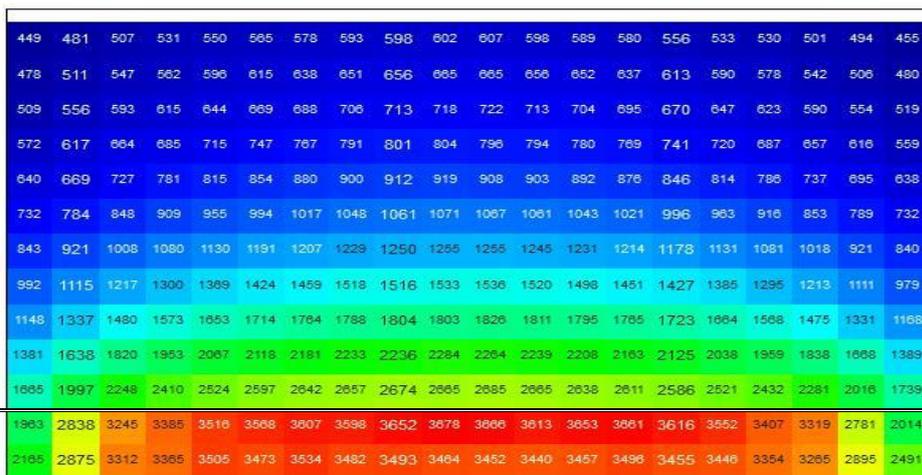
Mois de décembre: à 15 h



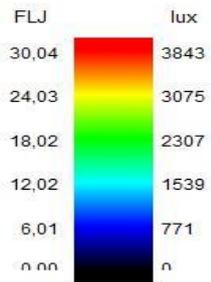
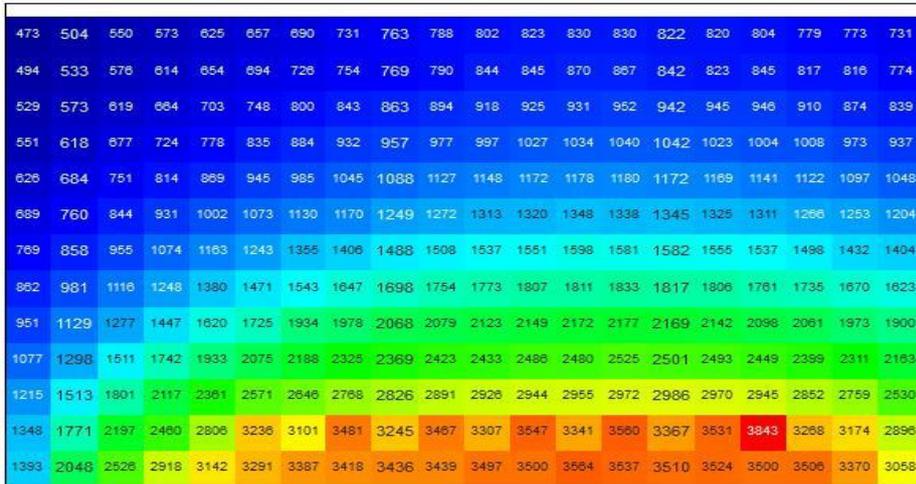
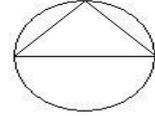
Mois de Avril : à 9 h



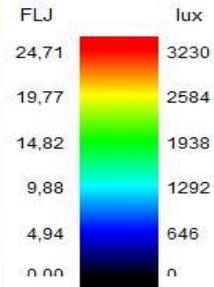
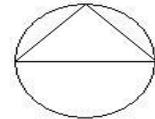
Mois de Avril : à 12 h



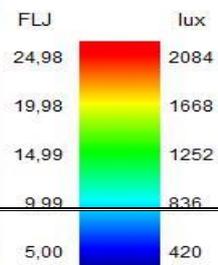
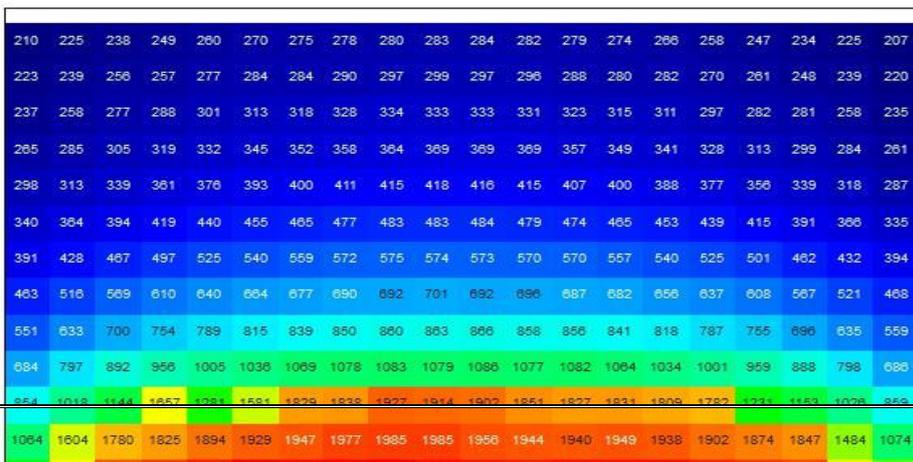
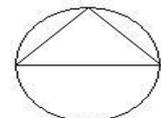
Mois de Avril : à 15 h



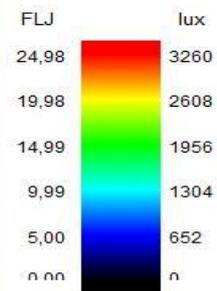
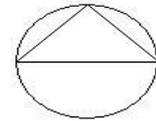
Mois de juin: à 9 h



Mois de juin : à 12 h

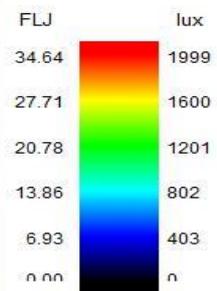
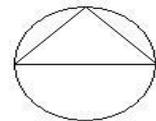
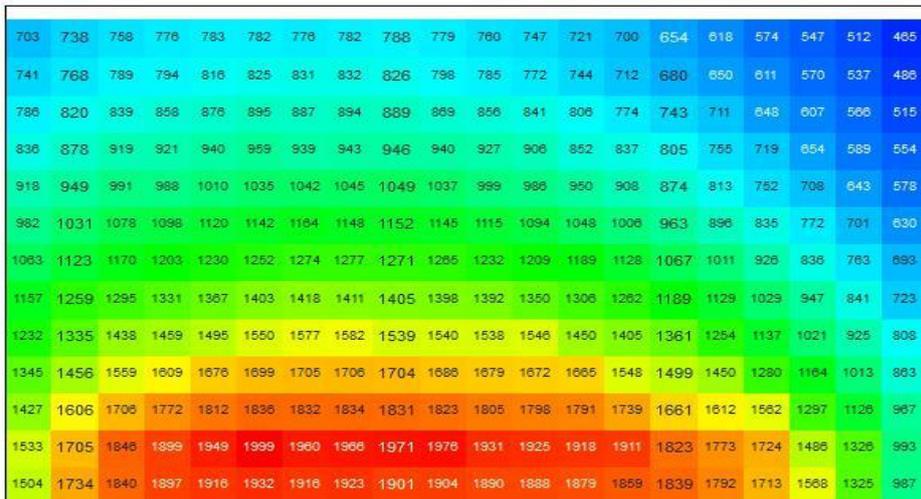


Mois de juin : à 15 h

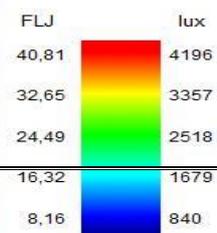
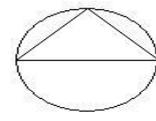
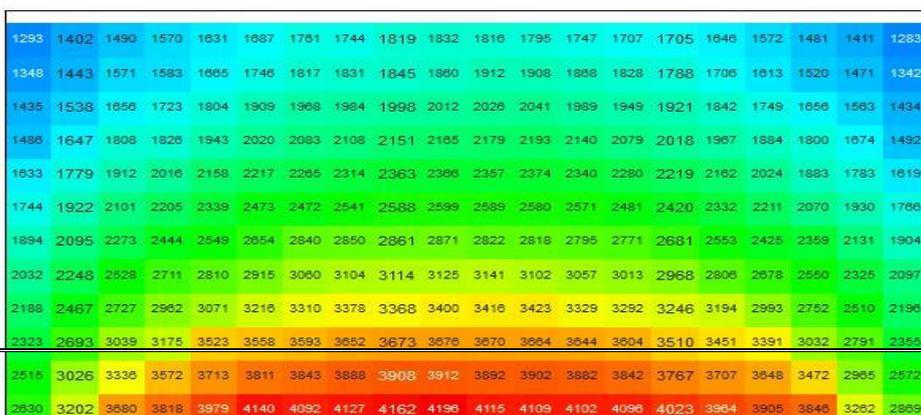


-Taux de vitrage : 80%

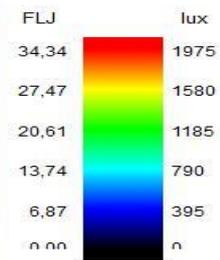
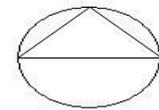
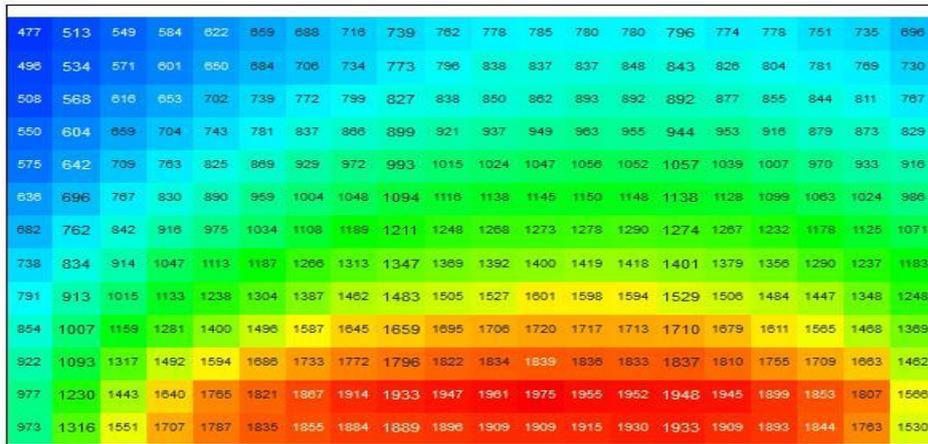
Mois de décembre : à 9 h



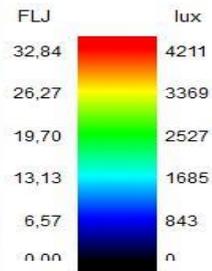
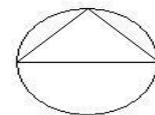
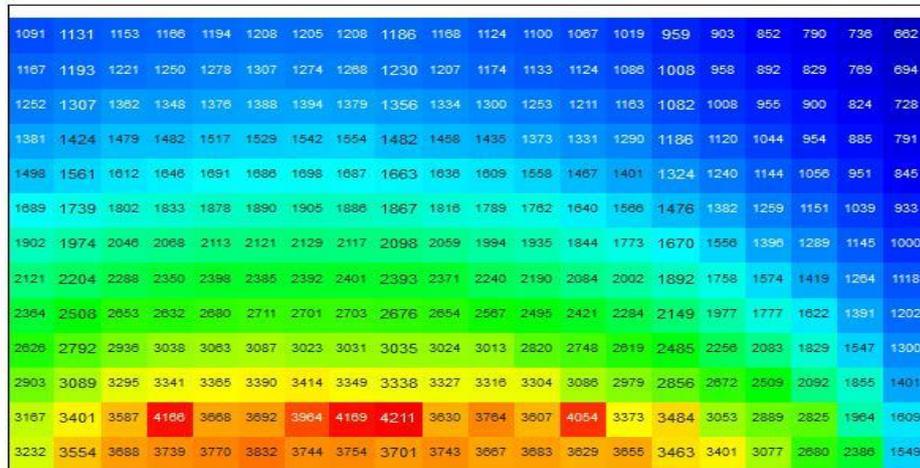
Mois de décembre: à 12 h



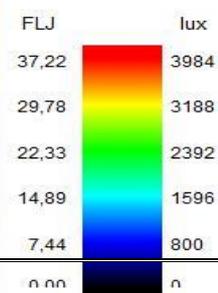
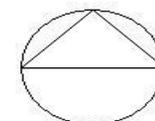
Mois de décembre : à 15 h



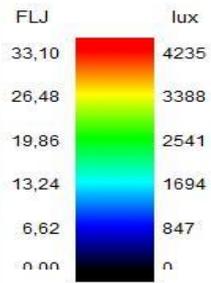
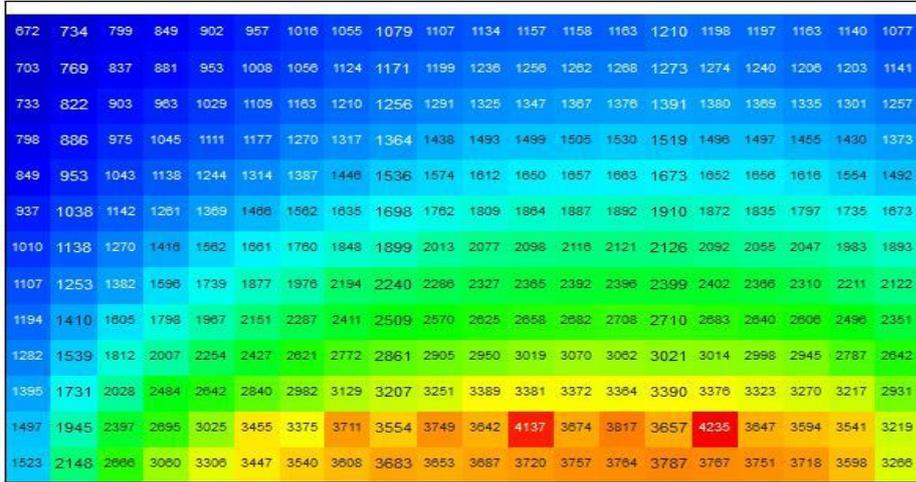
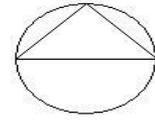
Mois de Avril : à 9 h



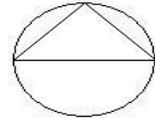
Mois de Avril : à 12 h



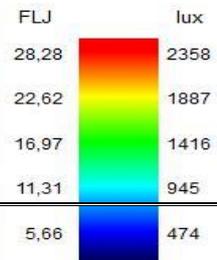
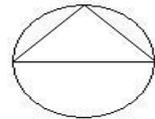
Mois de Avril : à 15 h



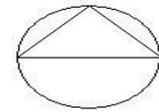
Mois de juin : à 9 h



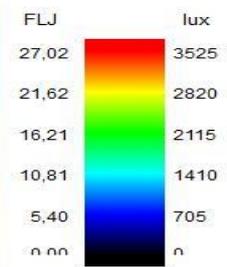
Mois de juin : à 12 h



Mois de juin : à 15 h



548	603	644	677	740	777	814	852	881	914	931	948	957	966	963	962	947	922	912	864
575	633	680	720	767	817	854	894	922	947	985	1004	1004	1000	1012	1002	998	973	962	913
597	668	739	773	820	868	906	991	1016	1038	1077	1094	1106	1102	1098	1093	1059	1082	1030	978
661	722	793	866	916	967	1017	1073	1111	1144	1169	1189	1209	1205	1201	1221	1186	1152	1124	1072
692	777	853	928	1012	1066	1116	1197	1248	1276	1298	1314	1330	1364	1346	1332	1314	1280	1246	1216
770	850	935	1031	1115	1199	1284	1329	1389	1418	1446	1512	1515	1517	1509	1499	1471	1453	1414	1352
838	945	1053	1165	1265	1382	1428	1516	1584	1639	1670	1685	1703	1719	1718	1698	1652	1614	1579	1518
911	1050	1179	1287	1433	1540	1637	1720	1798	1835	1882	1917	1946	1945	1934	1926	1898	1877	1799	1695
992	1171	1330	1481	1617	1752	1868	1973	2048	2114	2155	2179	2194	2206	2198	2172	2136	2088	2021	1916
1081	1300	1531	1714	1866	2042	2177	2294	2321	2369	2430	2494	2563	2563	2474	2477	2476	2430	2308	2177
1190	1467	1720	2112	2234	2357	2493	2611	2682	2715	2834	2834	2834	2833	2857	2827	2771	2715	2589	2458
1282	1660	2043	2284	2565	2913	3327	3395	2996	3184	3263	3514	3104	3256	3103	3525	3067	3164	2955	2690
1317	1845	2279	2618	2824	2968	3043	3102	3169	3123	3138	3196	3246	3210	3252	3230	3202	3173	3142	2782



## **Bibliographies:**

### **Les livres :**

**A.CHATELET, P.FERNANDEZ et P.LAVIGNE** : « L'architecture Climatique : Une Contribution Au Développement Durable, tome2 : concepts et dispositifs », Edition EDISUD-Aix-en-Provence1998 –page37-

**BOUATTOUR Med** : La végétalisation des bâtiments. Paris –2009.p14/15/16/17.  
[ENLIGNE] <http://www.lacambuse.fr/wp-content/uploads/2016/07/RES-1209-vegetalisation-des-batiments-rapport.pdf>

**BEGUIN Daniel** : « Guide de l'éco-construction » Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine, ADEME Février 2006.p23

**BOJIE. Milorad, YIK Francis**, Cooling energy evaluation for high- rise residential buildings in Hong Kong Energy and Buildings 37 (2005), pp: 345-351.

**BOJIC. M.L, LOVEDAY . D.L**, The influence on building thermal behaviour of the insulation / masonry distribution in a three - layered construction, Energy and Buildings 26 (1997), pp: 153-157

**Charbinnier, S. Parentet, et Pouget, A.** (1992) « Guide de la thermique dans l'habitat neuf » Editions du Moniteur, Paris.

**CSTC-Bruxelles.** 1999. Le verre et les produits verriers. Bruxelles : CSTC.centre scientifique et technique de la construction, 1999.

**Dictionnaire : Choay, Françoise et Merlin, Pierre.** 1998. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. France : Presse Universitaire de France, 1998.

**D. Adams, Cobelver SA et al**, « Le verre et les produits verriers – les fonctions des vitrages » Note d'information technique 214, centre scientifique et technique de la construction, Bruxelles, Belgique, Décembre 1999.

**DEHMOUS M'hand**, Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou, mémoire de magister UMMTO, 2016, P73

**Façades Multiple - double peau** ventilée naturellement sur l'extérieur-.pdf téléchargé  
Mai 2017 .p 19

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

**FITCH .J.M et BRANDTH .D**, Primitive architecture and climate "Scientific American"  
Décembre 1960, p138, In "Architecture et volupté thermique", Paris: Editions Parenthèses,  
1981, p 26.

**Fernandez, P. Lavigne, P.** (2009). Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements  
et méthodes. France

**Givoni, B.** (1978) « L'homme, l'architecture et le climat » Editions du Moniteur, Paris.

-**GIVONI.B** : « L'homme, L'architecture Et Le Climat » – édition Le Moniteur-Paris-1978  
– Page 219

**G.Martin** « triple vitrage ou vitrage triple »  
<https://www.gmartin.fr/blog/2015/01/23/triple-vitrage-ou-vitrage-triple/>

**Hegger, Manfred, et al.** 2011. Construction et énergie Architecture et développement  
durable. s.l. : PPUR Presses polytechniques, 2011.

**JONES J.R. and LUTHER M.B.** (1993) « A Summary of Analytical Methods And Case  
Study Monitoring Of Atria ».ASHRAE Transactions, pp. 1070-1081.

**Liébard, A. De Herde, A.** (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique.  
Paris

**LIEBARD. Alain et DE HERDE. André**, « Guide de l'architecture bioclimatique. Cours  
fondamental. Tome 2: Construire avec le climat », Ed: LEARN'T, Novembre 1996.

**Langlais, C. et Klarsfeld, S.** (2004), Op. Cit; page 45

**l'ALEC / l'AGEDEN** : Toiture végétalisée . Mise à jour août 2016.p2. [ENLIGNE]  
[https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/toiture\\_vegetalisee.pdf](https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/toiture_vegetalisee.pdf)

Miquey, D (2010) la prise en compte de l'énergie et du climat dans l'urbanisme,  
l'approche bioclimatique dans l'aménagement.

**Misse, A.** (2011). Stratégie du chaud / Stratégie du froid, les grands principes. Note du  
cours, Ecole nationale supérieur d'architecture de Grenoble, France

**M. Velay-Dabat . J-L. Izard et P. Bonifait.** Maîtrise des ambiances Contrôle de  
l'ensoleillement et de la lumière en architecture. Développement d'un outil commun au  
contrôle solaire et au contrôle lumineux: la projection sphérique équidistante zénithale.  
Edition 2004

**MAY Abdelghani.** Cours : Science des Matériau. Laboratoire Génie des Matériaux/EMP:(PDF) Cours de Science Des Matériaux ([researchgate.net](https://www.researchgate.net))

**Mazria, E.** (2005) Op. cité, page 276

#### **Mémoires et thèses :**

**BELMAAZIZ Mohamed.** (2003) « Les Ambiances Thermo-aérauliques dans les Atriums Linéaires : Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet ». Thèse de Doctorat, Ecole d'architecture de Marseille-Luminy.

**Ahmed Qadir Ahmed,** (2013). Energy Performance of Courtyard and Atrium in different climates, MSc Renewable Energy and Architecture, Research Methodologies K14RMS

**Barry Smith Jr,** (2008). Inner Green Space. A Study of Conservationism in atrium spaces Using academic buildings in southern Ontario A thesis presented to the University of Waterloo in the fulfillment of the thesis requirement for the degree of master of architecture Waterloo, Ontario, Canada.

**Chensé, L.** (2012). Vers une nouvelle méthodologie de conception des bâtiments basée sur leurs performances bioclimatique ( thèse de Doctorat). L'institut national des Sciences Appliquées de Lyon, France

**Claude MH Demers et André Potvin,** (2005). L'atrium : espace bioclimatique viable en milieu nordique, March , PhD MOAQ, GRAP (groupe de recherche en ambiances physiques) école d'architecture université Laval

**CROZET P.** (1981) « Etude du Comportement Thermique des Galeries Couvertes par Simulation en Régime Varié avec prise en compte de la stratification de l'air ». Thèse de Docteur-Ingénieur de l'Université de Paris VII, Paris

**CHABI Mohammed,** cours Architecture et environnement le vent et la ventilation naturelle Master II, université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou, département d'architecture, 2017-2018

**KZEOUI. H, et al R,** Utilisation couplée de l'énergie solaire et des matériaux locaux dans le bâtiment , LTMGP, Université de Béjaia, Algérie, LEPTAB, Université de la Rochelle, France, Février 2002

**ÖzgürGöçer, AslihanTavil, and ErtanÖzkan.**(2006) « Thermal Performance Simulation of an Atrium Building ». Proceedings of eSim 2006 Building Performance Simulation Conference Faculty of Architecture, Landscape, and Design, University of Toronto, Canada,

**MAMMERI Nawel,** LA REHABILITATION ENERGETIQUE DU PATRIMOINE BATI Cas de la cité Aéro-habitat d'Alger ; mémoire magister, 2016 ; p12.

**Swilan Samant**, (2001). A parametric investigation of the influence of atrium facades on the daylight performance of atrium buildings, Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of doctor of Philosophy

**Revue :**

**Annabi, M. Mokhtari, A. et Hafrad, T.A.** (2006) « Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin » in revue des Energies Renouvelables Vol. 9 n° 2, Alger.

**Commission chargée de formuler des avis techniques sur les procédés, matériaux utilisés dans l'enveloppe du bâtiment** (2004) « Performances des produits minces réfléchissants opaques utilisés dans l'enveloppe du bâtiment », Note d'information n° 1. France.

**Etablissement public de la ville nouvelle de sidi abdellah , présentation de la ville nouvelle de sidi abdellah , aout 2014.**

**Kirschbaum, N.S.**(2016). The effectiveness of fixed solar shading. Communication présentée au séminaire international Façade tectonics- World Congress Los Angeles, ETATS-UNIS.

**Langlais, C. et Klarsfeld, S.** (2004) « Isolation thermique à température ambiante. Propriétés » Techniques de l'ingénieur, document n° C 3 371. France.

Master plan, rapport final de la ville nouvelle de sidi Abdellah

**Schittich. C, Balkow. D et al**, « Construire en verre » Presses polytechniques et universitaires romandes, Edition en français, Lausanne, Suisse, 2001

**Schittich, Christian, et al.** 2012. Construire en verre 2e édition . s.l. : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), 2012.

**Trachte, Sophie.** 2012. Matériau, matière d'architecture soutenable. s.l. : Presses universitaires de Louvain, 2012.

**W .Y.Hunget , W.K.Chow**, (2011). A Review on architectural aspects of atrium buildings, Department of building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, HUNG HOM, KOWLOON, HONG KONG, CHINA

**Site internet:**

<http://www.lekapverre.fr/produits-et-applications/verres-et-vitrage/verre-arme>

<http://www.archiexpo.fr/prod/glashuette-lamberts-waldsassen/product-62657-926360.html>

<http://www.miroiteriegbm.com/Les-verres-profiles>

<http://www.origer.lu/index.php/fr/types-de-verre-verre-trempe-de-securite-feuillete-feuillete-trempe>

<https://www.plakglass.fr/epaisseur-du-verre.php>

[Verre feuilleté décoratif sur mesure à Villeneuve d'Ascq près de Lille \(Nord Pas de Calais Picardie\) \(miroiteriesdubrulle.com\)](http://www.miroiteriesdubrulle.com)

[Les principaux critères de choix du double vitrage - Conseils menuiserie \(menuiserie-vielle.fr\)](http://www.menuiserie-vielle.fr)

[http://conseils-thermiques.org/contenu/triple\\_vitrage.php](http://conseils-thermiques.org/contenu/triple_vitrage.php)

<https://mcp-menuiserie.com/nos-dossiers-techniques/explication-de-la-condensation-sur-les-fenetres/>

<https://www.artetfenetres.com/savoir-faire/isolationthermique.html>

<https://www.veranda-veranco.com/conseils-pratiques/confort-dans-la-veranda/confort-hiver>

<http://www.spp-aluminium.com/particuliers/quels-types-de-vitrages-choisir>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Vitrage\\_photovolta%C3%AFque](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vitrage_photovolta%C3%AFque)

<https://www.onyxosolar.com/fr/verre-photovoltaique-double-vitrage.html>

<https://www.stores-discount.com/conseils/choisir-film-vitre.php>

<https://www.techno-science.net/definition/4711.html>

[\(PDF\) Cours de Science Des Matériaux \(researchgate.net\)](http://www.researchgate.net)

<http://coursexosup.blogspot.com/2015/04/proprietes-materiaux-btp.html>

<https://bilans-thermiques.fr/energetique-batiments/isolation-thermique/conductivite-thermique-materiaux>

<https://www.climamaison.com/lexique/isolant-thermique.htm>

<http://www.facadedes.com/portfolio-items/bullring-birmingham>

<http://www.archdaily.com/564959/deu%20%20tsche-post-towers-wins-ctbuh-10-year-award>

<https://www.edfenr.com/lexique/energies-renouvelables/>

[www.batireco.fr](http://www.batireco.fr)

[https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/toiture\\_vegetalisee.pdf](https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/toiture_vegetalisee.pdf)

[www.meple.com](http://www.meple.com)

<http://www.vivreenville.org/>

<https://www.airius.fr/wp-content/uploads/airius-fonctionnement-des-destratificateurs.pdf>

<https://www.abcclim.net/puits-canadien.html>

[https://conseils.xpair.com/actualite\\_experts/solaire-hybride-cnrs-telesuivi-installations.htm](https://conseils.xpair.com/actualite_experts/solaire-hybride-cnrs-telesuivi-installations.htm)

<https://www.architectes.ch/fr/reportages/batiments-administratif-et-commerces/wipo-ompi-63701>

[www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com)

[https://www.francebureau.com/bureau/bureau-operatif-11\\_bureau\\_administrative](https://www.francebureau.com/bureau/bureau-operatif-11_bureau_administrative)