

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



Mémoire de master
Option : architecture et efficacité énergétique

BATIMENT PERFORMANT EN ALGERIE

Conception d'un siège administratif et un laboratoire de recherche au profit de la
chambre nationale d'agriculture à El Mohammadia

Travail réalisé par :

ABBAD Mohamed Chawki

MELLOUKI Kamel

Sous l'encadrement de :

Mr : SEMAHI SAMIR

Assister par :

Mr MHAMDI Hichem

Devant un jury composé de :

Président : Mr. Docteur. ZERARKA Mohamed

Examineur : Mr. OUELD Zmirli

Année universitaire 2016-2017

RESUME

Cette dernière décennie, La consommation énergétique en Algérie a enregistré un taux de croissance élevé, en recherchant d'améliorer le confort thermique à l'intérieur de bâtiment et pour répondre au besoin de chauffage en hiver et de climatisation en été, par contre, une conception bioclimatique aide à améliorer le confort thermique de bâtiment en intégrant des techniques passive reliées au climat tout en profitant des énergies renouvelables.

Pour réussir notre conception d'un immeuble administratif à Alger on a fait tout d'abord une recherche bibliographique afin de trouver le maximum d'information sur les dispositifs et les aspects architecturaux qui peuvent nous aider à améliorer le confort thermique dans le bâtiment.

Les modes d'intégrations des dispositifs et les paramètres de ces derniers ont été appliqués dans la conception. On a choisi après une étude pratique des simulations de connaître la quantité de consommation réduite de bâtiment.

Un bâtiment à basse consommation énergétique est finalement le résultat d'une étude de climat dans la zone de travail, et de l'utilisation des énergies renouvelables, d'une part pour minimiser la consommation énergétique de bâtiment et d'autre part pour améliorer le confort et l'ambiance thermique à l'intérieur de bâtiment public en Algérie.

Mots clés : confort thermique, conception bioclimatique, dispositif architectural, énergie renouvelables, bâtiment public.

SUMMARY

Over the last decade, energy consumption in Algeria has recorded a high growth rate, seeking to improve thermal comfort inside the building and to meet the need for heating in winter and air conditioning in summer, however, Bioclimatic design helps improve thermal building comfort by incorporating passive technology connecting to climate and taking advantage of all possible renewable energies.

To succeed in our conception of an administrative building in Algiers we did a bibliographic search to find the maximum information on the architectural devices and aspects that can help us to improve thermal comfort in the building.

The modes of integrations of the devices and the parameters of the latter applied in the design are chosen after a practical study of the simulations allows to know the amount of reduced consumption of building.

A building based energy consumption is ultimately the result of a climate study in the work area, and the use of renewable energy, on the one hand to minimize the energy consumption of building and on the other hand to improve the comfort and the thermal atmosphere in the interior of public building in Algeria.

Keywords: energy consumption, thermal comfort, passive technology, Bioclimatic design, building based energy consumption.

ملخص

على مدى العقد الماضي، سجل استهلاك الطاقة في الجزائر معدل نمو مرتفع، سعياً إلى تحسين الراحة الحرارية داخل المبنى ولتلبية الحاجة إلى التدفئة في الشتاء وتكييف الهواء في الصيف، يساعد التصميم البيو مناخي على تحسين الراحة الحرارية داخل المباني من خلال دمج التقنيات المقتصة للطاقة المرتبطة بالمناخ مع الاستفادة من جميع الطاقات المتجددة الممكنة.

من أجل انجاح التصميم المعماري لمبنى مكاتب في الجزائر قمنا بالبحث حول أكبر قدر من المعلومات التي تمكننا من معرفة أهمية وطريقة عمل التقنيات والجوانب المعمارية التي يمكن أن تساعدنا على تحسين الراحة الحرارية في المبنى. تم اختيار أساليب تطبيق وادماج التقنيات والأجهزة المعمارية عن طريق دراسة عملية بمحاكاة تسمح لنا وتمكننا من لمعرفة نسبة انخفاض استهلاك الطاقة الكهربائية للمبنى والتغيرات الطارئة على الراحة الحرارية للمبنى. إن تصميم بناية ذات استهلاك طاقي ضعيف هو في نهاية المطاف نتيجة لدراسة مناخية جيدة لمنطقة العمل، واستخدام فعال للطاقة المتجددة، من جهة للحد من استهلاك الطاقة المفرط في المباني وتحسينه، ومن ناحية أخرى، لضمان جو ملائم داخل المبنى.

كلمات مفتاحية: الطاقات المتجددة، الراحة الحرارية، استهلاك الطاقة، التصميم البيو مناخي، التقنيات المقتصة للطاقة، بناية ذات استهلاك طاقي ضعيف.

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous remercierons le bon Dieu le tout puissant pour son aide et pour nous avoir guidé pour mener à bien ce travail.

Nous adressons particulièrement nos plus sincères remerciements à monsieur SEMAHI Samir pour avoir dirigé ce travail. Nous le remercierons pour son encadrement, son expérience, son disponibilité, son aide, son soutien, et ses conseils précieux et avisés tout au long de ce travail.

Nous exprimons notre sincère gratitude à toute l'équipe pédagogique qui a participé à notre formation de graduation et de post-graduation, également pour tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin lors de l'élaboration de ce travail.

Nous tenons à remercier nos collègues de la promotion de 2012 avec qui nous avons passé de bons moments.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents qui ont tout fait pour que je réussisse dans mes études et dans ma vie.

Mes chères petites sœurs Karima & Ikram.

Mon cher et seul grand frère Khaled, je le remercie beaucoup pour son aide, & sa femme.

Toute la famille MELLOUKI & toute la famille BOUHADDI.

MELLOUKI Kamel

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents qui ont tout fait pour que je réussisse dans mes études et dans ma vie.

Mes chères petites sœurs Widad & Wissam.

Mes chères tantes et toute la famille ABBAD & toute la famille BOUMAAD.

ABBAD Mohamed Chawki

Table des matières

CHAPITRE INTRODUCTIF

1	Préambule :.....	1
2	Problématique :	2
3	Hypothèses :.....	2
4	Objectif :.....	2
5	Méthodologie :	3
6	Structure de mémoire :	5

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

1	Introduction	7
2	Définition des concepts :	8
2.1	L'architecture bioclimatique :.....	8
2.2	Le développement durable :.....	8
2.3	Le confort thermique :	8
2.4	L'efficacité énergétique :	8
2.5	Architecture écologique :.....	9
2.6	Bâtiment passive :.....	9
2.7	Bâtiments à énergies positif :.....	10
2.8	Bâtiment à basse consommation :.....	10
3	Dispositifs architecturaux et Stratégies bioclimatiques :	11
3.1	L'orientation :	11
3.2	Les matériaux.....	13
3.3	La végétation :.....	15
3.4	L'atrium :	18
3.5	Loggia :	20
3.6	Le patio :	22
3.7	La forme :.....	24
3.8	La serre bioclimatique :	26

3.9	Les ouvertures :	29
4	Dispositifs architecturaux et consommation énergétique du bâtiment :	32
4.1	Orientation :	34
4.2	Taux de vitrage :	34
4.3	Type de vitrage :	35
4.4	Protection solaire :	36
4.5	Les matériaux :	37
4.6	Le patio :	38
4.7	La forme :	39
4.8	Synthèse :	39
5	Recherche thématique et analyse des exemples :	41
5.1	Introduction :	41
5.2	Immeuble de bureaux :	41
5.3	Analyse des exemples :	45
5.4	Laboratoire de recherche :	49
6	Conclusion :	51

CHAPITRE II : PROJET

1	Introduction :	53
2	Présentation du site :	54
2.1	présentation de la comenne El mohamadia :	54
2.2	Présentation de l'aire d'étude :	55
2.3	Analyse technique :	57
3	Analyse bioclimatique :	58
3.1	Les données climatiques :	58
3.2	La température du confort :	61
3.3	Analyse bioclimatique de la zone d'Alger :	62
3.4	La programmation qualitative et quantitative :	65
4	Conceptualisation du projet.....	67
4.1	Recommandation du site :	67
4.2	L'idée d'inspiration :	68
4.3	Conceptualisation de la forme :	69

5	Description du projet :.....	71
5.1	Plan de masse.....	71
5.2	Elévation :.....	72
5.3	Description des plans :.....	72
5.4	Traitement des façades :.....	76
5.5	Analyse technique :.....	78
6	Evaluation de la performance du projet :.....	85
6.1	Protocole de la simulation :.....	85
7	Optimisation de la performance du projet :.....	88
7.1	L'installation des panneaux solaires photovoltaïques :	88

CONCLUSION GENERALE

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : conception bioclimatique (Source : www.futura-sciences.com).....	8
Figure I-2 : développement durable (Source : Google image).....	8
Figure I-3: confort été/hiver (Source : Google image).....	8
Figure I-4 : certificat énergétique (Source : www.performance-energetique.lebatiment.fr).....	9
Figure I-5 : déperditions moyennes d'une maison (source : www.architecte-batiments.fr).....	9
Figure I-6 : passif house (source : www.architecte-batiments.fr)	9
Figure I-7 : production d'énergie (source : www.connaissancedesenergies.org).....	10
Figure I-8: évolution des consommations (source : Guide AITF/EDF Bâtiment Basse Consommation).....	10
Figure I-9: les différentes orientations (source : Google image).....	11
Figure I-10 : Ensoleillement (source : Google image)	12
Figure I-11 : matériaux de construction	13
Figure I-12: transfert de chaleur dans une paroi (source : Google image).....	13
Figure I-13 : les stratégies des matériaux de construction (source : L'impact environnemental d'une habitation écologique).....	14
Figure I-14 : l'effet de la végétation pendant les différentes saisons (source : impact de la végétation grimpante sur le Confort hygrothermique estival du bâtiment)	15
Figure I-15 : types de toits végétaux (source. www.toiture-bio.com).....	15
Figure I-16: Mur végétal du musée Quai Branly réalisé par Patrick Blanc (Source : www.murvegetalpatrickblanc.com)	16
Figure I-17 : l'isolation thermique	17
Figure I-18: protection solaire (source : Google image)	18
Figure I-19 : Atrium (source : l'impact de l'atrium sur le confort thermique).....	18
Figure 20 : les différentes typologies de l'atrium (source : l'impact de l'atrium sur le confort thermique)	18
Figure I-21: la ventilation naturelle	20
Figure I-22: Chauffage passif.....	20
Figure I-23: le refroidissement	20
Figure I-24: l'éclairage naturel.....	20
Figure I-25: la loggia vitrée source (Google image)	20
Figure I-26 : fonctions de la véranda, selon l'alternance jour et nuit (source : Effet De L'implantation D'un Bâtiment Collectif Sur Le Confort Hygrothermique Intérieur)	21
Figure I-27 : Patio du Palais Livadia en Crimée	22

Figure I-28 : les différentes positions du patio par rapport à la masse (Source : Auteur).....	23
Figure I-29: le rafraîchissement passif	24
Figure I-30: l'éclairage naturel	24
Figure I-31 : la ventilation naturelle	24
Figure I-32: The Cube source (www.archiscene.net).....	25
Figure I-33: le chauffage passif	26
Figure I-34: l'éclairage et rafraîchissement.....	26
Figure I-35: serre bioclimatique (source :intégration architecturale).....	26
Figure I-36: les différentes intégrations de la serre (source : intégration architecturale).....	27
Figure I-37: fonctionnement hiver/été de la loggia (source : guide : Une serre bioclimatique pour chauffer la maison)	28
Figure I-38: ventilation naturelle.....	29
Figure I-39: chauffage passif.....	29
Figure I-40: simple vitrage (source : Google image).	29
Figure I-41: double et triple vitrage (source : Google image).....	30
Figure I-42 : Ecotect Analysis (source: www.autodesk.com).....	32
Figure I-43 : Analyse solaire (Solar Analysis)	32
Figure I-44: Études de soleil et d'ombre (Sun and Shadow Studies)	32
Figure I-45: Lumière du jour et éclairage (Daylighting and Lighting)	32
Figure I-46 : Performance thermique (Thermal performance).....	33
Figure I-47: Visualisation des données météo (Weather data visualization)	33
Figure I-48 : model de base	33
Figure I-49 : Radar des résultats de la simulation d'orientation	34
Figure I-50: meilleur résultat.....	35
Figure I-51 : Radar des résultats de la simulation de taux de vitrage.....	35
Figure I-52: meilleur résultat.....	35
Figure I-53 : Radar des résultats de la simulation de type de vitrage.....	35
Figure I-54 : Radar des résultats de la simulation de type de vitrage (U différent)	36
Figure I-55: meilleur résultat (12.5%).....	36
Figure I-56 : Radar des résultats de la simulation de protection solaire	36
Figure I-57: coupe de la paroi	37
Figure I-58 : Radar des résultats de la simulation des matériaux de construction	37
Figure I-59 : Radar des résultats de la simulation des matériaux de construction	38
Figure I-60: coupe de la paroi (avec isolation).....	38
Figure I-61 : Radar des résultats de la simulation de patio	38

Figure I-62 : Radar des résultats de la simulation de la forme	39
Figure I-63 : pyramide représente l'efficacité de chaque dispositif (source : auteurs)	40
Figure I-64: centre d'affaire à Lyon	41
Figure I-65: centre d'affaire à Moscow	41
Figure I-66 : centre d'affaire à Westerlo	41
Figure I-67 : bureaux (source : énergie plus.com)	42
Figure I-68 : bureau cloisonné (source : Google image).....	43
Figure I-69 : open space (source: Google image)	43
Figure I-70 : alvéolé (source : Google image).....	43
Figure I-71 : Telefonica Moviles (source: Google image).....	45
Figure I-72 : espace ouvert couvert	45
Figure I-73 : esplanade (source : energieplus.com).....	45
Figure I-74 : façade vitré (source : energieplus.com).....	45
Figure I-75 : plans	46
Figure I-76 : façade vitré au sud (source : fr.wikiarquitectura.com).....	46
Figure I-77 : le comportement bioclimatique d'atrium et du patio	47
Figure I-78 : Immeuble Airbus.....	47
Figure I-79 : la façade vitrée	48
Figure I-80 : plans	48
Figure I-81 : murs double peaux (source : Google image).....	48
Figure I-82 : la serre (source : Google image)	48
Figure I-83: laboratoire de travail (source : Google image).....	49
Figure I-84: espace de travail (source : Google image)	50
Figure I-85: type des laboratoires (source : cnrtl.fr).....	50
Figure II-1 : situation de la ville (source : auteurs)	54
Figure II-2: accessibilité de la ville (source : auteurs)	54
Figure II-3 : situation de site (source : auteurs).....	55
Figure II-4 : les limites du terrain.....	55
Figure II-5 : le tissu urbain	56
Figure II-6 : accessibilité du terrain (source : l'auteur).....	57
Figure II-7: climatologie de terrain (source : auteurs).....	57
Figure II-8 : les températures moyennes annuelles	58
Figure II-9 : durée de l'ensoleillement	58
Figure II-10 : Inverse quotidien moyen Énergie solaire à ondes courtes	59
Figure II-11 : quantité de précipitations	59

<i>Figure II-12 : Vitesse moyenne du vent</i>	60
<i>Figure II-13 : Direction du vent</i>	60
Figure II-14 : gammes de confort adaptatif selon la température moyenne extérieure mensuelle (source : ASHRAE standard 55-2004).....	61
Figure II-15 : Gammes de confort adaptatif dans la région d'Alger, selon la température moyenne extérieure mensuelle (source : ASHRAE standard 55-2004. adapté par l'auteur	62
Figure II-16: Diagramme psychométrique d'Alger des mois d'hiver, tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011. (Source : Auteur)	63
Figure II-17: Diagramme psychométrique d'Alger des mois d'été, tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011. (Source : Auteur).....	64
Figure II-18: contraintes du site (source : auteurs).....	67
Figure II-19: plan de masse	71
Figure II-20 : niveaux d'élévation (source : auteurs)	72
Figure II-21 : façade sud.....	76
Figure II-22 : façade nord.....	76
Figure II-23 : façade ouest.....	77
Figure II-24 : façade est.....	77
Figure II-25 : coupe sur le patio 2	77
Figure II-26 : coupe sur le patio 1	77
Figure II-27 : coupe sur la longueur du projet.....	77
Figure II-28: plan de structure (source : auteurs)	78
Figure II-29 : plancher collaborant (source : Google image).....	79
Figure II-30 : emplacement des patio et l'atrium (source : auteurs).....	81
Figure II-31 : composants de toiture végétale	82
Figure II-32 : emplacement des toitures végétales (source : auteurs)	82
Figure II-33: principe de fonctionnement d'un puit canadien	83
Figure II-34: panneaux solaires sur toit plat (source : Google image).....	83
Figure II-35: fonctionnement du système PV	84
Figure II-36: paramètres de calcul de l'espacement	84
Figure II-37 : panneaux solaire avec un espacement.....	84
Figure II-38: le model simulé (source : auteurs)	85
Figure II-39 : orientation du projet (source : auteurs)	85
Figure II-40 : image filaire sur le model (source : Ecotect Analysis 2011)	85
Figure II-41 : les heures de la simulation (source : Ecotect Analysis 2011).....	86
Figure II-42 : rapport des résultats de la simulation (source : Ecotect Analysis).....	87

Figure II-43: emplacement des panneaux PV (source : auteurs).....	88
Figure II-44: vue ensemble sur les panneaux PV (source : auteurs)	88
Figure II-45 : méthode de calcul de l'espacement entre les panneaux (source : tecsol.fr).....	88
Figure II-46: les données du système (source : tecsol.fr).....	88
Figure II-47: total d'énergie capter et électricité produite (source : tecsol.fr).....	89
Figure II-48: classification du projet	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1: références des recommandations	12
Tableau I-2: références des recommandations	14
Tableau I-3 : références des recommandations	19
Tableau I-4 : références des recommandations	21
Tableau I-5 : références des recommandations	23
Tableau I-6 : références des recommandations	25
Tableau I-7 : références de recommandations.....	28
Tableau I-8 : résultats des simulations des orientations (source : auteurs)	34
Tableau I-9 : résultats des simulations de taux de vitrage (source : auteur).....	34
Tableau I-10 : résultats des simulations de type de vitrage.....	35
Tableau I-11 : résultats des simulations de type de vitrage (u=différents).....	36
Tableau I-12 : résultats des simulations des protections solaire.....	36
Tableau I-13 : résultats des simulations des matériaux	37
Tableau I-14: résultats des simulations des matériaux	38
Tableau I-15 : résultats des simulations du patio	38
Tableau I-16: résultats des simulations de la forme	39
Tableau I-17 : la meilleure configuration	39
Tableau I-18 : tableau des exigences thermique des espaces (Source : livre thermique des immeuble de bureaux, Elisabeth Gratia et André de herde).....	44
Tableau II-1: les températures moyennes de la région d'Alger	58
Tableau II-2 : humidité annuel	59
Tableau II-3: les éléments d'inspiration (source : auteurs)	68
Tableau II-4 : conceptualisation de la forme (source : auteurs)	70
Tableau II-5: types d'assemblage (source : auteurs).....	79
Tableau II-6: matériaux utilisés (source : auteurs)	80
Tableau II-7: intégration du patio et atrium (source : auteurs).....	81
Tableau II-8: caractéristiques des matériaux utilisé (source : Ecotect Analysis 2011).....	86

INTRODUCTION GENERALE

1 Préambule :

La croissance exceptionnelle de la consommation énergétique primaire mondiale au cours du XIX^{ème} et XX^{ème} siècle a mis en évidence la potentialité d'un épuisement des ressources énergétiques non-renouvelables dans un monde fini et révélé les conséquences d'une telle consommation, notamment en termes d'atteintes portées à la biosphère. Toutes les activités humaines, et notamment celles qui concourent au développement économique et social, font appel à l'énergie, sauf que, la consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires. Néanmoins à partir de 1850, la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie.

Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la consommation mondiale d'énergie va augmenter de 50% entre 2004 et 2030, le taux de consommation diffère d'un pays à un autre, il est déterminé par les conditions climatiques, le taux de croissance économique et le développement technologique.

En Algérie parmi les secteurs d'activités référencés par l'APPRUE¹[2012], le secteur résidentiel-tertiaire est responsable de 41% de la consommation d'énergie finale et 20% des émissions de gaz à effet de serre sans compter les émissions indirectes liées à la production d'électricité (consommée à plus de 60% dans les bâtiments). Les besoins de chauffage des bâtiments représentent un des principaux postes de dépenses énergétiques et d'impacts environnementaux.

D'après l'APPRUE, la consommation finale du secteur tertiaire en Algérie a progressé annuellement de 6%, cette progression revient essentiellement à l'utilisation intense du chauffage en hiver et de la climatisation en été pour assurer un meilleur confort thermique.

L'architecture bioclimatique d'aujourd'hui est la redécouverte des principes de construction qui permettaient aux bâtisseurs d'autrefois de composer avec le climat. Elle recherche un équilibre entre la conception et la construction et son milieu (climat, environnement,...).

Elle permet de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel.

L'architecture bioclimatique utilise l'énergie renouvelable disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent. Elle vise également à protéger la construction des vents et pluies froides. Elle s'appuie sur l'emplacement,

¹ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

l'orientation, l'isolation et l'agencement des pièces ; il s'agit pour les constructeurs d'allier, par ces biais, l'architecture au contexte du climat local.

La maîtrise de ces éléments passifs, contribuant au confort thermique, tels que l'isolation thermique, l'orientation des façades, les ouvertures, la compacité de l'édifice et l'utilisation d'un vitrage à hautes performances thermiques minimisera sans aucun doute les déperditions et gains dont souffrent les édifices dans le secteur tertiaire.

2 Problématique :

Cette dernière décennie, nous assistons en Algérie à une réalisation multiple et intense de projets de bâtiments à caractère public, qui ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire sur le contexte climatique et le plan thermique et énergétique. Les paramètres de la conception sont d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension énergétique du projet n'est pas toujours considérée comme significative, ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

L'enveloppe, la forme, et les matériaux de la construction se libèrent des données du site, et sont souvent en contradiction avec les exigences du milieu naturel, créant ainsi un inconfort et sont déséquilibrés entre, l'élément construit et l'environnement ambiant.

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'amélioration de l'aspect qualitatif, notamment le confort thermique dans les bâtiments publics. A travers cette recherche, nous allons essayer de répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les dispositifs architecturaux à utiliser et les stratégies de conception à adopter pour améliorer le confort thermique dans le bâtiment ?
- De quelle manière interviennent les aspects passifs, climatiques dans l'amélioration du confort et des performances énergétiques des bâtiments ?

3 Hypothèses :

- Le confort thermique peut être assuré par la prise en considération des paramètres de l'architecture bioclimatique lors de la conception.
- Le respect d'une conception architecturale bioclimatique de départ, peut minimiser sans les déperditions et gains thermiques dont souffrent les édifices à caractère public.

4 Objectif :

Afin de situer et régler les problèmes du confort thermique dans un bâtiment public notre travail a pour objectif de chercher les stratégies de conception à adopter, les dispositifs architecturaux à

utiliser et connaître ces paramètres et ses rôles pour assurer un niveau de confort acceptable et comment les intégrer dans la conception de notre projet pour qu'on arrive à appliquer l'architecture bioclimatique afin d'apporter des solutions aux exigences du confort thermique et de réduire les besoins en chauffage et en climatisations.

5 Méthodologie :

Afin qu'on arrive à atteindre l'objectif prévu notre méthodologie de travail se base sur trois parties d'études :

1- Etude théorique :

Il s'agit d'une recherche bibliographique ayant pour objectif de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche comme une introduction. Ensuite on va fournir un maximum d'informations concernant les différents dispositifs et les aspects influant sur le confort thermique. Cette partie permettra de connaître les stratégies qu'on peut utiliser avec ces aspects et dispositifs.

2- Etude pratique :

-Cette partie consiste à faire des différentes simulations à l'aide du logiciel Ecotect Analysis 2011 sur un modèle de base dans notre site d'intervention. Ces simulations sont basées sur sept dispositifs et aspects architecturaux ayant un objectif de connaître les effets et l'efficacité de chaque dispositif sur le confort thermique pour arriver à la meilleure configuration qu'on peut atteindre avec ces dispositifs.

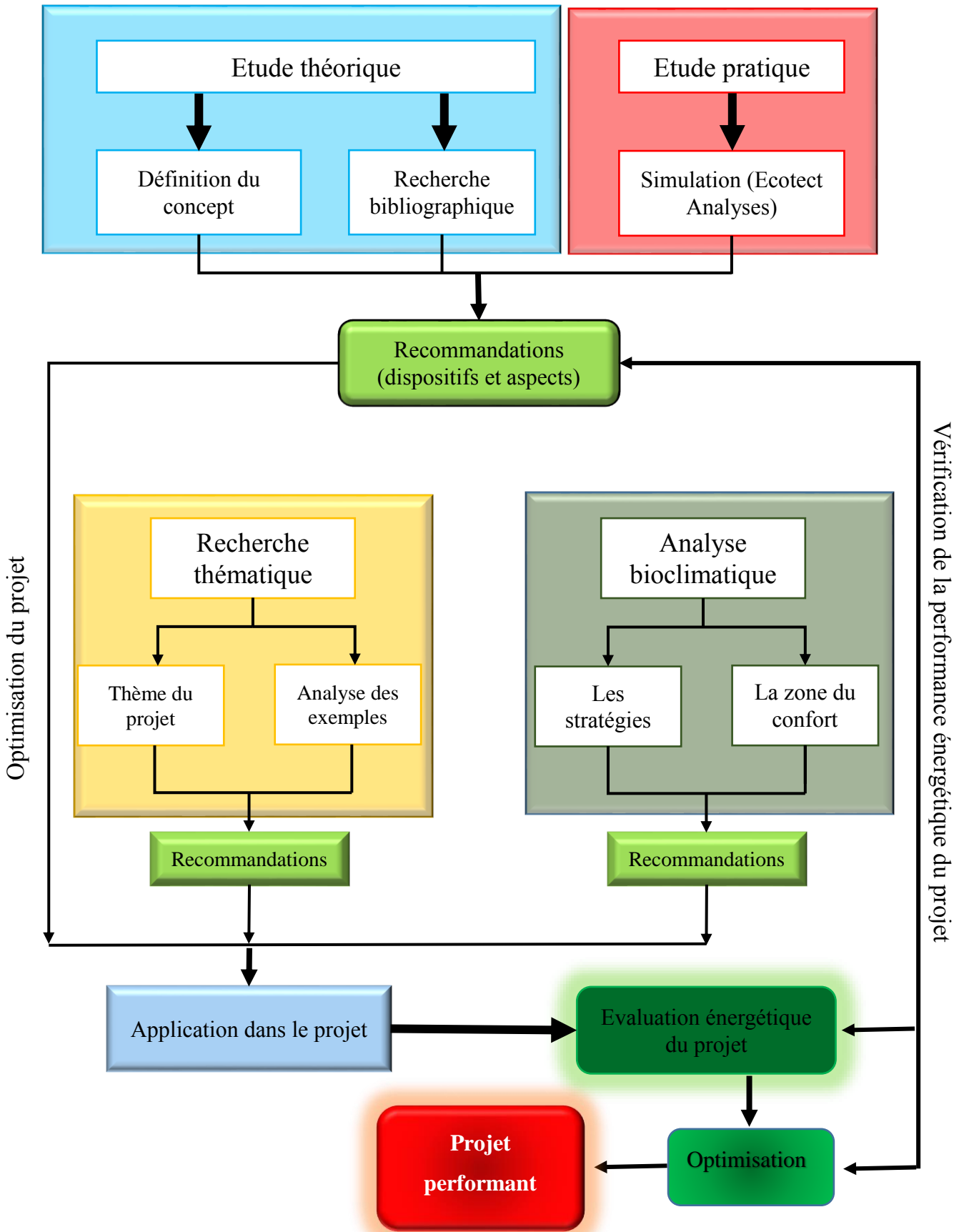
3- Conception du projet :

-Une recherche thématique : il s'agit d'une analyse thématique dans lequel on a fait des recherches sur notre thème et on a analysé différents exemples, à travers cette analyse on a tiré des recommandations vont être utilisés afin de réussir notre projet.

-Analyse bioclimatique : Dans cette partie on définit tous les données climatiques de notre site d'intervention afin de les utiliser pour valoriser la zone du confort de notre site avec l'aide de modèle de confort adaptatif d'ASHRAE standard-55 (2004).

Cette étape a pour objectif de connaître les stratégies qu'on puisse utiliser pour atteindre le niveau du confort prévu (la zone du confort) en utilisant le diagramme Govini. A partir de ces stratégies on détermine les dispositifs et les aspects architecturaux qu'on va les utiliser dans la conception de notre projet. Enfin on applique ces stratégies dans la conception du projet.

Enfin la performance énergétique de notre projet sera évaluée avec l'aide de logiciel Ecotect Analysis 2011, si on n'obtient pas les résultats prévus (un confort thermique avec le moins de consommation énergétique), on optimise la consommation énergétique du projet par des modifications dans les paramètres des dispositifs architecturaux.



6 Structure de mémoire :

Notre mémoire est structuré sur trois chapitres :

Tout d'abord une introduction générale qui nous permet de déterminer le contexte et la méthodologie de notre travail.

Un deuxième chapitre de l'état de l'art qui consiste à des recherches bibliographiques sur les dispositifs architecturaux et les stratégies bioclimatiques et leurs impacts sur le confort thermique suivit par une recherche thématique sur notre thème du projet immeuble de bureau.

Le troisième et le dernier chapitre développe la partie du projet en commençant avec une analyse bioclimatique du site afin de déterminer les stratégies bioclimatiques qu'on va les utiliser dans la conceptualisation du projet, à la fin notre projet sera évaluer pour vérifier sa performance énergétique.

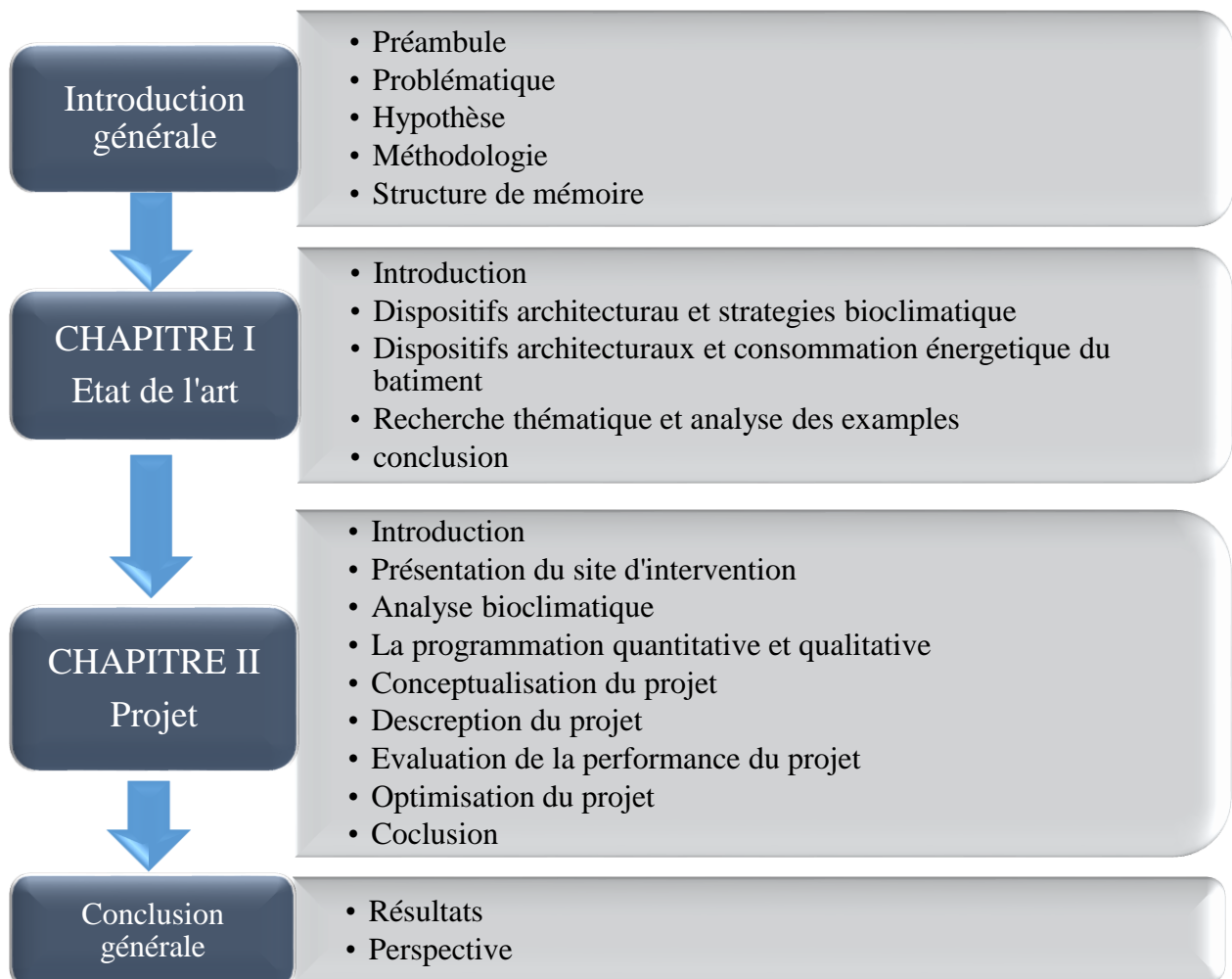


Schéma de la structure du mémoire

CHAPITRE I
ETAT DE L'ART

1 Introduction

En se rendant compte de l'importance de la consommation énergétique dans le secteur du bâtiment et à la notion de maîtrise des impacts sur l'environnement, que né la notion du développement durable, à travers laquelle le bâtiment tente à assurer une relation harmonieuse avec son environnement, en procurant des ambiances intérieures confortables avec une consommation énergétique modérée.

Les différents éléments : soleil, pluie, vent, caractérisent les ambiances partout et tout moment. Une bonne conception du bâtiment est essentielle pour assurer le confort par l'utilisation judicieuse des dispositifs techniques, architecturaux et constrictifs, apportant les Conditions thermiques les plus adéquats, tels que le type des protections solaires, inertie thermique suffisante, orientation, ventilation naturelle, charge interne électrique faible en été.

La prise en compte de ces techniques, dès la phase amont de la conception, garantit non seulement le confort attendu mais évite le recours aux dispositifs actifs et qui seront coûteux pour rétablir le bien être des individus. Le confort thermique intérieur d'été de sa part, repose sur des principes notamment de protection contre les rayons solaires directs, alors que la stratégie nocturne s'appuie sur le principe de dissiper la chaleur emmagasinée dans la structure. Selon Izard J.L : « *L'architecte qui conçoit un bâtiment avec la volonté de maîtrise les phénomènes thermiques qui s'y produisant en période chaude, a besoin d'informations relatives à la conception globale, celle qui lui permet de figer les grandes lignes de son projet* »¹.

Donc, pour qu'on arrive à limiter la consommation d'énergie a des valeurs raisonnables, et pour améliorer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments, on fait appel à des stratégies spécifiques.

Notre recherche dans cette partie et basé sur l'impact des dispositifs architectural et des stratégies bioclimatique et comment pouvons-nous les développées dans le secteur de bâtiment, cette recherche divisé en deux partie

La première parti de ce travail est la partie théorique bibliographique, qui nous permettre a travers des livre, revu, et des thèses de fournir le maximum d'information sur notre thème choisis (les dispositifs architectural et les stratégie bioclimatique) et connaitre leurs impact sur le confort thermique de bâtiment.

La deuxième partie d'étude est la partie pratique ou on doit faire des simulations à travers des logiciels spécifiques (Ecotect Analysis 2011) qui nous permet de savoir l'impact de chaque dispositif et de chaque stratégies sur le confort de bâtiments sous forme de tableaux et des graphes.

¹ Izard Jean Louis, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, France, 1993, p : 83

2 Définition des concepts :

2.1 L'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de bâtir en alliant respect de l'environnement et confort de l'habitant. Elle a pour objective d'obtenir des conditions de vie agréables de la manière la plus naturelle possible, on utilisant par exemple les énergies renouvelables (comme les éoliennes ou l'énergie solaires) disponible sur le site.

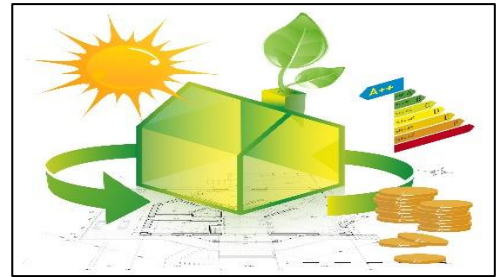


Figure I-1 : conception bioclimatique
(Source : www.futura-sciences.com)

2.2 Le développement durable :

Le développement durable est la notion qui définit le besoin de transition et de changement dont a besoin notre planète et ses habitants pour vivre dans un monde plus équitable, en bonne santé et en respectant l'environnement.

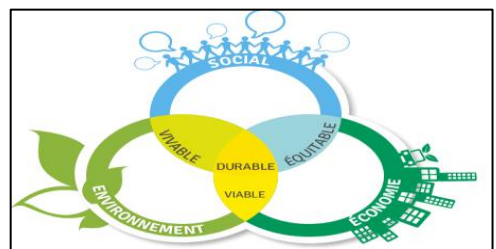


Figure I-2 : développement durable
(Source : [Google image](https://www.google.com))

2.3 Le confort thermique :

La notion de confort thermique est le plus souvent appliquée à l'être humain, bien qu'elle puisse s'appliquer à tout être vivant. En effet, la vie - et spécialement l'activité métabolique assurant les fonctions vitales - n'est possible que dans une certaine plage de température, qui varie d'une espèce à l'autre. Il existe cependant des conditions d'ambiance optimales qui seront ressenties par l'individu comme celle d'un état de confort thermique.²

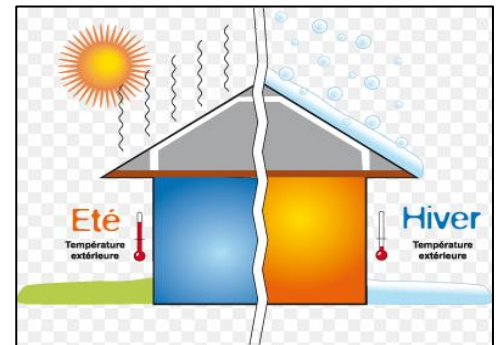


Figure I-3: confort été/hiver (Source : [Google image](https://www.google.com))

2.4 L'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée. Elle s'applique à un équipement énergétique particulier, par exemple une chaudière ou une pompe à chaleur. Elle relève des qualités intrinsèques de cet équipement.

² Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva - La conception bioclimatique des maisons confortables et économes. Paris, 2006

L'efficacité énergétique est exprimée par le COP (Coefficient de Performance) quand il s'agit de production de chaleur) et par l'EER (coefficient d'efficacité énergétique) pour les appareils produisant du froid.

L'efficacité énergétique passive se rapporte à l'isolation, la ventilation et aux équipements de chauffage.

L'efficacité énergétique active touche à la régulation, la gestion de l'énergie, la domotique et la Gestion Technique du Bâtiment (GTB) (Source : www.performance-energetique.lebatiment.fr)



Figure 1-4 : certificat énergétique (Source : www.performance-energetique.lebatiment.fr)

2.5 Architecture écologique :

L'architecture écologique s'évertue donc à la mise en œuvre de technologies propres, la minimisation de l'impact sur l'environnement, la réduction de la consommation d'énergie, l'amélioration de la gestion des bâtiments et de la santé des utilisateurs.³

La maison écologique est conçue pour éviter toute déperdition thermique et profiter au maximum des apports thermiques du soleil. Sa conception est nommée l'architecture bioclimatique et sa réalisation une construction écologique.⁴

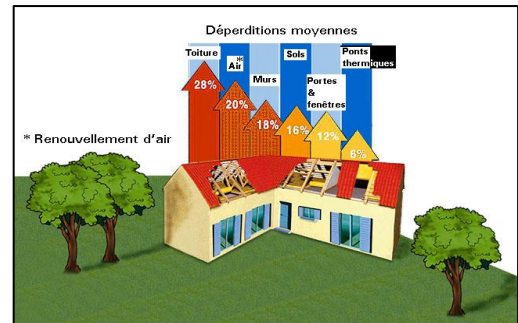


Figure 1-5 : déperditions moyennes d'une maison (source : www.architecte-batiments.fr)

2.6 Bâtiment passif :

Il existe en fait deux définitions pour un bâtiment passif :

Un bâtiment passif est un bâtiment chauffé passivement, c'est-à-dire qu'il ne comprend pas de système de chauffage actif comme par exemple un chauffage central. Le soleil, l'isolation, les gains intérieurs... suffisent même en hiver pour maintenir le bâtiment à une température agréable.

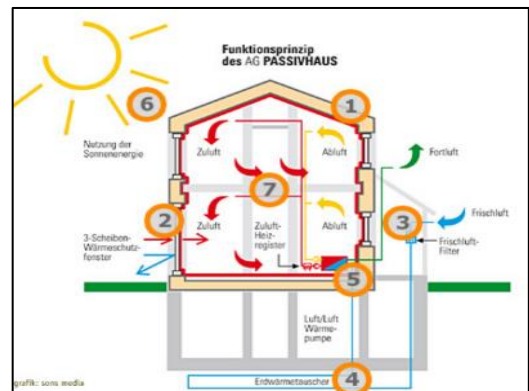


Figure 1-6 : passif house (source : www.architecte-batiments.fr)

³www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/

⁴M.A. Boukli Hacène*, N.E. Chabane Sari et B. Benyoucef - Revue des Energies Renouvelables. La construction écologique en Algérie. Alger, 2011.

Un bâtiment passif se chauffe avec moins de 15 kWh par an et par m² (sans l'eau chaude, l'électricité...)⁵

2.7 Bâtiments à énergies positif :

Un bâtiment à énergie positive (BEPOS) est un bâtiment dont le bilan énergétique global est positif, c'est-à-dire qu'il produit plus d'énergie (thermique ou électrique) qu'il n'en consomme.

Cette différence de consommation est généralement calculée sur une période d'un an. Le calcul se fait sans tenir compte de l'énergie grise, énergie nécessaire pour réaliser le bâtiment et ses constituants.

Pour évoluer vers le niveau de performance requis, un bâtiment existant doit déjà être peu consommateur d'énergie (exemple : un bâtiment passif). (<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/batiment-a-energie-positive>)

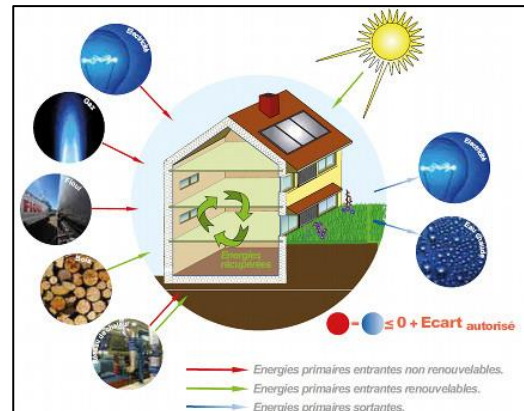


Figure I-7 : production d'énergie (source : www.connaissancedesenergies.org)

2.8 Bâtiment à basse consommation :

le bâtiment basse consommation (BBC) est défini par l'arrête du 8 mai 2007 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique ».

Les bâtiments à usage autre que d'habitation sont considérés BBC lorsque la consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage (calculée selon les règles THC-E) est inférieure, ou égale à 50% de la consommation conventionnelle de référence, définie à l'article 9 de l'arrêté du 24 mai 2006 (RT 2005)⁶

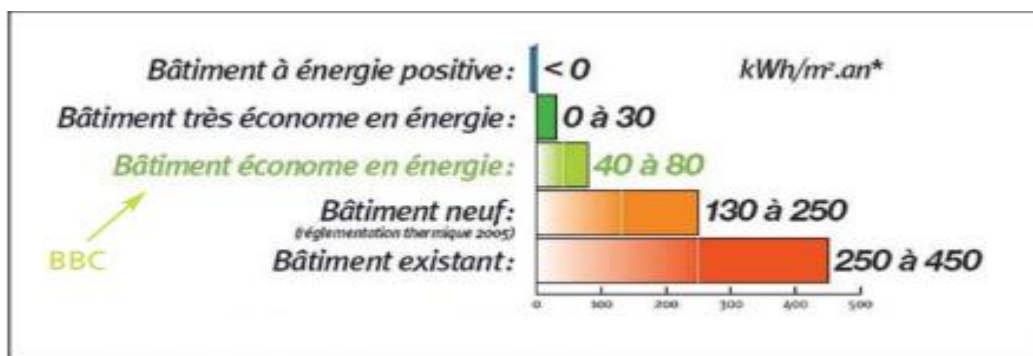


Figure I-8: évolution des consommations (source : [Guide AITF/EDF Bâtiment Basse Consommation](#))

⁵ Andreas Delleske - Habitant dans "Wohnen & Arbeiten" "Habitat et Travail". Freiburg, 2006.

⁶ Philippe Tessier et Michel Irigoien – Guide AITF/EDF Bâtiment Basse Consommation. Paris, 2007

3 Dispositifs architecturaux et Stratégies bioclimatiques :

3.1 L'orientation :

3.1.1 Définition :

L'orientation d'un bâtiment est la direction vers laquelle sont tournées ses façades. C'est à-dire la direction perpendiculaire à l'axe des blocs.⁷

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

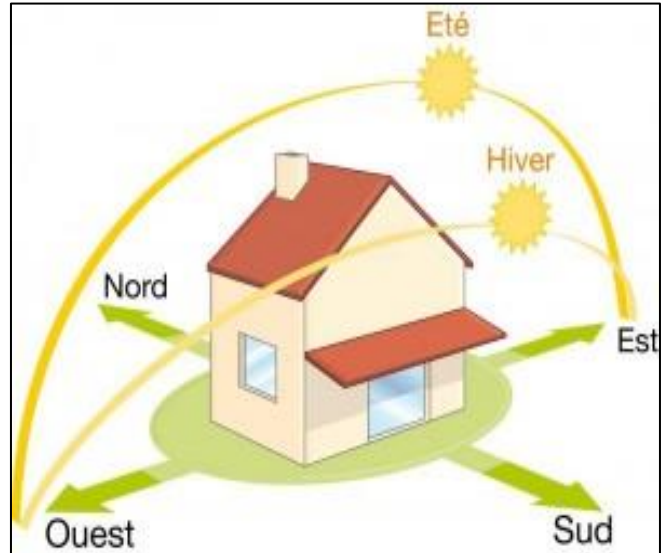


Figure I-9: les différentes orientations (source : [Google image](#))

L'orientation est la disposition d'un bâtiment ou d'un aménagement urbain par rapport aux éléments d'un site ou au point cardinal (BRUNET et AL, 1992 p.163).

L'orientation d'un logement est désignée par celle de sa face principale, c'est-à-dire en générale celle qui comporte la plus grande surface de vitrage.⁸

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

- La vue
- La position par rapport aux voies
- La topographie du site
- La position des sources des nuisances et la nature du climat (facteurs climatiques)
- Les radiations solaires et le vent.⁹

⁷ - GIVONI.B – L'homme, L'architecture Et Le Climat- édition le moniteur. Paris, 1978. page229.

⁸ - GUIDE POUR LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR « conception thermique de l'habitat »EDISUD. France, 1988.page.39

⁹ Khaldoune Assam et Lefouili Mohamed Imad Eddine, 2016, *Impact de l'orientation Sur le confort thermique dans l'habitat individuelle -Cas de Jijel-*, Université Larbi Tébessi – Tébessa, pp.29.

3.1.2 Référence :

L'auteur	Le titre	L'objectif
Mme Bellara (Née Louafi) Samira 2009	Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. (Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine).	-La bonne implantation des bâtiments qui prend en compte les apports énergétiques.
-Belkacem Berghout, -Daniel Forgues -Danielle Monfet 2014	Simulation du confort thermique intérieur pour l'orientation d'un bâtiment collectif à Biskra, Algérie École de technologie supérieure, Montréal, Québec	-Déterminer les facteurs influençant et leur impact sur la consommation énergétique des bâtiments collectifs pour un climat chaud et aride.

Tableau I-1: références des recommandations

3.1.3 Synthèse :

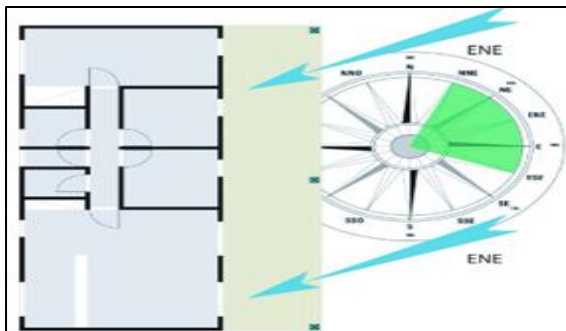
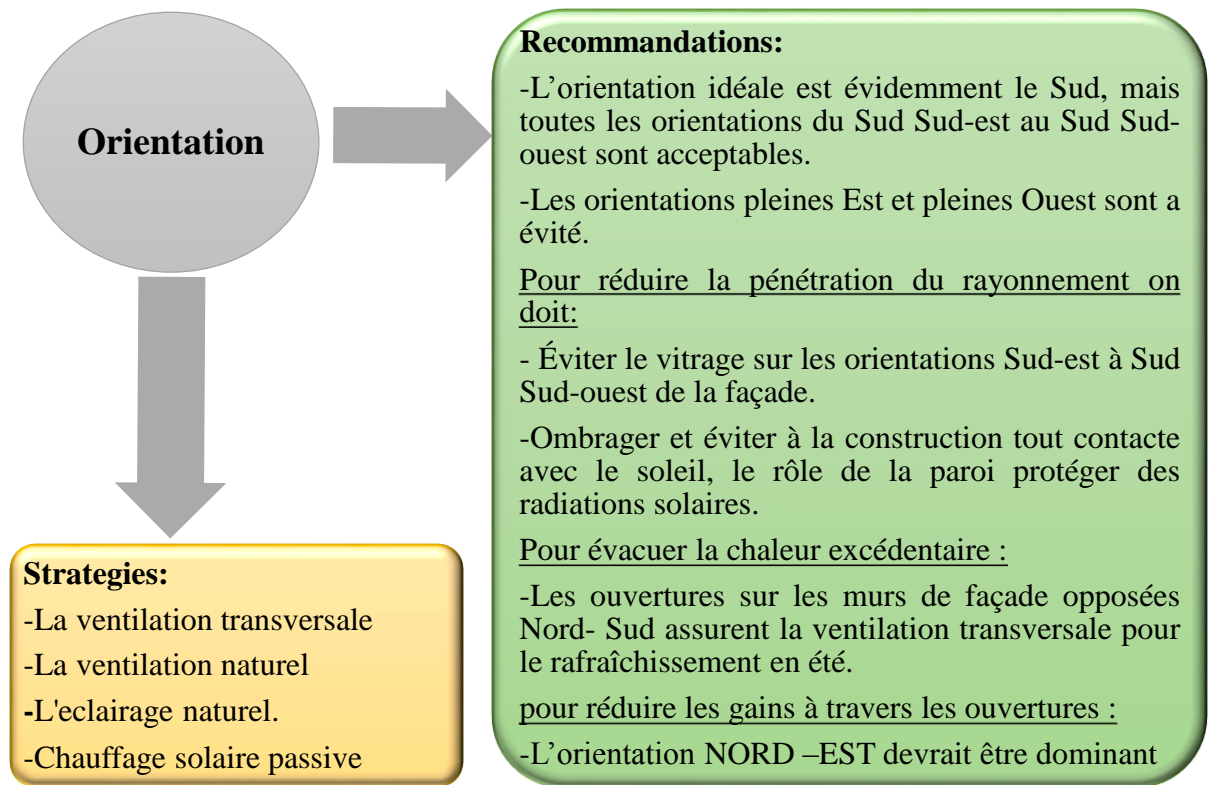


Figure I-10 : Rafrâichissement et ventilation naturelle (source : L'architecture Et Le Climat)

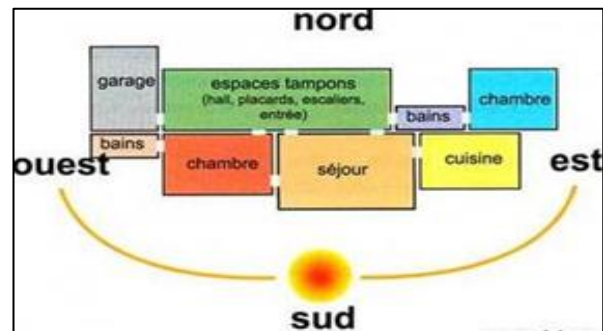


Figure I-10 : Ensoleillement (source : Google image)

3.2 Les matériaux

3.2.1 Définition :

Les matériaux de construction sont des matériaux utilisés dans les secteurs de la construction : bâtiments 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'aluminium, les matières plastiques (isolants notamment) et les matériaux issus de la transformation de produits de carrières, qui peuvent être plus ou moins élaborés. On trouve ainsi les dérivés de l'argile, les briques, les tuiles, les carrelages, les éléments sanitaires.¹⁰



Figure I-11 : matériaux de construction

3.2.2 Les propriétés thermo physiques des matériaux :

- Conductivité Thermique :** est la quantité de chaleur transférée en une unité de temps au travers d'un matériau d'une unité de surface et d'une unité d'épaisseur, elle s'exprime par $(W/m \cdot K)$ ¹¹.
- La résistance thermique :** La résistance thermique (R), mesure la résistance qu'une épaisseur de matériau opposé au passage de la chaleur. Elle constitue en fait son pouvoir isolant qui est d'autant plus fort que le R est élevé, exprimée en $(K \cdot m^2 \cdot W^{-1})$.
- Diffusivité thermique D (m^2/s) :** La diffusivité thermique mesure la vitesse d'un matériau à réagir à un changement de température. Elle est le rapport entre la conductivité thermique et la capacité calorifique massique.¹²
- La capacité calorifique :** La capacité calorifique est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de $1^\circ C$ la température d'un système.

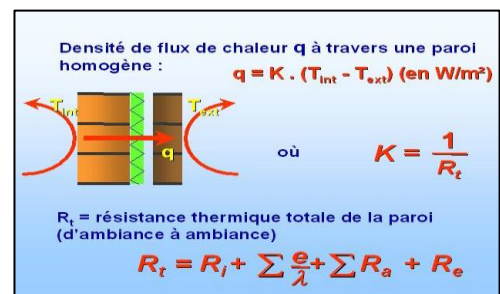


Figure I-12: transfert de chaleur dans une paroi (source : [Google image](#))

¹⁰ Sang PHAM TU QUOC, 2014, *Caractérisation des propriétés d'un matériau par radiométrie photo thermique modulée*, UNIVERSITÉ PARIS-SUD – PARIS, pp.16

¹¹ M. Benhouhou Med Naim, 2012, *L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides Cas d'étude : La ville de Djelfa*, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme - EPAU- Alger, pp.129

¹² Sang PHAM TU QUOC, 2014, *Caractérisation des propriétés d'un matériau par radiométrie photo thermique modulée*, UNIVERSITÉ PARIS-SUD – PARIS, pp.18

3.2.3 Référence :

L'auteur	Le titre	L'objectif
-A. Kemajou -L. Mba 2011	Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude Application au cas des régions climatiques camerounaises	-L'obtention du confort thermique dans l'habitat par une utilisation judicieuse des matériaux de construction.
-M. Benhouhou Med Naim. 2011	L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides Cas d'étude : La ville de DJELFA.	-Prouver la performance des techniques passives d'architecture bioclimatique sur le plan du confort thermique et sur le plan environnemental.
-Boukli Hacène et AL 2010	L'impact environnemental d'une habitation écologique	-Effectuer une comparaison entre 2 maisons en Tlemcen, constituée avec des matériaux une fois classique et d'autre fois écologique.

Tableau I-2: références des recommandations

3.2.4 Synthèse

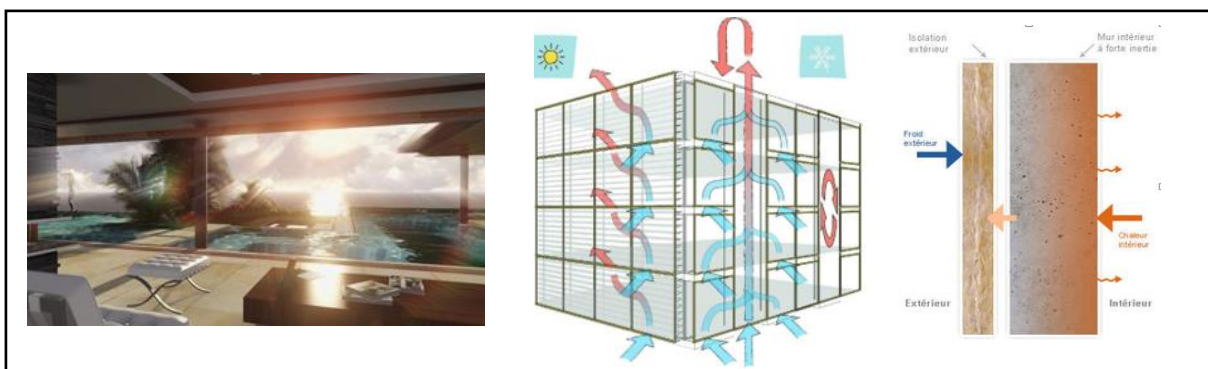
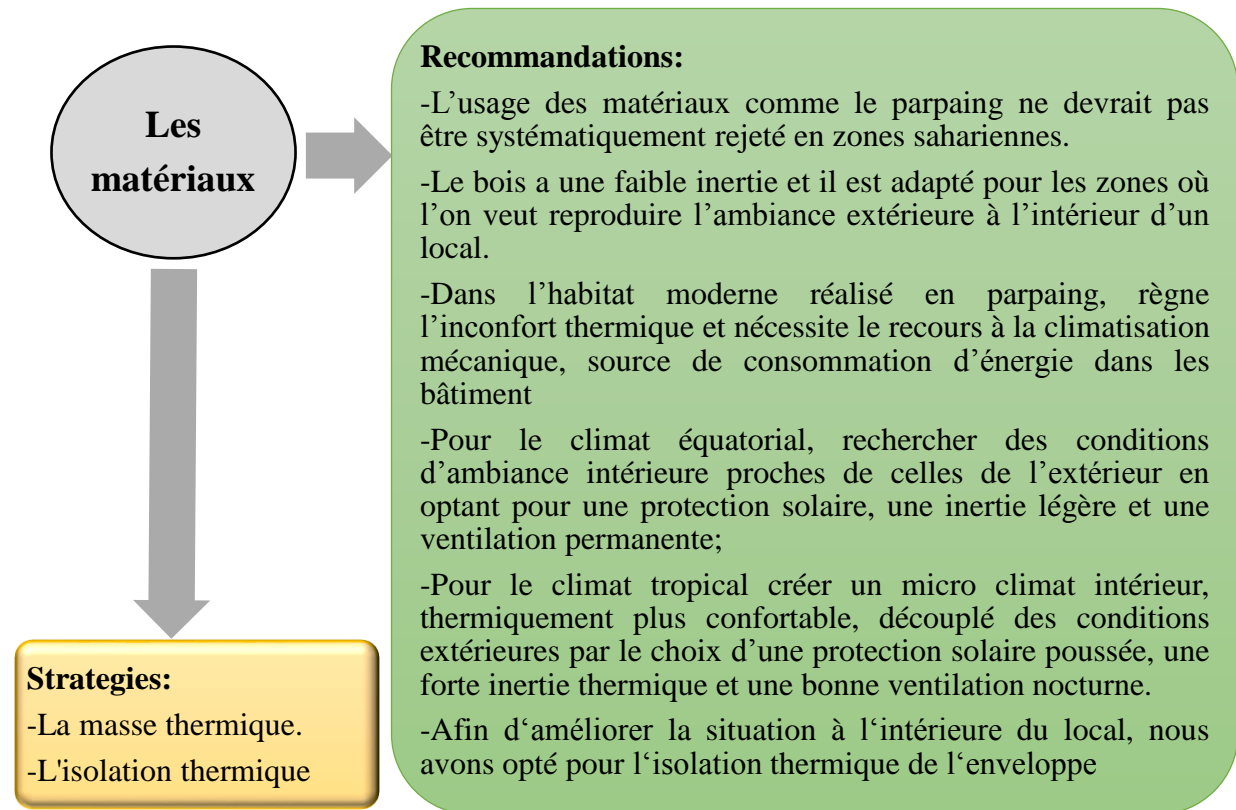


Figure I-13 : les stratégies des matériaux de construction (source : *L'impact environnemental d'une habitation écologique*)

3.3 La végétation :

La végétation peut affecter le microclimat de nombreuses façons, en réduisant notamment la température de l'air comparativement à des surfaces non végétalisées, tout en procurant de l'ombrage.¹³

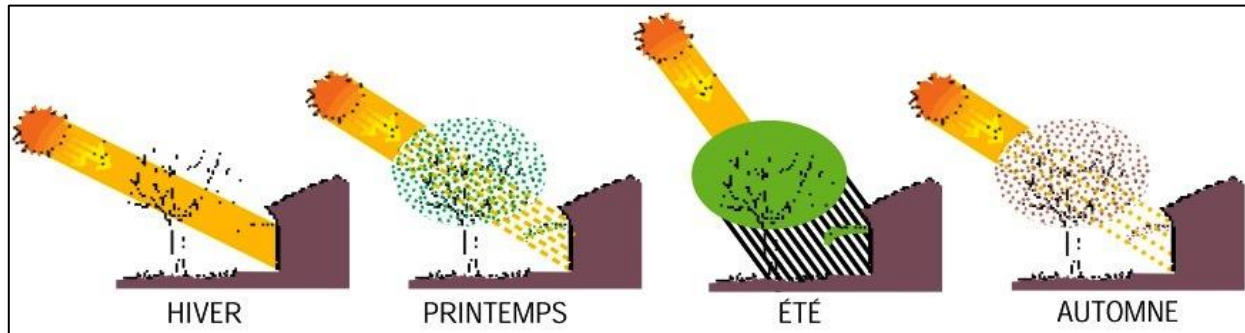


Figure I-14 : l'effet de la végétation pendant les différentes saisons (source : *impact de la végétation grimpante sur le Confort hygrothermique estival du bâtiment*)

3.3.1 Les toitures végétales :

Le principe de la toiture végétale (aussi : toit vert ou toit végétalisé) consiste à recouvrir de substrat, un toit plat ou à faible pente (jusqu' à 35° et rarement plus, au de là on parlera de mur végétalisé).

«Le toit jardin et n »importe quel espace planté, prévu pour fournir le repos et le plaisir a l'homme ou l'agrément environnemental. Celui-ci séparé du sol par un bâtiment ou tout autre structure ». ¹⁴

3.3.2 Les procédés de végétations des toits :

La végétalisation des toits représente l'action crée des surfaces végétales sur les toits des bâtiments ou une autre structure.

Il existe trois procédés de végétalisation des toits : la végétalisation intensive, la végétalisation extensive et la végétalisation semi-intensive. Le procédé de végétalisation est choisi par le propriétaire selon l'aspect final désiré et la possibilité de fréquentation de l'espace aménagé surtout, cela dépend de plusieurs

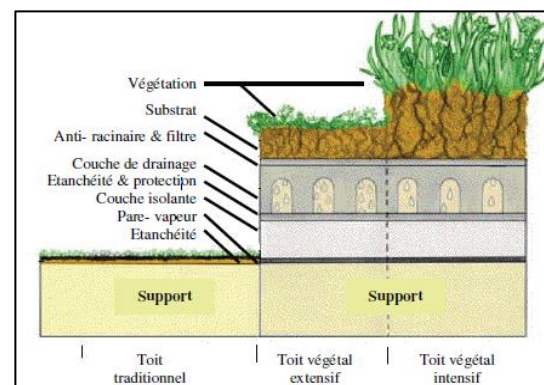


Figure I-15 : types de toits végétaux (source : www.toiture-bio.com)

¹³ Samira LOUAFI BELLARA et Saliha ABDOU, 2011, *Effet de l'ombrage sur le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs : cas de l'esplanade de l'Université Mentouri de Constantine, Est de l'Algérie*, Université Mentour - Constantine, pp.36.

¹⁴ Theodore Osmundson in Beau Henderson, «Humain-Driven Extensive Green roof Design», master of Landscape Architecture, Virginia Polytechnic institute & State University, Juin 12, 2003. P.16.

paramètres et contraintes et techniques puisque chaque procédé de végétalisation possède des avantages et des inconvénients qui le caractérisent.

3.3.3 La végétation grimpante :

Les plantes grimpantes constituent tous les végétaux capables de s'élever verticalement en s'appuyant, en s'accrochant ou en s'enroulant sur ou autour d'un support. Elles peuvent pousser le long des murs, des clôtures et autres structures ou, dans certains cas, sur d'autres plantes.



Figure I-16: Mur végétal du musée Quai Branly réalisé par Patrick Blanc (Source : www.murvegetalpatrickblanc.com)

3.3.4 Effets de la végétation :

- a- **Effet d'oxygénation :** Grâce à la fonction chlorophyllienne, le gaz produit par les activités urbaines est en partie absorbé et l'oxygène en est rejeté.
- b- **Effet d'ombre :** la végétation provoque des effets de refroidissement dans les sites urbains par l'ombrage des arbres d'alignement. Pendant le jour, l'ombre d'arbre réduit le gain de chaleur dans les bâtiments. La nuit, les arbres bloquent l'écoulement de la chaleur du bâtiment au ciel et aux environnements plus frais.¹⁵
- c- **Effet de brise vent :** Pendant la saison hivernale, suivant la taille et la densité de feuillage, les arbres peuvent être utilisés comme coupe-vent réduisant ainsi la perte de chaleur des bâtiments.¹⁶
- d- **Effet de Séquestration des polluants:** La forte utilisation de la climatisation génère un grand risque d'atténuer les chlorofluorocarbones additionnels dans l'atmosphère ; des composés chimiques qui sont responsables de la réduction de l'ozone stratosphérique nécessaire pour nous protéger contre des quantités nocives de rayonnement ultraviolet.¹⁷
- e- **Effet d'évapotranspiration :** Les plantes libèrent l'eau par les stomates de leurs feuilles et la perte évaporatoire de cette eau s'appelle la transpiration qui consomme 40% de l'énergie solaire captée par la plante.¹⁸

¹⁵ HOFFMAN, M.E et SHASHUA, L « *Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees* » PLEA Cambridge, UK. 2000.

¹⁶ GUINAUDEAU.C « *Planter aujourd'hui, bâtir demain le pré verdissement* » Institut pour le développement Forestier, Paris 1987. p58.

¹⁷ ROBINSON.M.L. et EDDINGTON.C « *Shade Factors in Southern Nevada Using Trees and Shrubs for Shading Outdoor Spaces* » University of Nevada, 1996.

¹⁸ BERNATZKY.A: « *The contribution of trees and green spaces to a town climate* » Energy and Buildings, vol 25 (1982), pp. 139 – 148.

3.3.5 Reference :

L'auteur	Le titre	L'objectif
-Nassirou TAHIROU 2011	Bâtiment Bioclimatique : Etude De L'Impact Thermique D'une Toiture Verte Et Réduction Des Ponts Thermiques	-Etudier l'impact d'une toiture verte sur le confort thermique dans le bâtiment, les techniques de mise en œuvre en climat tropical sec, en se servant des matériaux locaux.
-Mme. ABDERREZAK Adjial 2010	Evaluation De L'efficacité De Rafrachissement Passif D'une Toiture Végétale Sous Un Climat Semi-Aride cas d'une terrasse à végétation extensive à Constantine	-Vérifier la capacité de rafraichissement intérieur d'une toiture à végétation extensive sous un climat semi-aride.
-BOUCHAHM Yasmina et AL 2006	Impact De La Végétation Grimpante Sur Le Confort Hygrothermique Estival Du Bâtiment Cas du climat semi-aride	-Evaluer l'impact de la végétation grimpante à feuillage caduc sur le confort hygrothermique estival des bâtiments sous le climat de Constantine et, par conséquent, sur le confort des individus.

Tableau I-3 : références des recommandations

3.3.6 Synthèse :

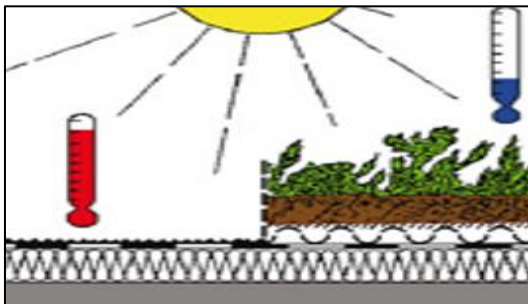
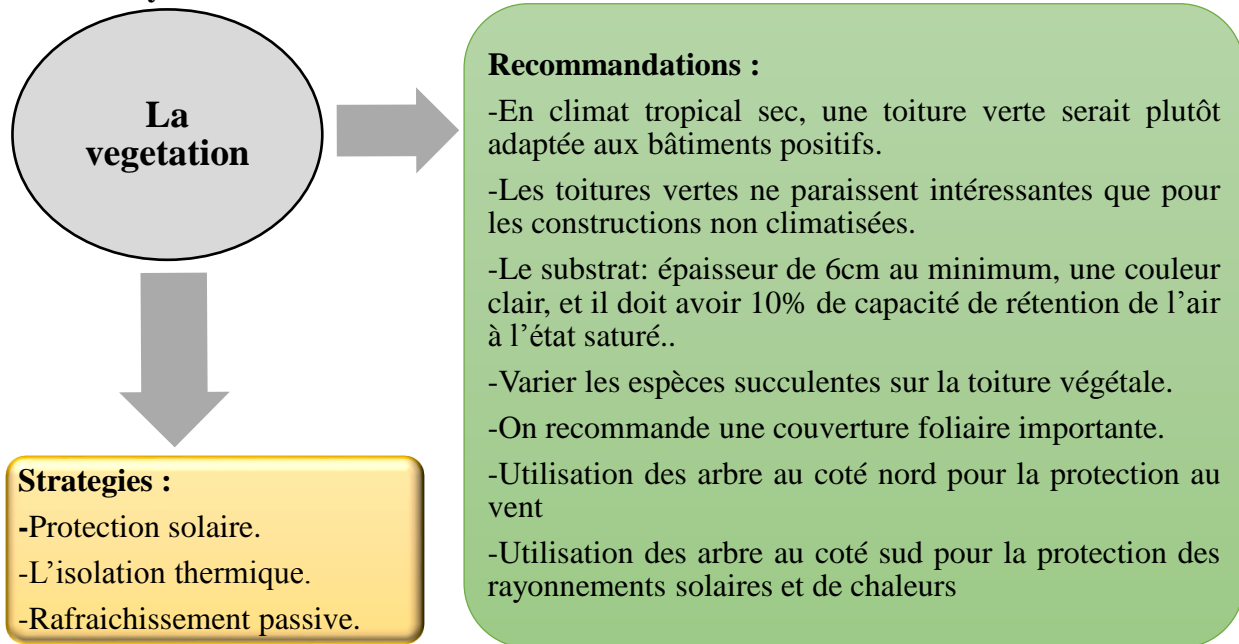


Figure I-18 : rafraichissement passif

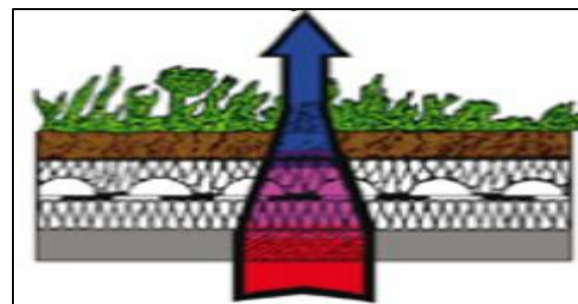


Figure I-17 : l'isolation thermique

Source : BATIMENT BIOCLIMATIQUE : Etude De L'Impact Thermique D'une Toiture Verte Et Réduction Des Ponts Thermiques

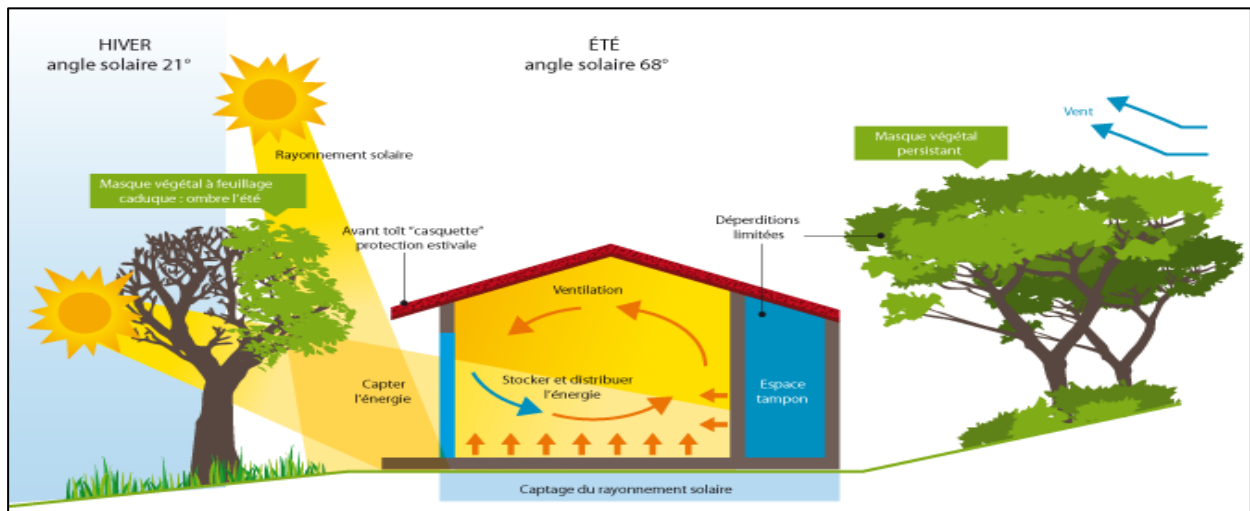


Figure I-18: protection solaire (source : Google image)

3.4 L'atrium :

3.4.1 Définition :

Un atrium est une cour communiquant avec des pièces à l'intérieur d'un bâtiment. Les atriums dans l'architecture contemporaine sont généralement couverts, créant un microclimat non chauffé. L'atrium de l'habitation romaine, généralement entourée d'un portique couvert, avait un bassin central ou citerne pour collecter l'eau de pluie.¹⁹



Figure I-19 : Atrium (source : L'impact de l'atrium sur le confort thermique)

3.4.2 Les typologies existantes :

Les typologies de l'atrium se définissent selon la forme, les dimensions et la disposition :

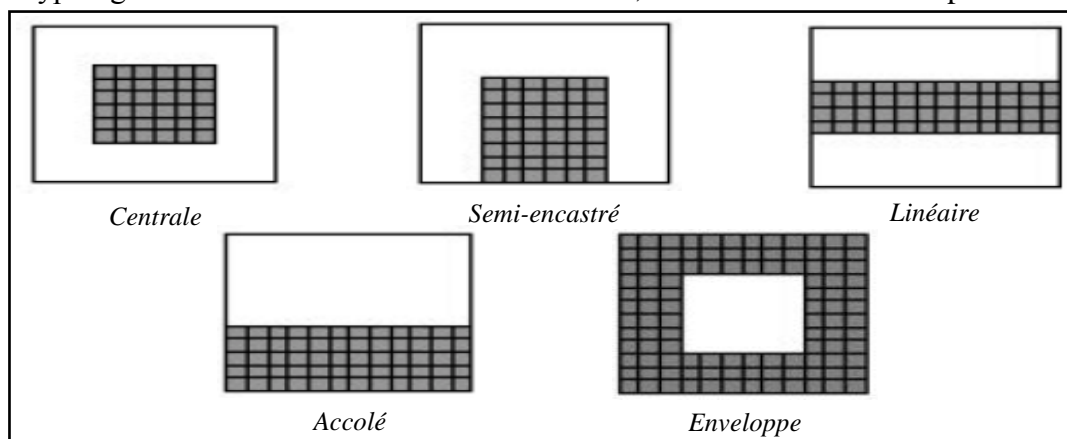


Figure 20 : les différentes typologies de l'atrium (source : L'impact de l'atrium sur le confort thermique)

¹⁹ RAHAL Samira, 2011, *L'impact De L'atrium Sur Le Confort Thermique Dans Les Bâtiments Publics (Cas de la Maison de culture à Jijel)*, UNIVERSITE MENTOURI – CONSTANTINE, pp.20

3.4.3 Rôle hiver/été :

En hiver, l'air dans l'atrium est plus élevé qu'à l'extérieur, avec une prise d'air dans l'atrium, un préchauffage de l'air est réalisé pour ensuite être diffusé dans les espaces adjacents l'air du bâtiment est ainsi recyclé.

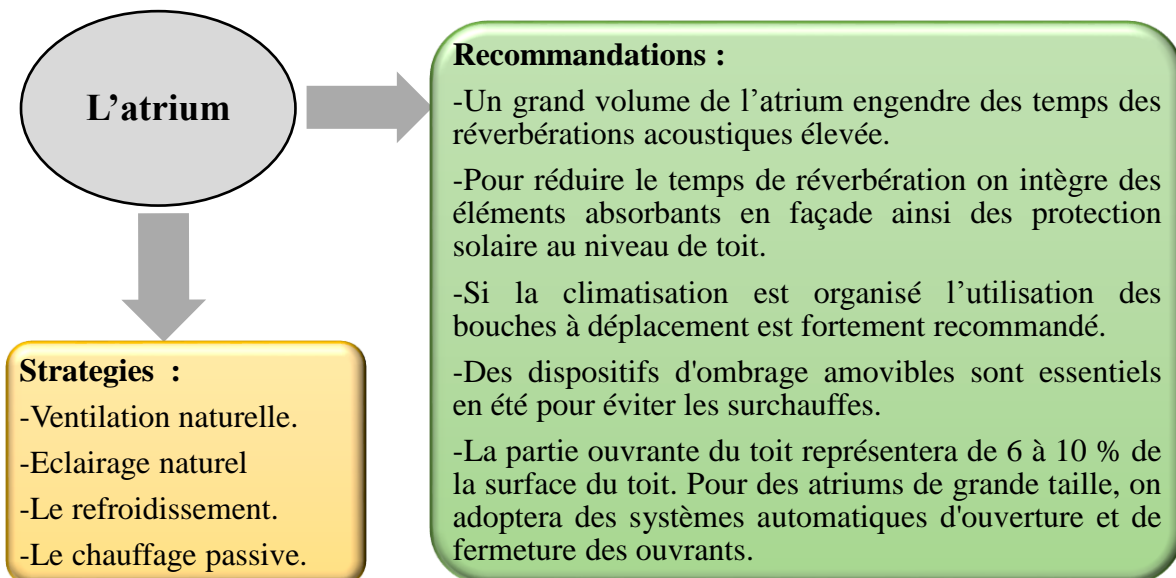
En été, grâce au mouvement de l'air traversant de l'extérieur vers l'atrium et de l'effet de cheminée, l'atrium est refroidi. La ventilation est possible si des ouvertures sont créées au niveau du sol et de la toiture.²⁰

3.4.4 Reference :

L'auteur	Titre	L'objectif
-Melle RAHAL Samira	L'impact De L'atrium Sur Le Confort Thermique Dans Les Batiments Publics	Porter une solution pour de nouveaux projets, et définir les paramètres de base pour une conception optimale des espaces atrium dans la région étudiée.
Site internet : « http://www.energieplus.fr »	la conception d'un atrium	déterminer l'impact de l'atrium sur le comportement thermique de bâtiment et pour déterminer le choix de l'atrium sur la ventilation, l'éclairage, chauffage
-Soleone PLASSART 2015	L'atrium central dans les bâtiments tertiaires contemporains L'intériorité par l'atrium, usagers et ambiances au cœur des bureaux	Répondre à : -Quel sont les effets produit par ce dispositif intériorisant particulier, l'atrium, sur les usagers internes ?

Tableau I-3 : références des recommandations

3.4.5 Synthèse :



²⁰ Soleone PLASSART, 2015, *L'atrium central dans les bâtiments tertiaires contemporains*, Nantes, pp.27

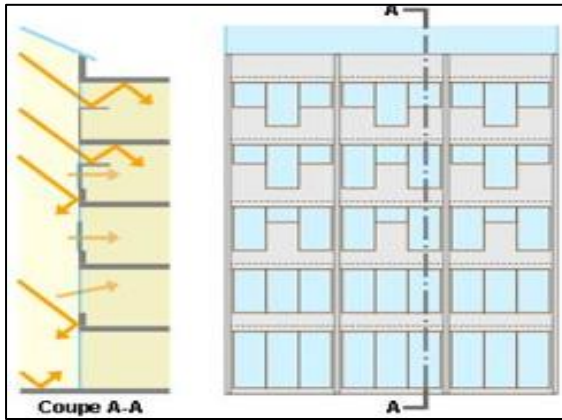


Figure I-24: l'éclairage naturel

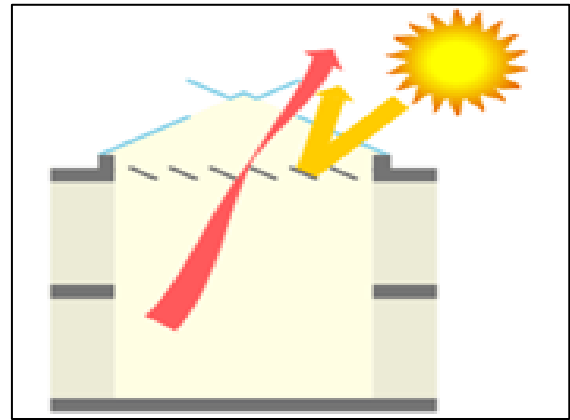


Figure I-23: le refroidissement

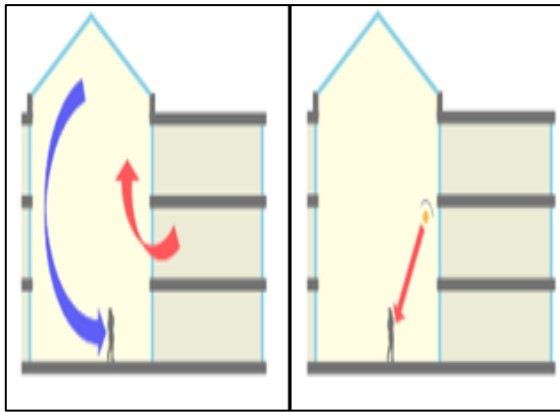


Figure I-22: Chauffage passif

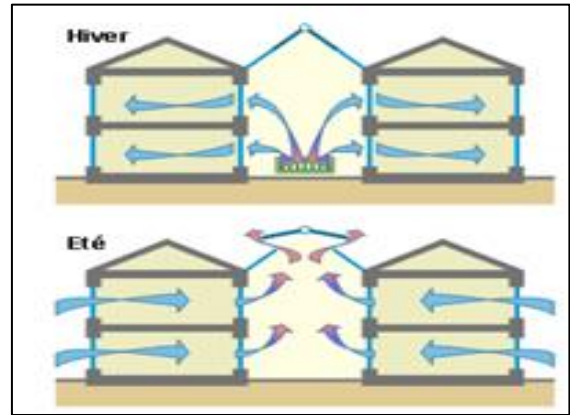


Figure I-21: la ventilation naturelle

(Source : thèse : L'atrium central dans les bâtiments tertiaires contemporains)

3.5 Loggia :

3.5.1 Définition :

La loggia, dispositif d'augmentation de qualité spatiale pour vivre à l'extérieur au fil des saisons, offre également de grandes possibilités d'expression architecturale. Elle devient un prolongement temporaire de l'espace de vie au printemps et fonctionne comme un jardin en hiver et un balcon largement ventilé en été. Elle constitue un espace de rafraîchissement d'air provenant de l'extérieur, mais rafraîchi par le passage dans cet espace (couvert, ouvert et protégé des rayonnements solaires) ; la loggia a une profondeur étudiée et ce, pour rafraîchir l'air neuf des bâtiments en été. Ceci permet de diminuer la température des bâtiments et améliorer le confort des occupants.

Figure I-25: la loggia vitrée source ([Google image](#))

3.5.2 Rôle de la loggia hiver/été :

Une loggia bien conçue participe activement au confort d'hiver et d'été et réduit les consommations d'énergie liées au chauffage et climatisations. Elle joue comme rôle de bien limiter les gains solaires directs entrant dans le bâtiment en protégeant les parois opaques comme les parois transparentes. De ce fait, il est d'une importance primordiale de concevoir prudemment cet espace, et de penser à la gestion des apports solaires dès la phase de conception. Le choix de l'orientation, le rapport surface-plein- vide, la taille et l'emplacement des ouvertures sur le mur de liaison et le rôle de l'occupant, sont des paramètres à étudier avec soin.²¹

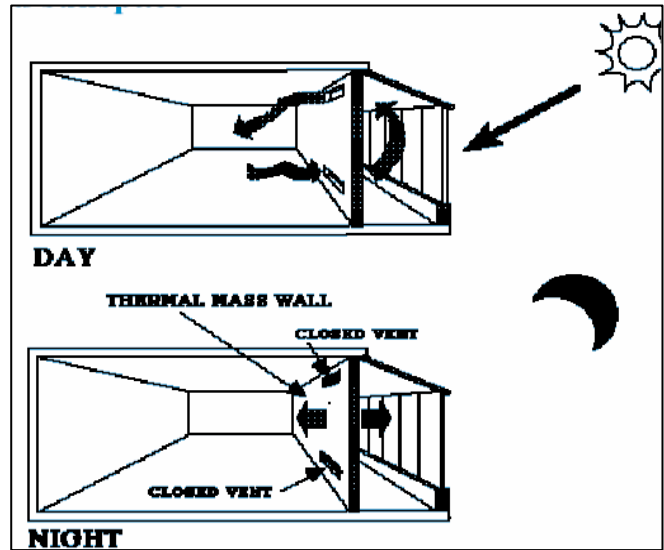


Figure I-26 : fonctions de la véranda, selon l'alternance jour et nuit (source : *Effet De L'implantation D'un Bâtiment Collectif Sur Le Confort Hygrothermique Intérieur*)

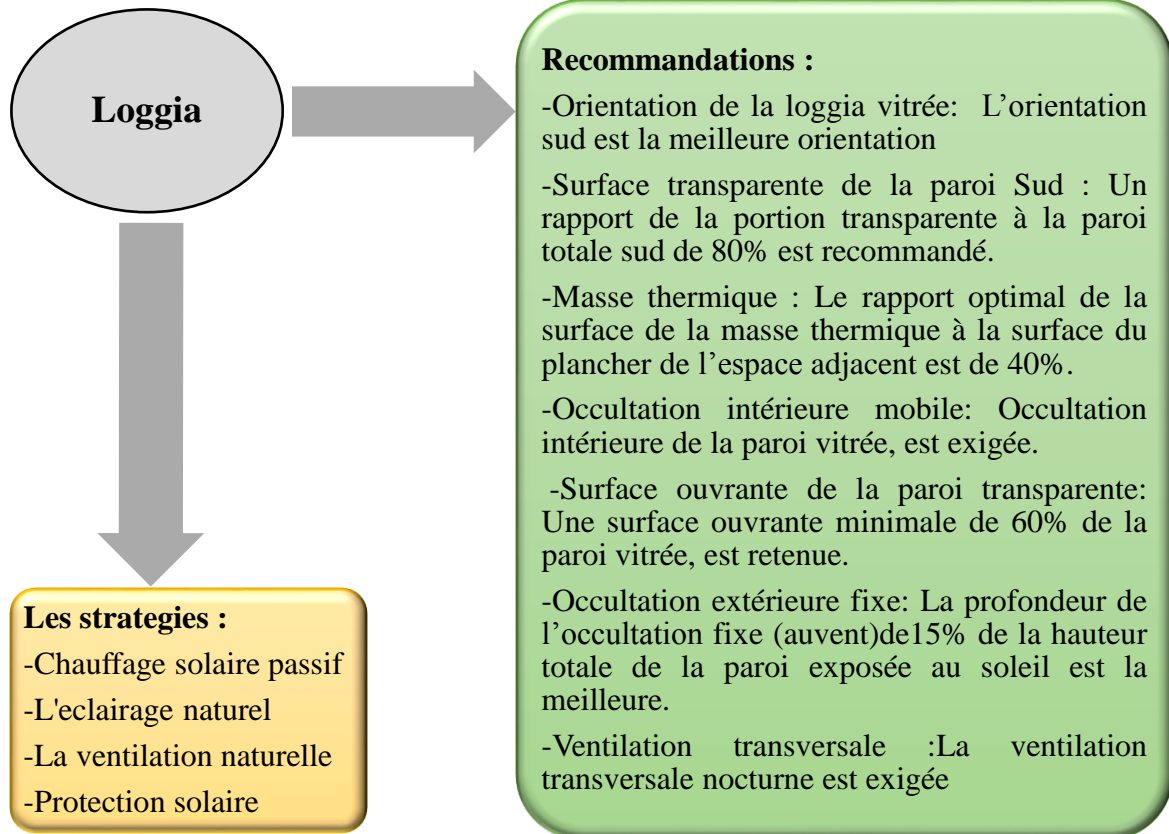
3.5.3 Références :

L'auteur	Titre	L'objectif
Melle BADECHE MOUNIRA 2008	Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique Dans la région de Constantine	-Trouver pour la loggia vitrée les caractéristiques thermiques les plus adéquates dans le but d'une amélioration des conditions de confort des locaux adjacents.
SNFA	Article : Règles Professionnelles Vérandas et la loggia	-Démontré l'impacte de véranda et loggia sure le confort thermique de maison individuel
Belkacem BERGHOUT 2012	Effet De L'implantation D'un Bâtiment Collectif Sur Le Confort Hygrothermique Interieur Cas De Biskra, Algérie	-L'idée fondamentale, donc, dans cette recherche qui est menée sur les comportements individuels et collectifs en lien avec la consommation énergétique, est de retrouver la relation entre ces trois grands domaines (l'espace, les ressources et les conditions de vie) qui relèvent de l'environnement et l'homme habitant l'espace.

Tableau I-4 : références des recommandations

²¹ Belkacem BERGHOUT, 2012, *Effet De L'implantation D'un Bâtiment Collectif Sur Le Confort Hygrothermique Intérieur Cas De Biskra*, Algérie, École De Technologie Supérieure Université Du Québec, Québec, pp.111.

3.5.4 Synthèse :



3.6 Le patio :

3.6.1 Définition :

Le patio est en général bordé d'une galerie qui fournit une circulation dans l'édifice, et le terme patio désigne également celle-ci. Plus largement, un patio est un espace extérieur d'agrément, réservé aux repas ou à la détente. Il a fréquemment un bassin en son centre dont l'évaporation participe à la climatisation naturelle de la cour. Son sol est le plus souvent dallé, mais il peut être aussi en bois, en pierre, en béton, en ciment, etc...²²



Figure I-27 : Patio du Palais Livadia en Crimée

²² -Melle BOULFANI WARDA, 2010, *Les Ambiances Thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio*, Université Mohamed Khider De Biskra, pp.28.

3.6.2 Le rôle du patio hiver/été :

Les espaces intermédiaires du patio qui bordent le patio permettent une protection temporaire contre le soleil, ainsi que celle de la pluie au niveau du rez-de-chaussée et de l'étage. La présence de l'eau constitue à son tour un aspect important, que ce soit : fontaine, bassin d'eau, cascade, jets d'eau permettant le rafraichissement de la température ambiante par humidification. Comme autre régulateur de la température, il fait parfois appel à la végétation, qui recouvre le patio par son feuillage durant la saison chaude, et l'ensoleillement durant l'hiver peut atteindre l'intérieur des chambres.²³

3.6.3 Caractéristiques du patio :

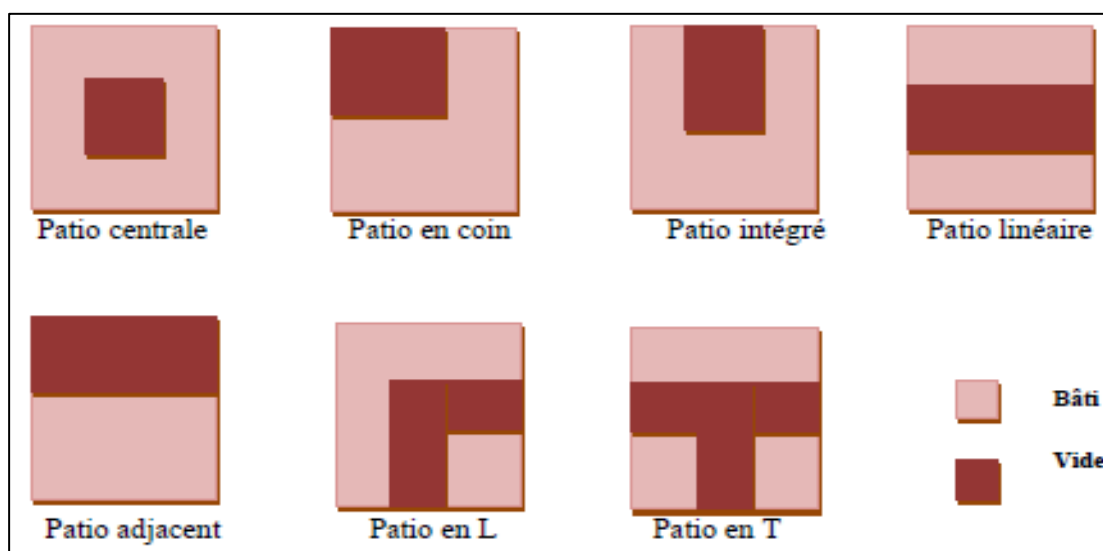


Figure I-28 : les différentes positions du patio par rapport à la masse (Source : Auteur)

3.6.4 Référence :

L'auteur	Titre	Objectif
-Bencherif et AL 2013	La maison urbaine à patio réponse architecturale aux contraintes climatiques du milieu aride chaud.	-cerner ses avantages pour contrôler l'environnement domestique, et chercher le confort thermique,
-Melle BOULFANI WARDA 2010	Les Ambiances Thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio.	d'apprécier l'impact du patio sur la température de l'espace intérieur et de vérifier son efficacité comme régulateur thermique en fonction de sa diversité formelle.
-N. Fezzioui et AL 2010	Performance énergétique d'une maison à patio dans le contexte maghrébin (l'Algérie, Maroc, Tunisie et Libye).	-Ressortir les points forts et faibles de maison à patio et d'évaluer le degré d'adaptation climatique au contexte maghrébin et de les comparer avec une maison type moderne

Tableau I-5 : références des recommandations

²³ Rapport. Amos, pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris 1972, p : 27

3.6.5 Synthèse :

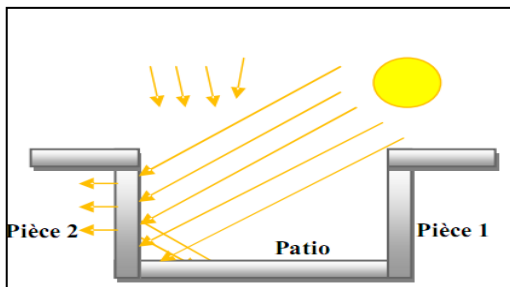
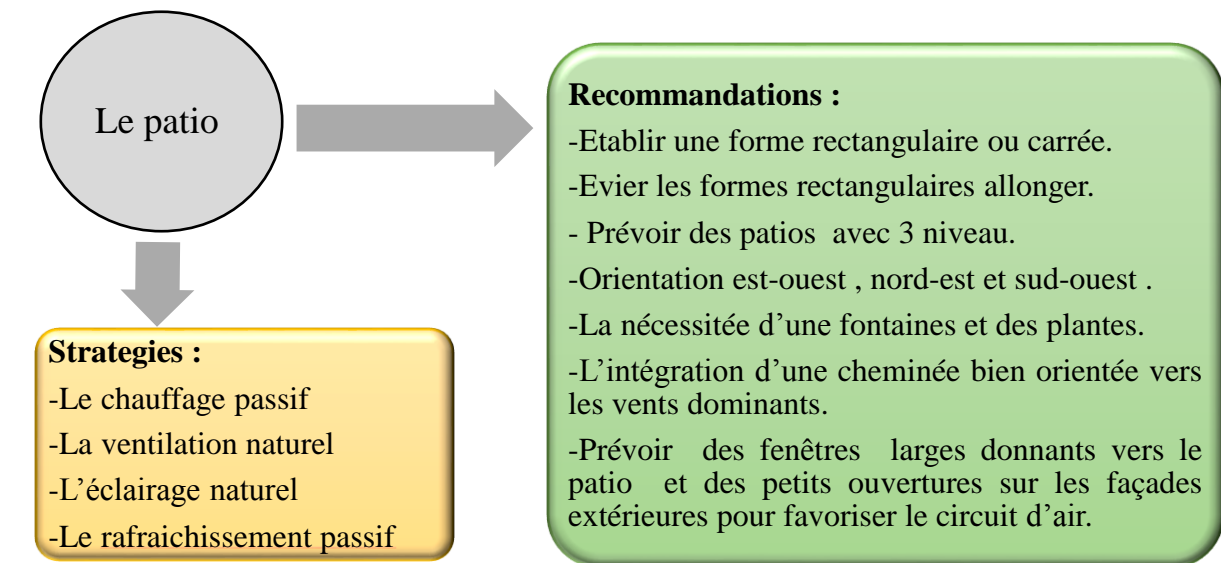


Figure I-30: l'éclairage naturel

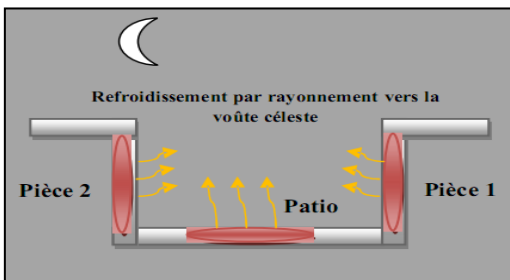


Figure I-29: le rafraichissement passif

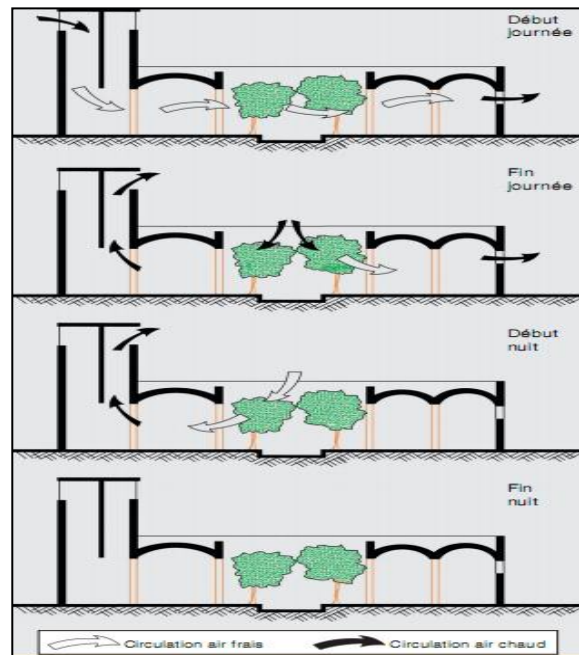


Figure I-31 : la ventilation naturelle

Source : thèse : *Les Ambiances Thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio.*

3.7 La forme :

3.7.1 Définition :

On constate une évolution constante de la forme des bâtiments quand on se déplace des climats froids vers les climats chauds et arides. Des études sur des formes carrées, oblongues de divers types et sur l'orientation des bâtiments dans la plupart des régions climatiques montrent qu'il existe quelques formes standard pour minimiser les transferts thermiques. Ces formes sont un équilibre

entre la saison froide où les gains solaires peuvent être utiles et la saison chaude où ils doivent être évités.²⁴

3.7.2 L'effet de la forme :

L'effet de la forme du bâtiment sur son comportement thermique est grandement fonction du degré d'exposition de l'enveloppe à la température extérieure et au vent. La forme et la composition volumétrique de l'enveloppe a aussi un effet sur son exposition et ses pertes thermiques. Des plans inclinés et des formes à volumes multiples tendent à augmenter la surface de l'enveloppe. En termes énergétiques, la position de l'isolation thermique est cruciale. La forme et la géométrie des éléments du bâtiment influencent également l'exposition solaire en perturbant les élévations individuelles, les espaces externes et les bâtiments voisins. Des formes géométriques complexes et des ailes proéminentes tendent à créer une surprotection solaire.²⁵



Figure I-32: The Cube source (www.archiscene.net)

3.7.3 Référence :

L'auteur	Titre	L'objectif
Société canadienne d'hypothèques et de logement Imprimé au Canada Réalisation : SCHL 2014	Impact de la forme architecturale sur la performance énergétique potentielle des collectifs d'habitation	-Comprend assez bien de quelle manière la forme architectural et chacun de ces paramètres agit individuellement sur la performance énergétique des collectifs d'habitation.
TAYEB, Keltoum 2011	Forme architecturale et performances énergétiques (chapitre II)	-Chercher la meilleure forme architecturale à fin d'améliorer le confort des habitants dans différents type de climat.
LABRECHE Samia 2010	Forme architecturale et confort hygrothermique dans les bâtiments éducatifs, cas des infrastructures d'enseignements supérieur en régions arides.	-Faire sortir les facteurs pour comprendre comment influencent-ils la performance thermique d'une forme donnée et par conséquent le confort hygrothermique de ses occupants.

Tableau I-6 : références des recommandations

²⁴ www.archiscene.net

²⁵ **TAYEB, Keltoum**, *Forme Architecturale Et Performance Energétique. Vers Un modèle Conceptuel*, Université Mohamed Khider – Biskra, pp.45.

3.7.4 Synthèse :

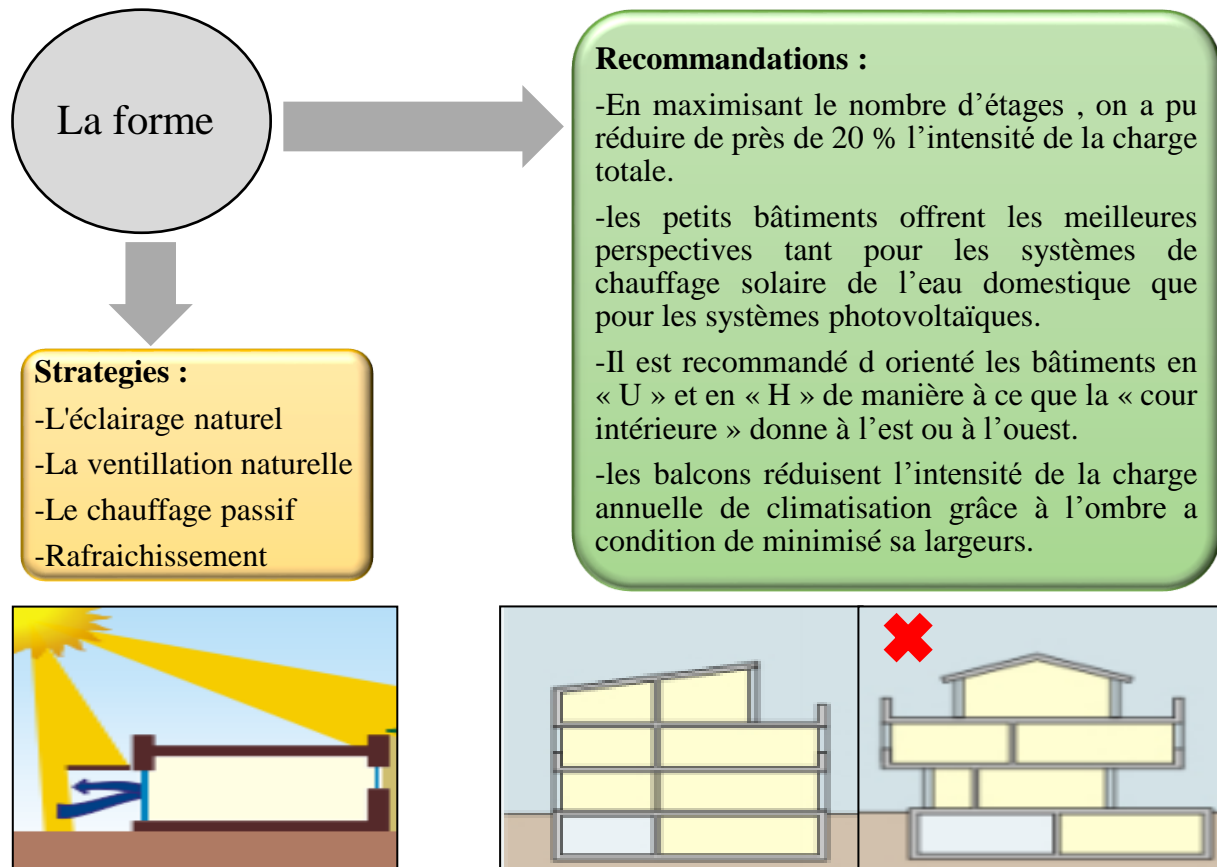


Figure I-34: l'éclairage et rafraichissement

Figure I-33: le chauffage passif

Source : thèse : *Impact de la forme architecturale sur la performance énergétique potentielle des collectifs d'habitation*

3.8 La serre bioclimatique :

3.8.1 Définition :

Les serres, ou espaces tampons vitrés, sont constituées d'une surface vitrée située en paroi du bâtiment. En fonction du climat et de la façon dont la serre est utilisée, il peut exister un mur de stockage thermique séparant la serre du bâtiment, ou tout autre système de stockage reliant la serre au reste du bâtiment. Habituellement, la température basse de la serre n'est pas régulée par un système de chauffage. Très souvent, une serre est utilisée pour le préchauffage de l'air de ventilation du bâtiment.²⁶



Figure I-35: serre bioclimatique (source : *intégration architecturale*)

²⁶ BADECHE Mounira, 2008, *Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique*, Université du Constantine, pp.55.

3.8.2 Conception :

L'objectif conceptuel est de créer un espace agréable qui peut être utilisé pour des activités semi extérieures la plupart de l'année et sans apport d'énergie supplémentaire. Les conditions thermiques de ces espaces ne peuvent être ni prédites ni contrôlées avec précision. Leur forme, dimensions, les propriétés thermiques, le degré de contact avec le bâtiment principal, les moyens de contrôle solaire, de stockage thermique et de diffusion de la chaleur sont tous des critères importants de conception.²⁷

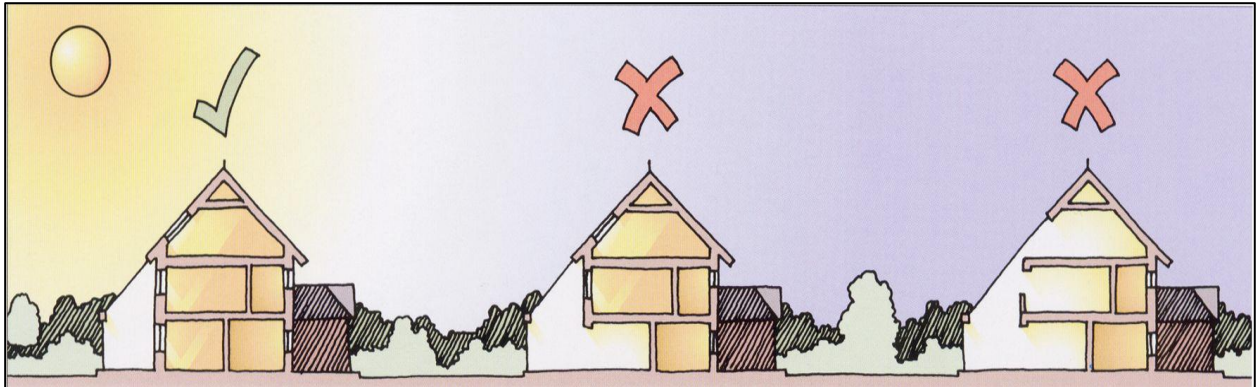


Figure I-36: les différentes intégrations de la serre (source : *intégration architecturale*)

3.8.3 Fonctionnement et effet :

- **En hiver :**

On bouche les deux conduits d'aération. Quand le soleil sort, il suffit d'ouvrir les fenêtres et portes fenêtres au rez-de-chaussée et à l'étage pour que l'air chaud circule, homogénéisant la température. En cas d'absence, un thermostat réglé à 19°C commande un extracteur d'air à gros débit : 600 m³/ heure, 10 fois le volume de la serre. L'air chaud est aspiré au plafond. L'air de la maison, plus frais, rejoint la serre par quatre orifices en bas des murs capteurs : c'est une serre Trombe, version «active».

- **En été**

On déploie les protections solaires. Pour que l'air chaud n'entre pas dans la maison, les ouvertures de séparation restent fermées. On ouvre les orifices de ventilation, celui de l'extracteur d'air est bouché. On ouvre la porte extérieure de la verrière, laissant l'air entrer. Et on entrouvre les vasistas. La serre restant fermée lors des absences, le puits canadien apporte un minimum d'air neuf. La nuit, on sur ventile.²⁸

²⁷ Edward Mazria, 2005, *Le guide de la maison solaire*, Ed. Parenthèses, pp143.

²⁸ Samuel Courgey & Jean-Pierre Oliva, 2006, *La conception bioclimatique* - Ed. Terre vivante, pp.162.

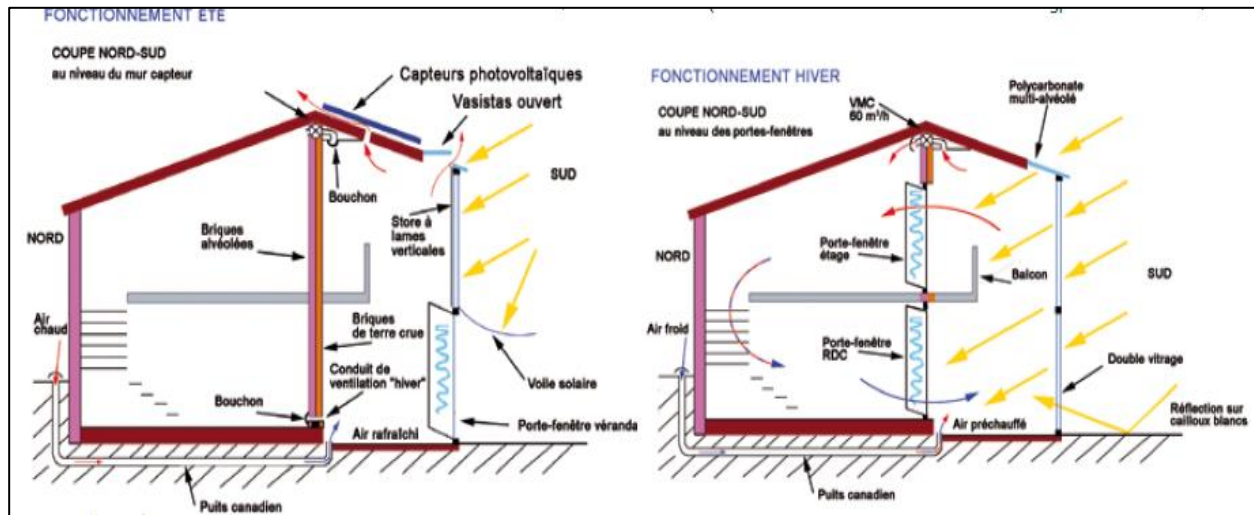


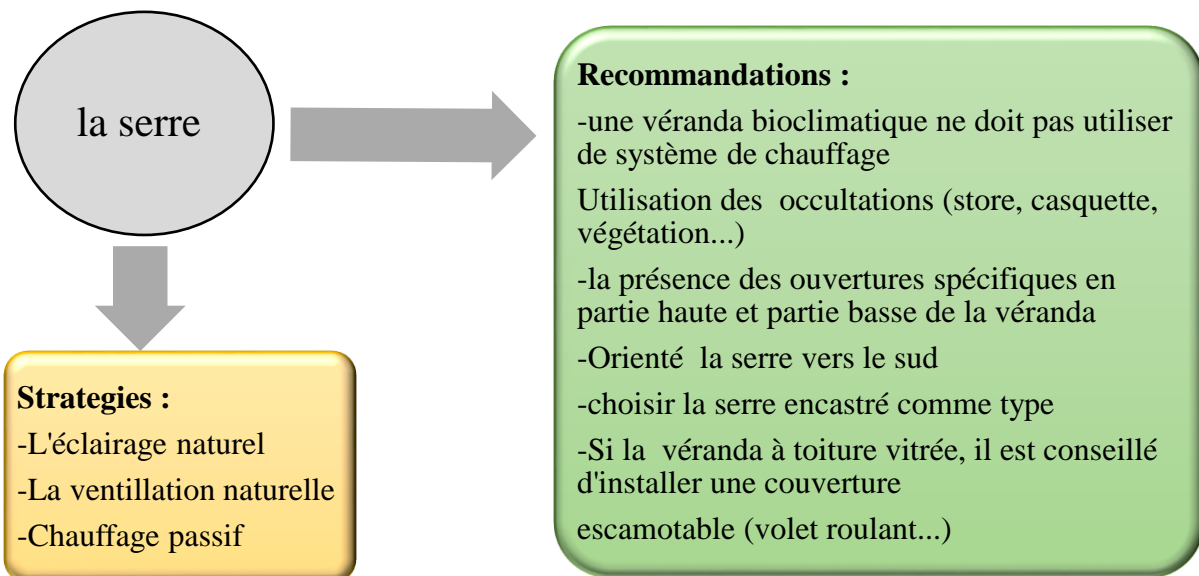
Figure I-37: fonctionnement hiver/été de la loggia (source : guide : Une serre bioclimatique pour chauffer la maison)

3.8.4 Reference :

L'auteur	Titre	L'objectif
Melle BADECHE Mounira 2008	Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique Dans la région de Constantine	-C'est de trouver pour la loggia vitrée (ou serre) les caractéristiques thermiques les plus adéquates dans le but d'une amélioration des conditions de confort des locaux adjacents
Christophe Tréhet 2014	Serres ou vérandas Bioclimatique	-Etudier le fonctionnement de la serre dans les deux saisons (froide, chaude) et avec différents formes d'intégration.
Jean-Paul Blugeon 2010	Une serre bioclimatique pour chauffer la maison	-Définir la bonne configuration de la conception d'une serre bioclimatique

Tableau I-7 : références de recommandations

3.8.5 Synthèse :



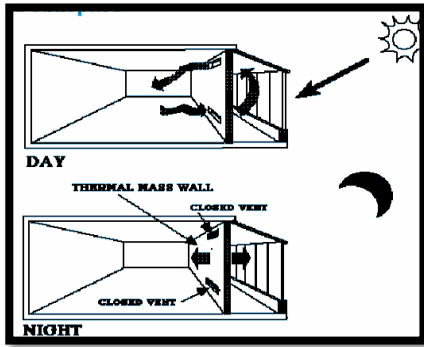


Figure I-39: chauffage passif

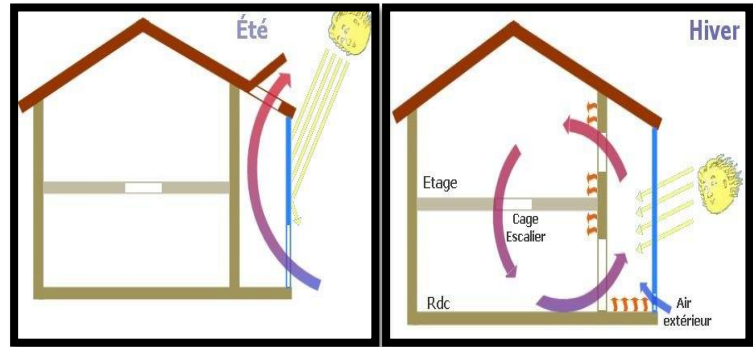


Figure I-38: ventilation naturelle

(Source : livre : *La conception bioclimatique*)

3.9 Les ouvertures :

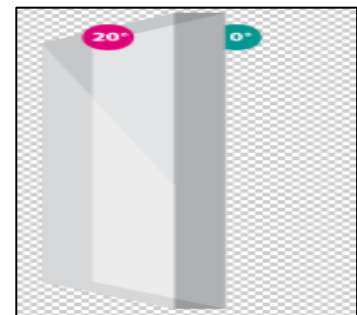
3.9.1 Définition

La fenêtre constitue l'élément essentiel de l'approche passive de la conception bioclimatique. Dans la construction classique, l'usage est d'installer le même type de fenêtre quel que soit l'orientation. Afin d'optimiser les apports solaires et s'en protéger quand cela s'avèrera nécessaire, il semble opportun de définir un choix de fenêtre selon l'orientation.

3.9.2 Les différents types de vitrage :

a- **Le simple vitrage :** Il est constitué d'un verre clair ou coloré obtenu par coulage sur bain d'étain en fusion. Il est le produit de base pour former les autres types de vitrages.

b- **Le double vitrage :** Le double vitrage consiste à enfermer entre deux verres une lame d'air déshydraté ou un gaz améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Les deux verres sont séparés par un intercalaire en aluminium ou en acier. L'étanchéité périphérique est assurée par des joints organiques.

Figure I-40: simple vitrage
(source : [Google image](#)).

c- **Le triple vitrage :** Il est possible d'améliorer la valeur U du vitrage en ajoutant une troisième. On obtient alors un meilleur pouvoir isolant, mais également une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre les transmissions solaire et lumineuse diminuent.²⁹

²⁹ Catherine BALTUS Et Jean-Marie Hauglustaine, 2013, *Réinventions l'énergie Types de Vitrages*, réalisation : Institut Wallon, pp.4-5.

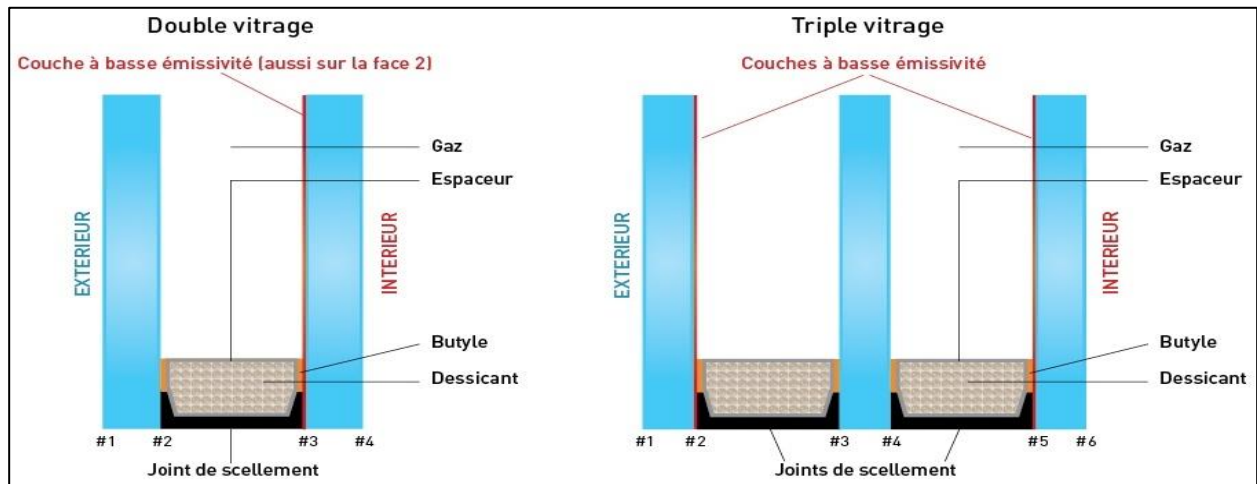
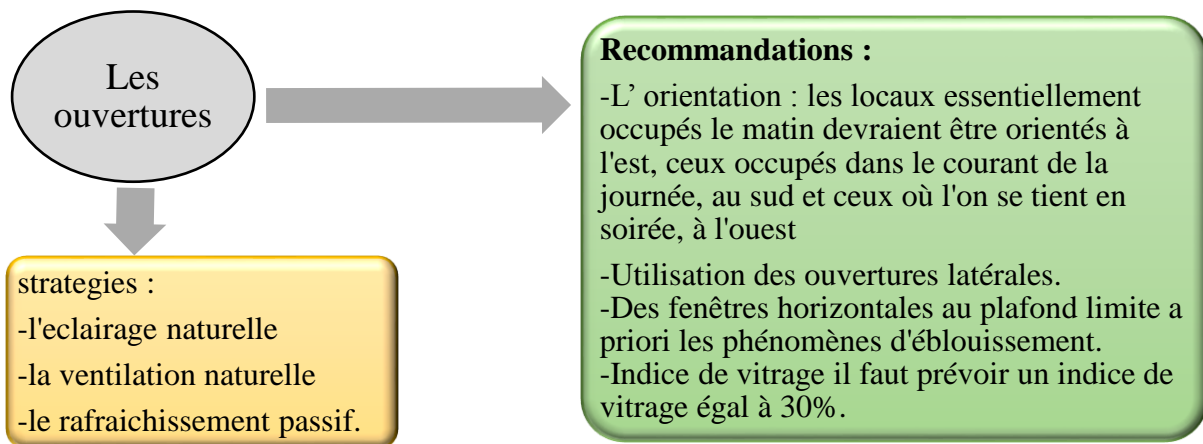


Figure I-41: double et triple vitrage (source : Google image).

3.9.3 Références :

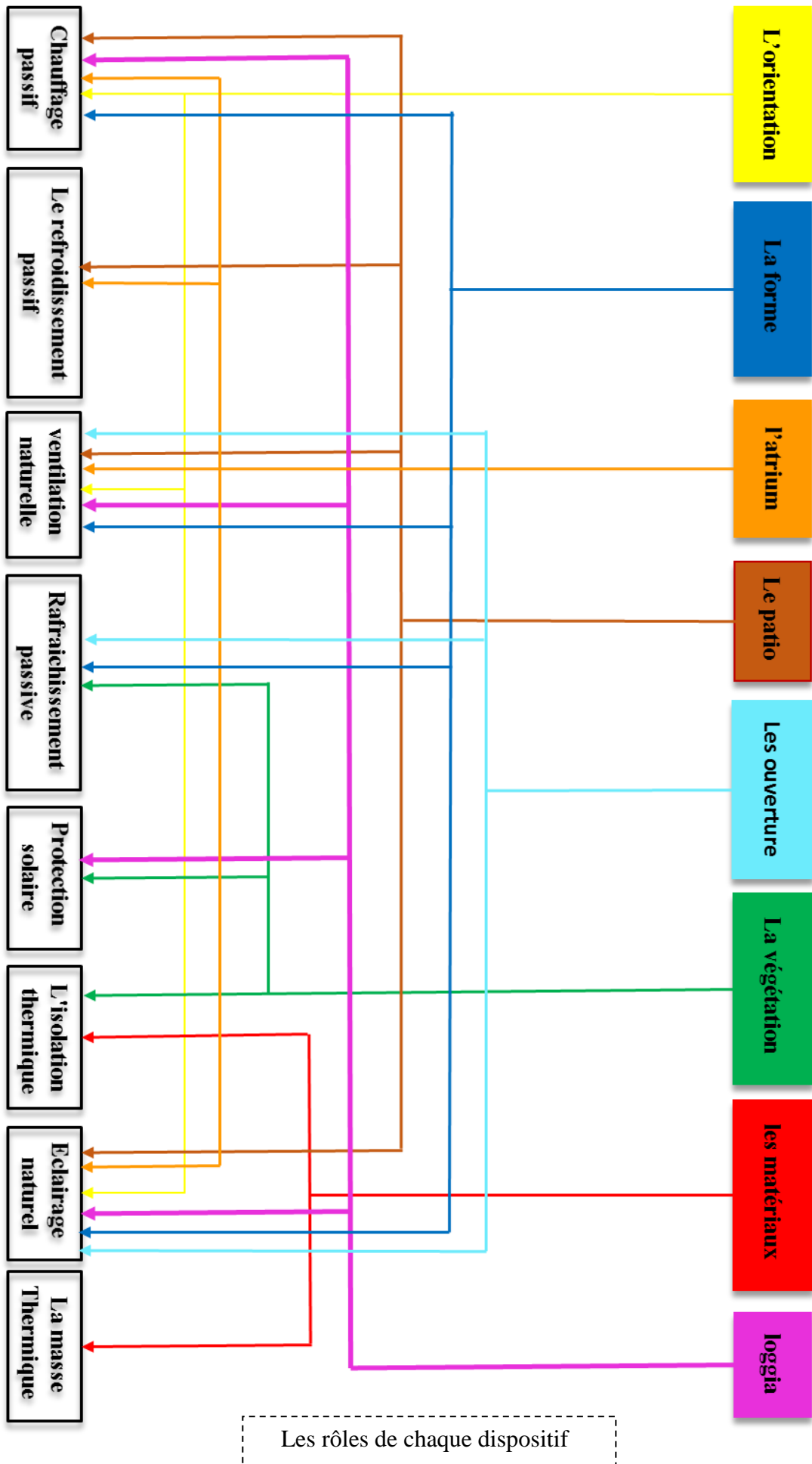
L'auteur	Titre	L'objectif
-Melle RAHAL Samira	L'IMPACT DE L'ATRIUM SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS LES BATIMENTS PUBLICS	Porter une solution pour de nouveaux projets, et définir les paramètres de base pour une conception optimale des espaces atrium dans la région étudiée.
Site internet : < http://www.energieplus.fr >	la conception d'un atrium	déterminer l'impact de l'atrium sur le comportement thermique de bâtiment et pour déterminer le choix de l'atrium sur la ventilation, l'éclairage, chauffage

3.9.4 Synthèse :



Conclusion :

Dans cette partie de recherche bibliographique en mise en compte le rôle de chaque dispositif et aspect architecturale dans la conception bioclimatique, et aussi qui répond aux besoins de bâtiment que sa soit l'éclairage naturelle, la ventilation naturelle, et les besoin en chauffage et climatisation. Chaque dispositif a des caractéristiques est des principes de construction à respecter afin d'arriver à une bonne adaptation dans la construction de bâtiment durable.



4 Dispositifs architecturaux et consommation énergétique du bâtiment :

- **Objectif :**

Afin de situer les problèmes du confort thermique dans les bâtiments publics, notre étude des simulations a pour objectif de déterminer les dispositifs architecturaux à utiliser pour assurer un niveau de confort thermique agréable en étudiant l'influence de la forme du bâtiment, l'orientation, le taux de vitrage, le type de vitrage, les matériaux de constructions, les protections solaires et le patio sur les ambiances intérieur, et comment intégrer le concept bioclimatique afin d'apporter des solutions aux exigences thermique et de réduire les besoins en chauffage et en climatisation et trouver la meilleure configuration tenus.

- **Présentation du logiciel utilisé :**

Autodesk Ecotect Analysis est un outil d'analyse environnementale qui permet aux concepteurs de simuler les performances du bâtiment dès les premiers stades de la conception. Il combine les fonctions d'analyse avec un affichage interactif qui présente des résultats analytiques directement dans le contexte du modèle de construction.³⁰

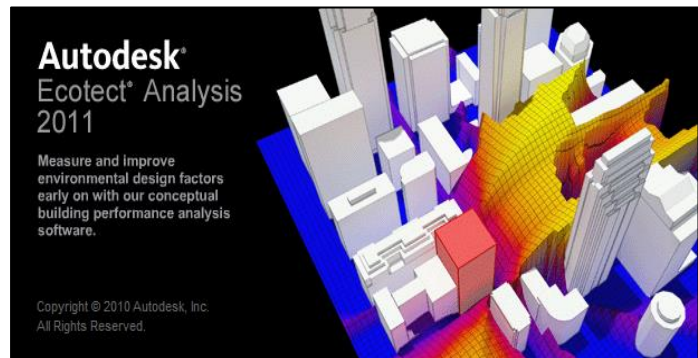


Figure I-42 : Ecotect Analysis (source: www.autodesk.com)

Quelles solutions alternatives offre Autodesk pour les fonctions clés d'analyse Ecotect ?

Voici une liste des tâches Ecotect les plus répandues :

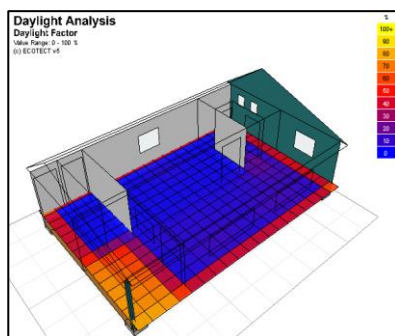


Figure I-45: Lumière du jour et éclairage (Daylighting and Lighting)

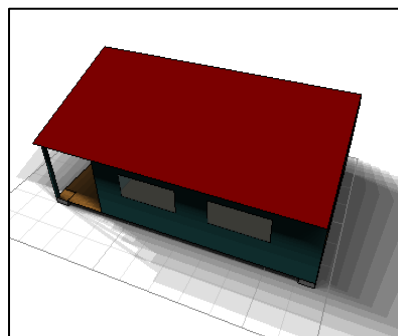


Figure I-44: Études de soleil et d'ombre (Sun and Shadow Studies)

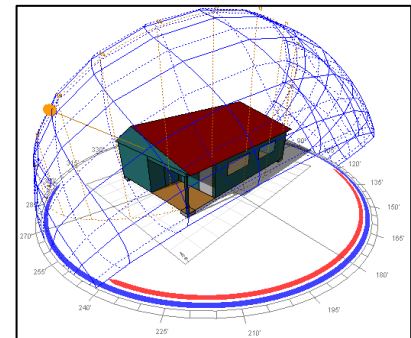


Figure I-43 : Analyse solaire (Solar Analysis)

³⁰ Ecotect Analysis - Sustainable Building Design Software - Autodesk", 2016. usa.autodesk.com

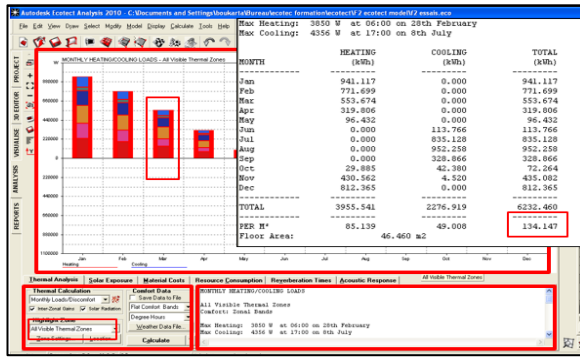


Figure I-46 : Performance thermique (Thermal performance)

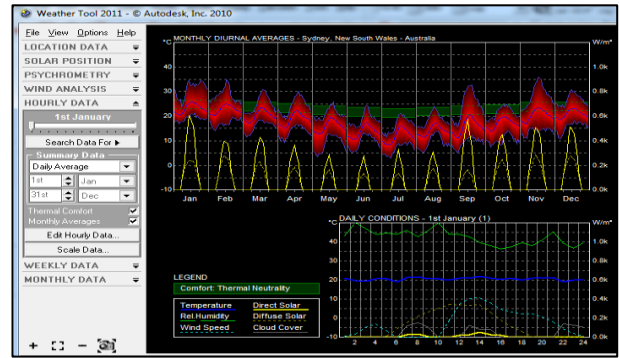


Figure I-47: Visualisation des données météo (Weather data visualization)

• **Le protocole de simulation :**

Ce travail sera basé sur une approche monovariante ou on va fixer tous les paramètres (dispositifs) et on va varier un seul dans chaque série de simulation. Sachant que l'évaluation de chaque paramètre (dispositif) comporte plusieurs variantes. Les dispositifs architecturaux (paramètres) sélectionnés sont ceux qui sont manipulés pendant la phase esquisse de la conception architecturale.

• **Avantages du logiciel :**

- Prise en main assez rapide
- Résultats très visuels (parfaits pour communiquer avec des architectes)
- Bon outil pour la phase esquisse et pour bien orienter la conception
- Nombreuses sorties vers des logiciels plus performants³¹

• **Présentation du model :**

Ces caractéristiques :

- L'orientation : Plein sud.
- Le taux de vitrage : on le fixe à 10%.
- Le type de vitrage : Le vitrage a $U=3W/m^2, k$
- Les parois : les parois sont composées de l'extérieur vers

l'intérieur comme suite :

1. Enduit extérieur de 2cm
2. Brique de 15 cm
3. Lamme d'aire de 5 cm
4. Brique de 10 cm
5. Enduit en plâtre de 2 cm

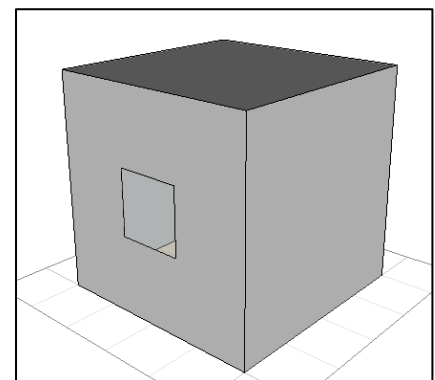


Figure I-48 : model de base

³¹ <http://www.Autodesk.com>

- **Les simulations des dispositifs :**

4.1 Orientation :

On va choisir 8 orientations différentes de 45°, donc on a 8 simulations.

4.1.1 Résultats de la simulation :

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Chauffage (w)	36,808	40,236	42,9	43,807	43,801	42,828	39,358	36,415
Clmtstion (w)	51,219	52,604	52,357	50,31	49,031	50,509	52,449	52,411
TOTAL (w)	88,027	92,84	95,258	94,116	92,832	93,337	91,807	88,826

Tableau I-8 : résultats des simulations des orientations (source : auteurs)



Figure I-49 : Radar des résultats de la simulation d'orientation

L'orientation optimale c'est plein sud ou le total de la consommation en chauffage et en climatisation atteindre 88.027 kW/m², mais il est préférable d'orienter de 12° vers l'ouest (l'orientation optimale exact : 192°) en minimisant un peu près de 3 kW/m² pour profiter le maximum d'éclairage naturel et d'énergie solaire.

4.2 Taux de vitrage :

C'est le pourcentage de la surface vitré par rapport la surface total de la façade. On commence par une surface de 10% et on va jusqu'au 100% avec un intervalle de 10%. Donc on a 10 simulations.

4.2.1 Résultats de la simulation :

Taux de vitrage	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Chauffage (w)	36,8	38,4	41,8	43,3	49,5	54,6	60,6	62,8	69,9	75,1
Clmtstion (w)	51,2	58,1	65,7	69,9	83,0	94,8	108,2	113,8	129,2	141,1
TOTAL (w)	88,0	96,6	107,5	113,2	132,6	149,5	168,9	176,7	199,1	216,2

Tableau I-9 : résultats des simulations de taux de vitrage (source : auteur)

La consommation totale augmente parallèlement à l'augmentation de taux de vitrage, donc le meilleur taux de vitrage est de 10% avec une consommation total de 88,027 kW/m². Les ouvertures de grandes surfaces créeront une surchauffe important dans le bâti.

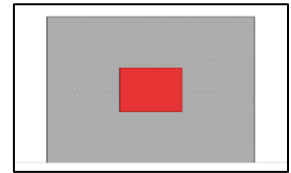


Figure I-50: meilleur résultat

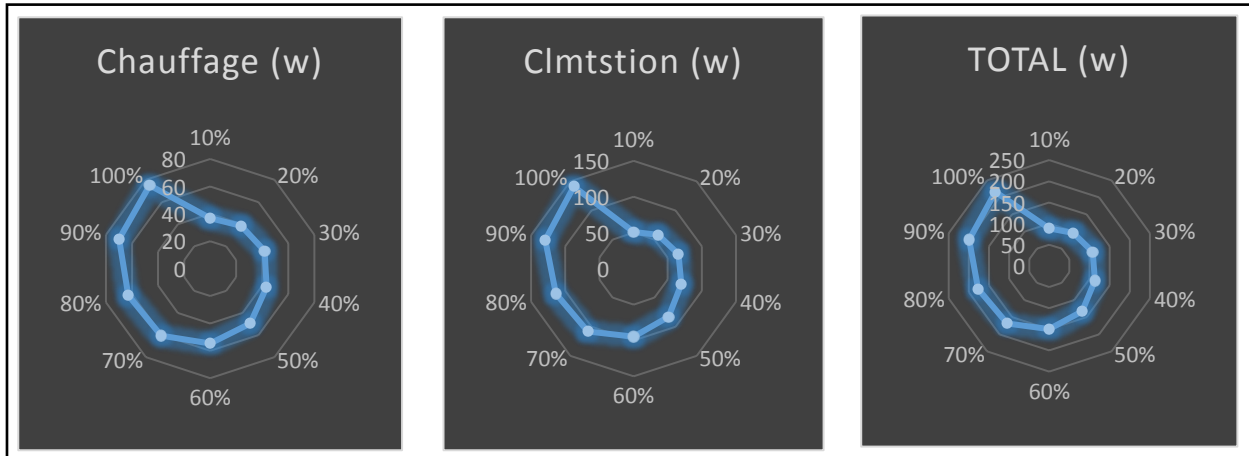


Figure I-51 : Radar des résultats de la simulation de taux de vitrage

4.3 Type de vitrage :

C'est-à-dire simple, double ou triple avec son Coefficient d'émissivité U. On va changer le Cf. U de 1,5 jusqu'au 6 avec un intervalle de (1,5). Donc on a 12 simulations.

4.3.1 Résultats de la simulation :

Type de vitrage	S.V U=3	D.V U=3	T.V U=3
Chauffage (w)	36,808	39,806	39,309
Climatisation(w)	51,219	49,287	49,977
TOTAL (w)	88,027	89,093	89,286

Tableau I-10 : résultats des simulations de type de vitrage

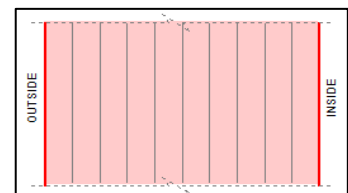


Figure I-52: meilleur résultat

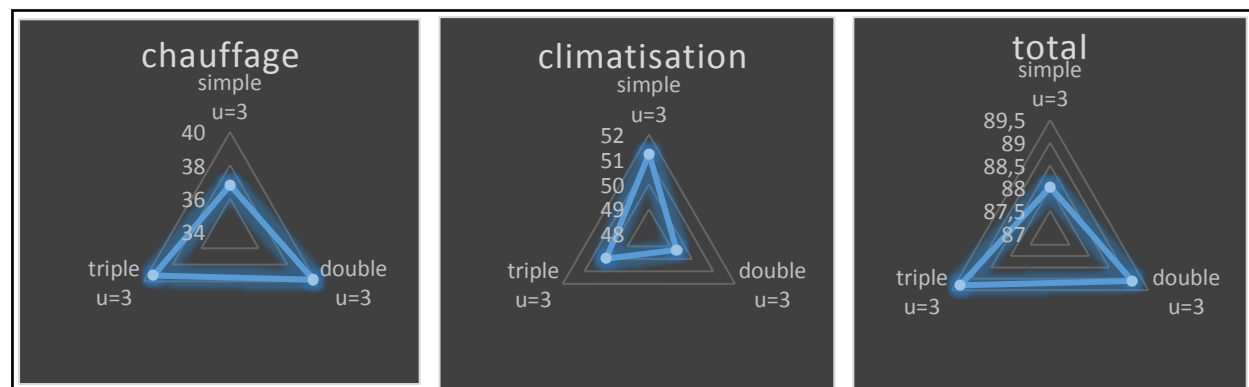


Figure I-53 : Radar des résultats de la simulation de type de vitrage

Le type de vitrage joue un rôle dans la consommation en chauffage et climatisation, le simple vitrage est le meilleur type de vitrage avec une consommation totale de 88,027 kW/m², on remarquant une légère différence entre les trois types (un peu près de 1 kW/m²).

simple vitrage	u=1,5	u=3	u=4,5	u=6
chauffage	34,475	36,944	39,458	41,993
climatisation	51,051	51,167	50,962	51,181
total	85,526	88,111	90,42	93,174

Tableau I-11 : résultats des simulations de type de vitrage (u=différents)

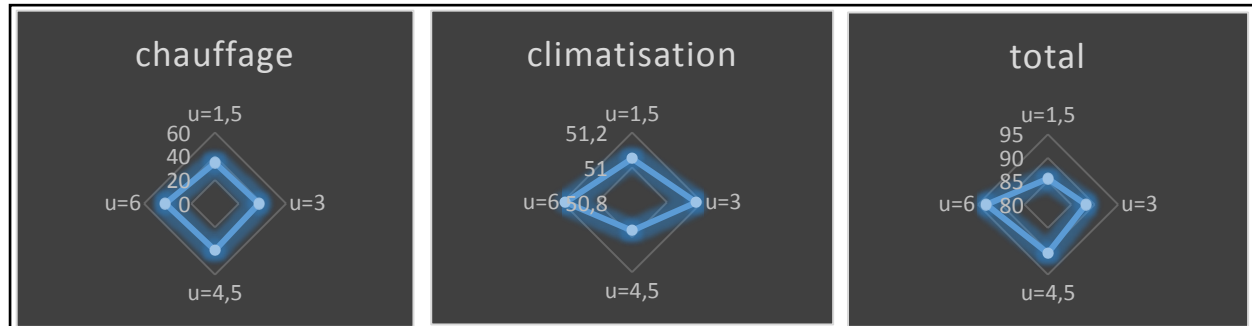


Figure I-54 : Radar des résultats de la simulation de type de vitrage (U différent)

Le coefficient d'échange globale U influe sur la consommation en chauffage et en climatisation. Le coefficient U est relié avec la conductivité thermique et l'épaisseur de vitrage, la consommation énergétique est minimale (85,526 kW/m²) lorsque la valeur U égale à 1,5.

4.4 Protection solaire :

On utilise un réflecteur et en essayant de varier sa profondeur par rapport la hauteur de l'ouverture (h). On utilise les pourcentages de 0% jusqu' à 100% avec un intervalle de 12,5%. Donc on a 8 simulations.

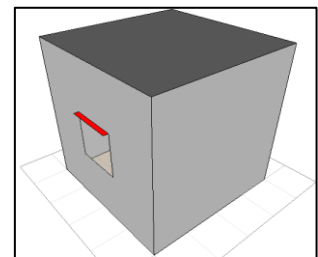


Figure I-55: meilleur résultat (12.5%)

4.4.1 Résultats de la simulation :

Protection solaire	12,50%	25%	37,50%	50%	62,50%	75%	87,50%	100%
Chauffage (w)	36,808	38,9	39,836	39,84	41,671	42,62	43,49	44,82
Climatisation (w)	51,219	51,8	52,165	52,17	52,97	53,63	54,172	55,04
TOTAL (w)	88,027	90,7	92,001	92	94,642	96,25	97,661	99,87

Tableau I-12 : résultats des simulations des protections solaire

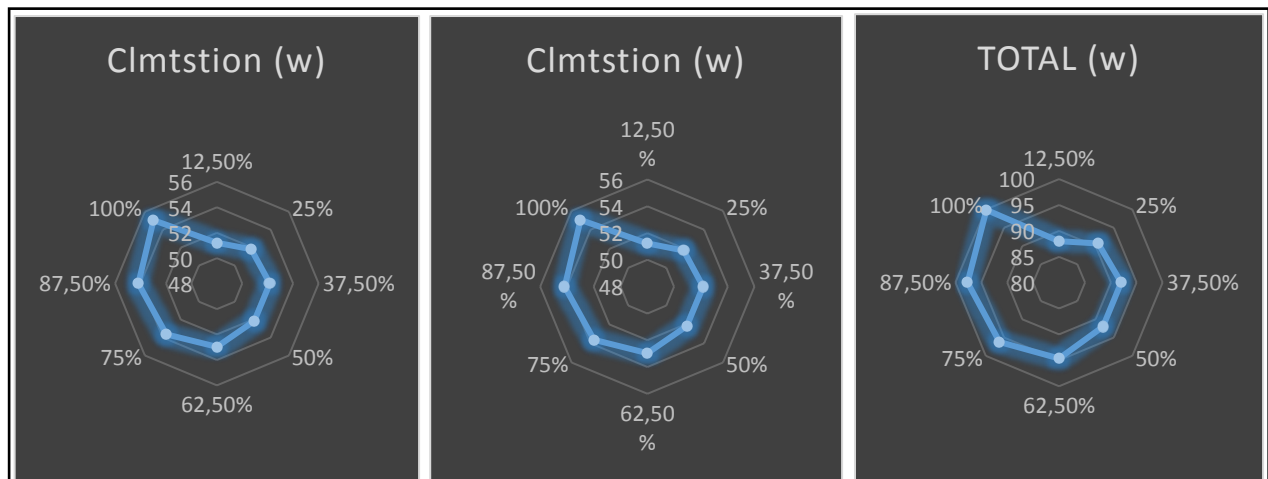


Figure I-56 : Radar des résultats de la simulation de protection solaire

La surface de la protection solaire tout dépend de la surface et l'orientation d'ouverture, on résulte que la surface 12,5% est la meilleure surface avec une consommation d'énergie total de 88.027 kW/m².

Les protections solaires empêchent de profiter le max des rayonnements solaires surtout dans la période hivernal contrairement à la période estival ça minimise les besoins en climatisations.

4.5 Les matériaux :

Au premier lieu, on utilise les quatre matériaux suivants : brique, béton, pierre et terre. Donc on 4 simulation. Au deuxième lieu, On utilise un isolant (polystyrène expansé) d'une épaisseur qui varie entre 2,5 cm et 10 cm avec un intervalle de 2,5 cm. Donc on a 4 simulations.

4.5.1 Résultats de la simulation :

Les matériaux	brique	béton	terre	pierre
Chauffage (w)	36,808	37,749	38,175	37,306
Climtstion (w)	51,219	51,136	48,398	45,468
TOTAL (w)	88,027	88,885	86,573	82,775

Tableau I-13 : résultats des simulations des matériaux

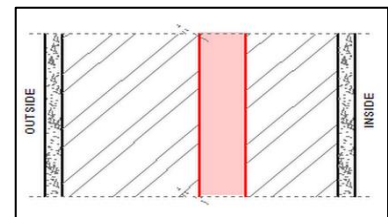


Figure I-57: coupe de la paroi

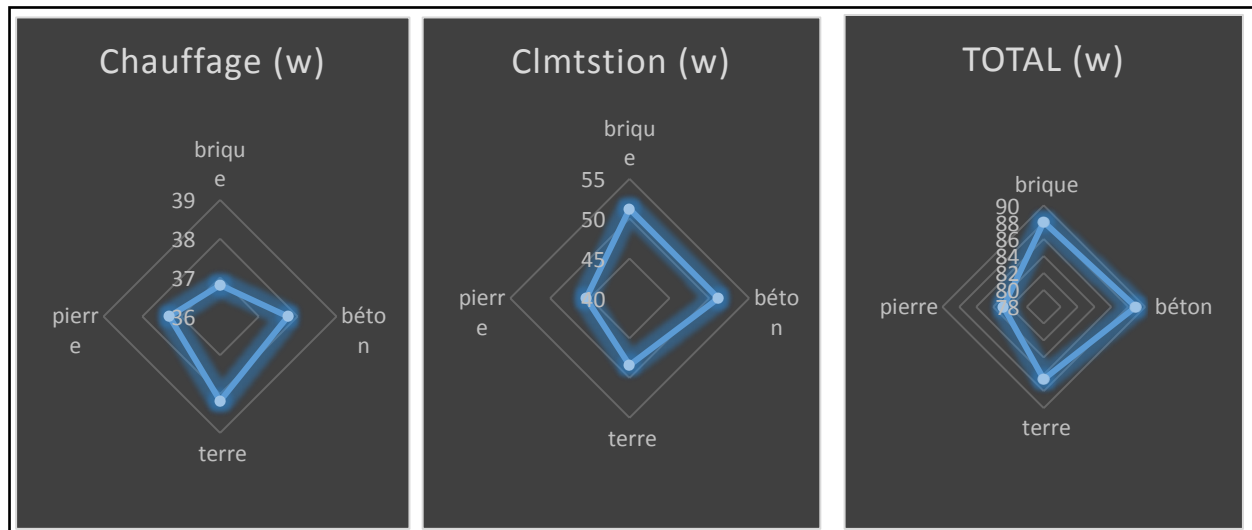


Figure I-58 : Radar des résultats de la simulation des matériaux de construction

Le matériaux le plus performant en matiers de confort thermique c'est la pierre a cause de ça valeur de conductivité thermique réduite avec une consommation d'énergie annuel de 82.775 kw/m², mais vue à la disponibilité et la mise en œuvre des matériaux, l'utilisation de la brique est la plus préférable.

• Avec isolation :

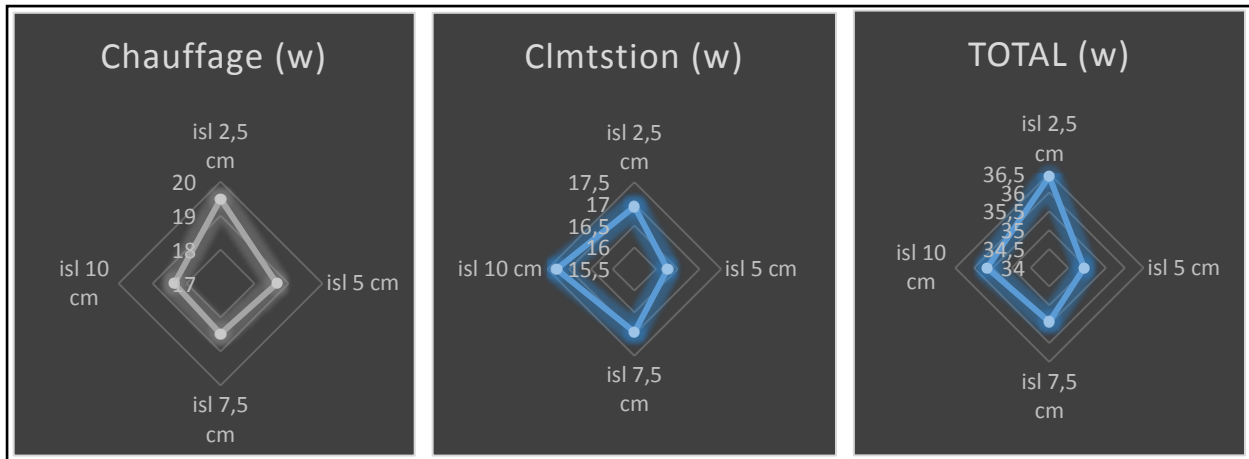


Figure I-59 : Radar des résultats de la simulation des matériaux de construction

Les matériaux	isl 2,5 cm	isl 5 cm	isl 7,5 cm	isl 10 cm
Chauffage (w)	19,488	18,655	18,481	18,363
Clmtstion (w)	16,936	16,266	16,953	17,291
TOTAL (w)	36,424	34,922	35,434	35,654

Tableau I-14: résultats des simulations des matériaux

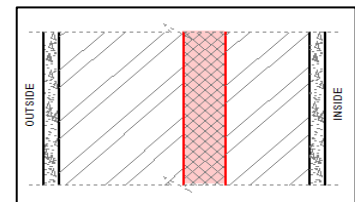


Figure I-60: coupe de la paroi (avec isolation)

L'isolation de l'enveloppe en utilisant le polystyrene expansé réduit la consommation d'énergie annuel, le pourcentage de réduction maximale est de 38.6 % lorsque on détermine une épaisseur de 5 cm de l'isolant, en résultant une consommation annuelle de 34.92 kw/m².

4.6 Le patio :

On change les dimensions de notre modèle par les valeurs suivantes 4*16*16, Sans et avec patio de 64m³ de plusieurs configurations : carré, rectangle de 2*4*8m allongé sur l'axe N/S, E/O

4.6.1 Résultats de la simulation :

Le patio	1. carré	2. allongé N/S	3. allongé E/O
Chauffage (w)	40,621	35,112	34,936
Clmtstion (w)	96,192	86,946	90,070
TOTAL (w)	136,813	122,059	125,006

Tableau I-15 : résultats des simulations du patio

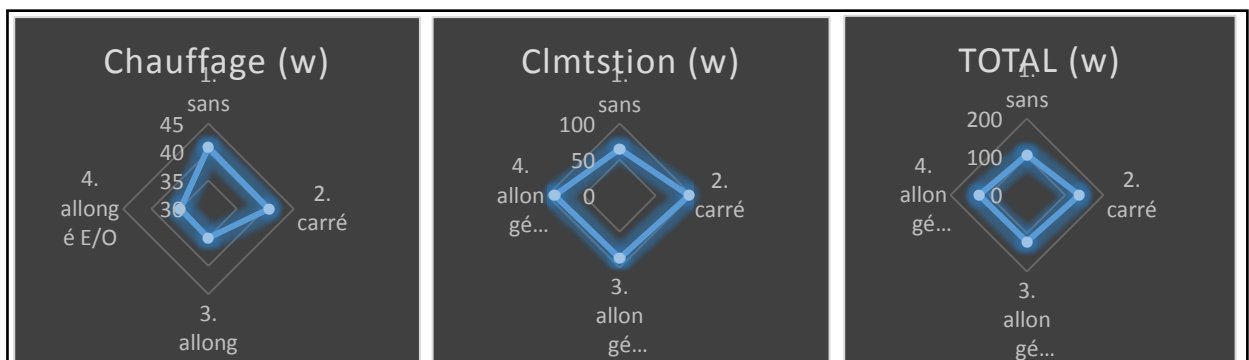


Figure I-61 : Radar des résultats de la simulation de patio

L'utilisation d'un patio sans des ouvertures augmente les besoins en chauffage et en climatisations à cause de la compacité du volume.

On remarque que le patio allongé Nord/Sud est le plus favorable

4.7 La forme :

4.7.1 Résultats de la simulation :

La forme	carré	forme U	forme L	rectangle
Chauffage (w)	36,808	37,365	23,461	27,551
Clmtstion (w)	51,219	33,477	32,673	30,399
TOTAL (w)	88,027	70,842	56,134	57,95

Tableau I-16: résultats des simulations de la forme

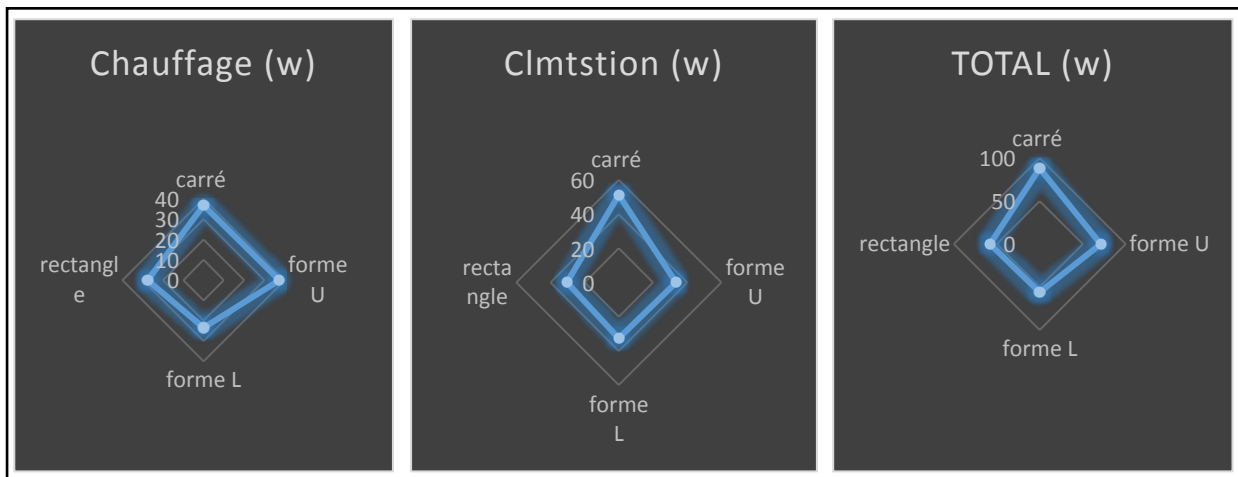


Figure I-62 : Radar des résultats de la simulation de la forme

La forme qui convient à nos caractéristiques de site d'intervention est la forme rectangulaire sous un total de consommation d'énergies annuel de 57,95 kW/m²

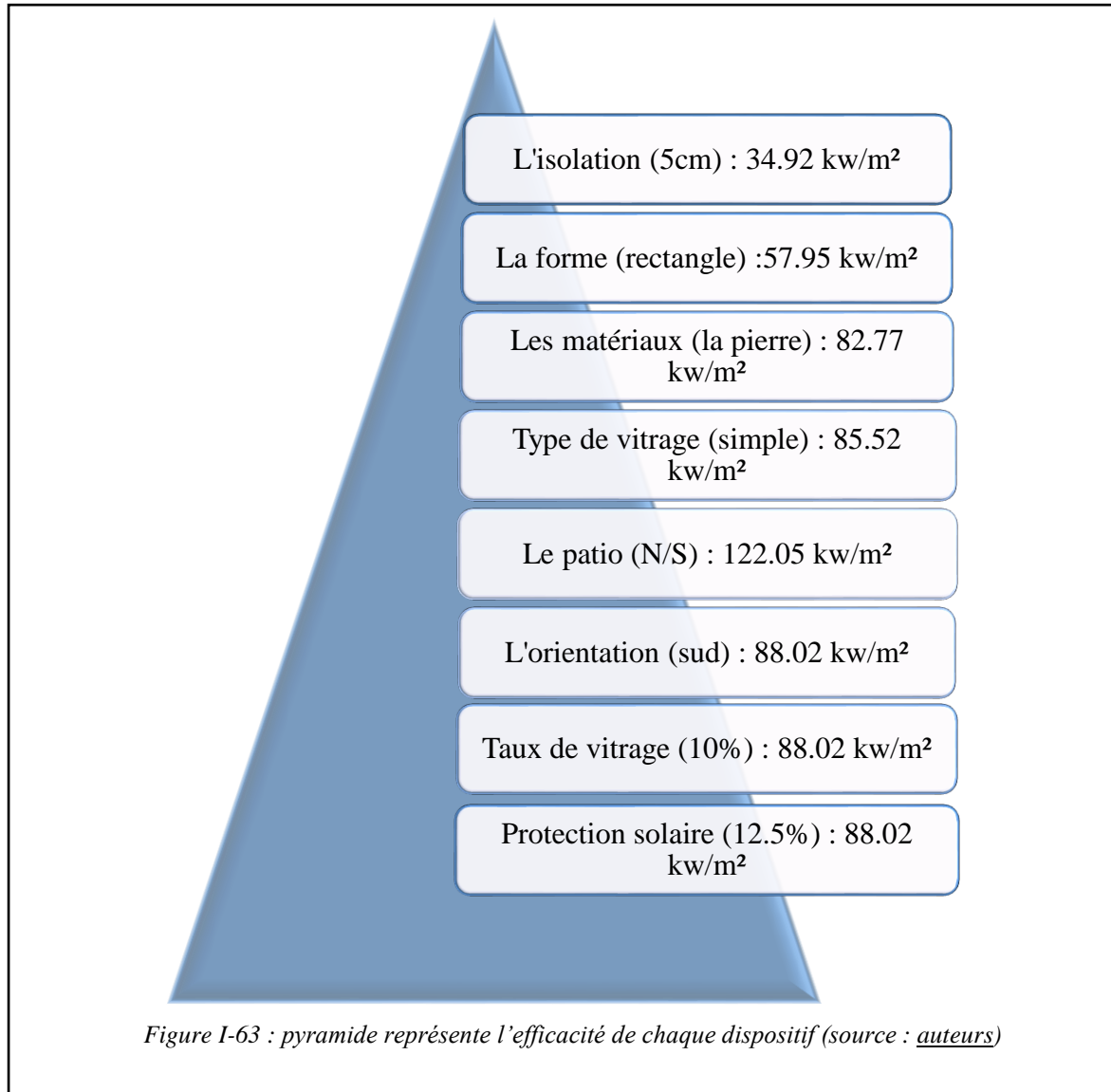
4.8 Synthèse :

Dispositif	orientation	taux de vitrage	type de vitrage	protection solaire	les matériaux	Isolation	le patio	la forme
Chauffage	sud-est	10%	simple vitrage (u=1,5)	12,50%	la brique	10 cm	allongé E-O	forme L
Climatisation	nord	10%	double vitrage (u=1,5)	12,50%	la pierre	5 cm	allongé N-S	rectangle
Total	sud	10%	simple vitrage (u=1,5)	12,50%	la pierre	5 cm	allongé N-S	forme L

Tableau I-17 : la meilleure configuration

On peut conclure une meilleure configuration qu'on puisse la réaliser pour diminuer le maximum de consommation on chauffage et climatisation. Les paramètres sont présentés dans le tableau ci-dessus.

Conclusion :



A partir des résultats tenus des études pratique et les simulations si dessus à l'aide de logiciel Ecotect Analyses on a arrivé a classé ces dispositif, ce classement les mise en ordre en fonction de leur efficacité énergétique (pourcentage de minimisation de la consommation en chauffage et en climatisation).

5 Recherche thématique et analyse des exemples :

5.1 Introduction :

« Si en architecture l'analyse constitue la lecture et la projection, le thème en serait le langage, c'est à dire une forme d'expression codifiée mais suffisamment claire pour établir la communication. »³²

Partant de cette citation on constate que le thème est un élément vital au langage architectural, il n'est donc pas possible d'entamer une conception architecturale sans avoir des connaissances et un maximum d'informations sur le sujet, puisque « la création n'émerge jamais du néant, mais c'est plutôt une continuité d'idées raffinées à travers le temps ».

Ainsi, notre recherche thématique a pour but d'élaborer un socle de données, afin de déterminer le principe, l'évolution, et les besoins du thème, ainsi que les activités qui s'y déroulent et les types d'espaces qui s'y adaptent.

Notre recherche se compose de deux thèmes :

5.2 Immeuble de bureaux :

5.2.1 Définition de thème :

C'est un équipement qui prend en charge les activités et les fonctions du secteur tertiaire, il constitue un lieu d'échanges, de communication et de concertation des opérateurs économiques. D'autre part, il offre des surfaces importantes de bureaux abritant des sièges de sociétés locales, nationale ou étrangères, dans le but de satisfaire de besoins en matière.



Figure I-64: centre d'affaire à Lyon



Figure I-65: centre d'affaire à Moscow

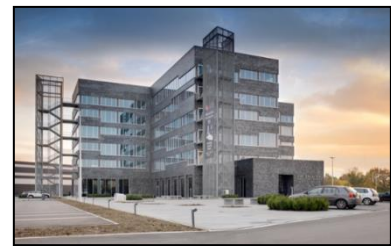


Figure I-66 : centre d'affaire à

5.2.2 Historique :

Les immeubles de bureaux ont vu leur origine dans les années 1980 dans les principales villes d'affaires des États-Unis, à partir des centres d'appels des voyageurs de commerce.

³² OM UNGERS, *Architecture Comme Theme*, Ed: Moniteur, 1983.

Ils ont ensuite évolué en une industrie planétaire avec la fondation du Group Servcorp, qui installa son premier centre d'affaires à Sydney en 1978. Aujourd'hui cette société dispose aussi d'immeubles de bureaux à Paris.

5.2.3 Principales composantes des immeubles de bureaux :

Le travail :

Dans un immeuble de bureau, le travail représente le cœur de l'équipement, la fonction essentielle. Le type d'espaces le plus significatif du travail est les bureaux.

Bureau :

Ce sont des lieux par excellence où on traite des affaires et échange les services et les biens.

Les usagers :

Un immeuble de bureau est sollicité par deux types d'usagers :

- L'un permanent concernant les travailleurs des différentes activités que comporte le centre telles que, représentation d'entreprises, activités publiques, gestion et maintenance.
- L'autre occasionnel celui-ci concerne, les hommes d'affaires qui auront à fréquenter ce centre, les usagers des différents services pouvant être des représentants d'entreprises, des parties politiques ou éventuellement le public de transit.



Figure I-67 : bureaux (source : [energie plus.com](http://energie-plus.com))

5.2.4 Fonctionnement :

Les immeubles de bureaux permettent généralement aux locataires de partager l'équipement de bureau et d'autres ressources, ce qui leur donne accès à des services qui seraient autrement trop dispendieux. Certains, cependant, n'offrent que des hot desks, mais ils peuvent aussi offrir des salles de conférence ou de rencontre, des aires de repos, le secrétariat, l'entretien ménager.

5.2.5 Les services offerts comprennent généralement :

- Les assurances
- Le chauffage, la climatisation et les autres services publics
- La surveillance en tout temps
- L'accès aux télécommunications, téléconférences
- L'infrastructure pour les technologies de l'information et
- Les connexions Internet
- Le mobilier
- Les services de réceptionniste ou de téléphoniste

- Des services de secrétariat
- Le service postal.

5.2.6 Les avantages des immeubles de bureaux:

- Des coûts de démarrage faibles ou inexistant
- Une adresse prestigieuse
- La flexibilité dans la location de l'espace
- L'entretien inclus
- Une disponibilité immédiate.

5.2.7 Différents concepts d'aménagement de l'espace de travail :

Bureau cloisonné :

C'est le premier type qui apparaît dans les immeubles d'habitations, ces bureaux assez petits étaient délimités par des parois opaques et accessibles par une seule porte, Ils renforcent la qualité du travail individuel car ils offrent une isolation acoustique et intimité visuelle. Leurs avantages sont d'offrir des travaux de concentration, de réflexion et de créativité, mais d'autre part ils présentent des obstacles matériels et psychologiques à la communication entre les employés et manquent de souplesse.



Figure I-68 : bureau cloisonné (source : [Google image](#))

Bureau paysager ou « open space » :

Ce concept a pour principe d'améliorer le déroulement des tâches, appelé aussi « bureau en espace ouvert » dans lequel le cloisonnement est supprimé afin d'accroître la circulation des informations et la communication entre les employés.



Figure I-69 : open space (source: [Google image](#))

Bureau semi-cloisonné (alvéolé) :

Ce concept a été conçu pour synthétiser les avantages réceptifs des deux concepts précédents.

Son objectif est de trouver les limites communes entre la privatisation et la flexibilité, ainsi que de faciliter l'ouverture vers l'extérieur tout en optimisant la protection de chacun. Il fait appel au mobilier système combinant panneaux de différentes hauteurs et volumes de rangement intégrés.



Figure I-70 : alvéolé (source : [Google image](#))

Le combi-office :

Le combi-office fit son apparition dans les pays scandinaves, il prend en Compte l'organisation prévisible d'un bureau ou les tâches vont devenir sans doute très spécialisées³³.

Les exigences thermiques des espaces de centre d'affaire :

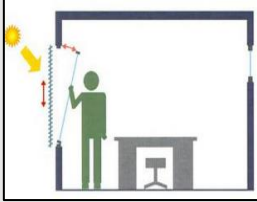
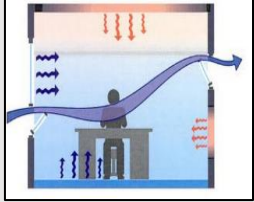



Espace	Exigence		
<p>Bureaux individuels</p>	 <p>-ventilation naturel naturel - Isolation thermique et acoustique</p>	 <p>-éclairage naturel</p>	 <p>-climatisation</p>
<p>Bureaux collectifs</p>	 <p>-éclairage naturel -ventilation naturel</p>		
<p>-Salle de réunion -Salle de conférence -Salle d'exposition</p>	 <p>-faible éclairage naturel</p>	 <p>-ventilation naturelle</p>	 <p>-isolation</p>
<p>-La réception -Hall d'entrer</p>	 <p>-Eclairage naturel -Ventilation naturel -Renouvellement d'air</p>		

Tableau I-18 : tableau des exigences thermique des espaces (Source : livre thermique des immeuble de bureaux, Elisabeth Gratia et André de herde)

³³ Elisabeth Gratia et André de herde - livre thermique des immeuble de bureaux, paris, 2010.

5.3 Analyse des exemples :

5.3.1 Immeuble Telefonica Moviles à Tolède :

Architect: Pich-Aguilera Arquitectos_, Pich-Aguilera, Felipe, Batlle, Teresa

Conçu en: 2001

Année de Construction: 2004-2005

Surface Construite: 6.054 m²

Emplacement: Santa Maria de Benquerencia, Tolède, Espagne

Matériaux : le béton, le verre et plaques de céramique

Situation : Le bâtiment a été érigé dans la ville de Santa Maria de Benquerencia, dans la province de Tolède, en Espagne, au nom du ministère de la Science et de la Technologie de la Castilla-La Mancha

a- Description :

Le bâtiment a été conçu afin que vous puissiez tirer le meilleur parti des conditions énergétiques de l'environnement, le rayonnement solaire en hiver et de flux d'air de refroidissement requis pour toute l'année.

Le centre du bâtiment est un grand espace ouvert, couvert par un système de canaux que tout le climat comme une atmosphère, ne couvre pas dire.



Figure I-71 : Telefonica Moviles (source: [Google image](#))

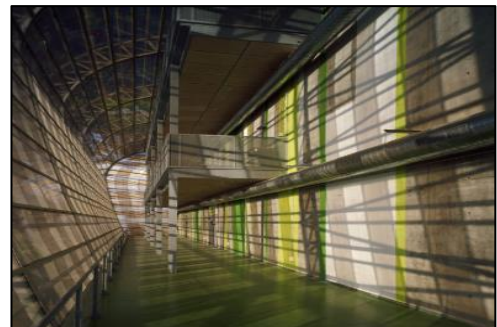


Figure I-72 : espace ouvert couvert



Figure I-74 : façade vitré (source : [energieplus.com](#))

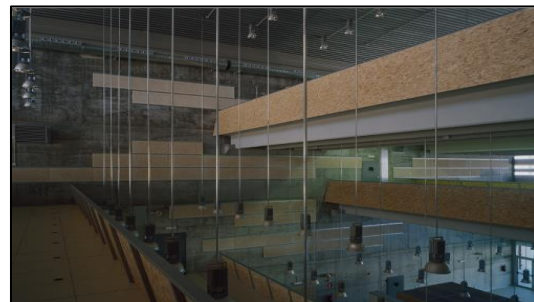


Figure I-73 : esplanade (source : [energieplus.com](#))

Les passerelles de 5 mètres de large et 17 mètres de long traverse tout l'espace et s'appuient sur des noyaux contenant des services et des communications, essaie de donner de l'espace à toute la plasticité du volume central et la flexibilité.

b- Concept :

Le programme permet basique solution structurelle et énergétique qui aide à définir l'espace architectural.

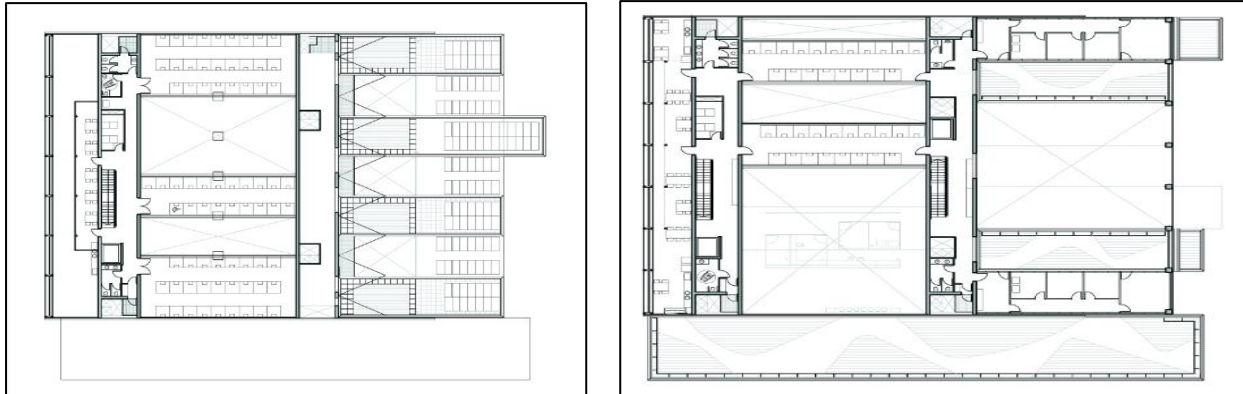


Figure I-75 : plans

c- Espaces fonctionnels :

Le bâtiment se compose de trois zones principales, qui ont un rendement différent bioclimatique et remarquable. Ces domaines sont les suivants :

- 1 – Façade vitrée au sud :

Cette zone abrite les opérateurs aires de repos.

Il fonctionne comme une grande serre qui prend en charge le confort en hiver à d'autres espaces. Il est conçu de sorte que vous pouvez faire chauffer contributions en hiver ou lorsque les conditions internes sont en dessous du minimum de confort. Le système de façade vitrée est conçu de telle sorte que la chaleur peut être transportée sur les chantiers situés dans le nord, le long d'une ventilation forcée de deux tuyaux placés dans l'oreillette supérieure.



Figure I-76 : façade vitrée au sud (source : fr.wikiarquitectura.com)

En été, la fonction de ce rideau de cristal est d'évacuer la chaleur du toit³⁴.

- 2 – Un grand espace ou atrium central :

La performance énergétique de l'atrium central dépend principalement de l'exploitation de la toiture. Le toit au-dessus de l'atrium est un moteur puissant qui est utilisé pour ventiler le bâtiment.

Cet atrium central permet aussi de contrôler la lumière du soleil et de fournir suffisamment de lumière naturelle des espaces de travail et d'optimiser leur fabrication d'autres et de placement³⁵.

³⁴<http://fr.wikiarquitectura.com>

³⁵ <http://www.energieplus.org>

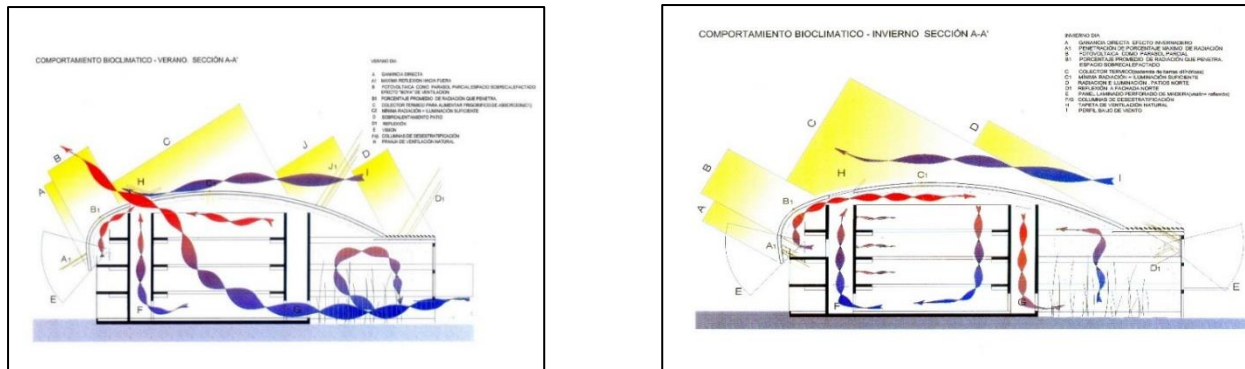


Figure I-77 : le comportement bioclimatique d'atrium et du patio

• 3 – Les patios au nord :

Ces cours, avec un apport d'énergie réduite en raison de leur situation, peut agir comme un régulateur de froid ou de chaleur.

Cette partie du bâtiment a un rôle neutre en hiver, à côté de la réception de l'air chaud de la façade sud.

En été, partiellement protégés du rayonnement solaire par les panneaux solaires.

d- Contrôle de l'énergie :

- Systèmes Actifs de CVC :

Ces systèmes ont un support de panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire et les contrôles qui permettent aux systèmes passifs fonctionnant au-dessus de la machinerie des systèmes traditionnels de climatisation.

e- Recommandation :

- L'utilisation d'un atrium comme lieu de convergence des flux de tous les mouvements
- Utilisation de la transparence
- Utilisation d'un prolongement actif du système de ventilation à travers la façade.

5.3.2 Immeuble Airbus à Getafe :

Architecte : Pablo Notari

Conçu en : 2002

Année de Construction : 2004

Emplacement : Getafe, Madrid, Spain

Situation : Il est situé dans la ville de Getafe, Madrid. L'immeuble de bureaux est situé à l'entrée du complexe industriel d'Airbus.



Figure I-78 : Immeuble Airbus

a- Concept :

Avec une volumétrie simple mais puissante, l'enveloppe du bâtiment se concentre à la fois sur sa puissance expressive et sa proposition de l'environnement.

L'image technologique de la salle a été réalisée à partir d'un système de double peau qui fonctionnent comme des parasols et créer des ombres, des reflets et de transparences. Ce système fonctionne comme le contrôle thermique, amélioration de la performance bioclimatique de l'ouvrage.

Formellement, l'ensemble se compose d'une base avec trois volumes presque aveugle la lumière sur elle. L'un d'eux, le plus faible et à long terme, constitue l'arrière du bâtiment tandis que les deux autres sont situées sur la façade vitrée.



Figure I-79 : la façade vitrée

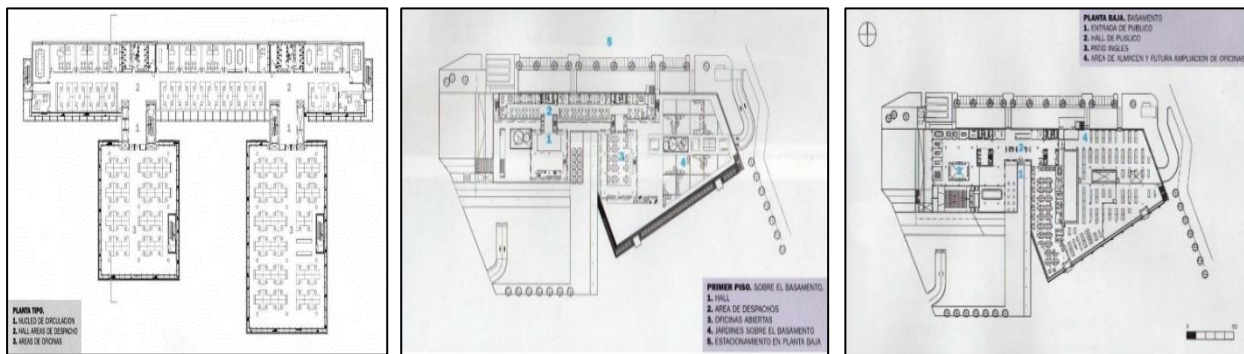


Figure I-80 : plans

b- Matériaux et économie d'énergie :

La plaque de base a été revêtue de fibres végétales et de ciment, ce qui rend un aspect solide, en relation étroite avec la topographie.

En revanche le volume vitré de l'avant, a été réalisée avec des panneaux en acier longitudinales le volume a été revêtu d'une façade double peau composée de verre et de parasols tamis métalliques, Le verre extérieure filtre 50 pour cent de la lumière qu'il reçoit par l'intermédiaire d'un imprimé.

L'utilisation de double vitrage comme une chambre à air en faisant circuler de l'air chaud vers le haut.

En été, la chaleur est rapidement éliminée, tandis qu'en hiver, il est injecté dans le système de chauffage.

La protection solaire est complété par un panneau photovoltaïque Jacket combine trois concepts fondamentaux :



Figure I-81 : murs double peaux
(source : [Google image](#))



Figure I-82 : la serre (source :
[Google image](#))

l'énergie solaire, la protection de l'équipement de CVC qui est sur les terrasses et le contrôle du rayonnement de heurter le bâtiment.

c- Recommandations :

- L'utilisation du principe : «espace servis,espace servants» ; les espaces servants permettent de gérer diversement les surfaces ainsi servis.
- Utilisation des façades vitrées pour l'éclairage naturel
- L'utilisation de la façade double peau (une peau extérieure étanche, une peau intérieure perméable.

5.4 Laboratoire de recherche :

5.4.1 Définition :

Un **laboratoire de recherche** est une structure sociale constituée donnant un cadre de travail aux chercheurs. Il peut être affilié à une université ou à un organisme de recherche scientifique.

5.4.2 Rôle et fonctionnement :

Le laboratoire de recherche est le cadre le plus immédiat de la vie scientifique, permettant à des chercheurs travaillant sur des problématiques voisines d'interagir. Le laboratoire, ou des équipes constituées en son sein, organisent des séminaires scientifiques, où des chercheurs extérieurs sont invités à venir présenter leurs travaux.

Il peut également abriter des dispositifs expérimentaux, gérer des ressources informatiques, et fournir un soutien administratif aux chercheurs³⁶.



Figure I-83: laboratoire de travail (source : [Google image](#))

5.4.3 Principales composantes des laboratoires de recherches :

La liste des types de locaux comporte les trois groupes suivants, à partir desquels il convient d'établir le programme se rapportant aux locaux :

1. Surfaces de travail : Bureau, laboratoire, ...

³⁶ <http://www.cnrtl.fr>

2. Surfaces d'infrastructures : Locaux d'essais, locaux annexes, halls, ... et autres locaux de travail comme les ateliers, la reprographie, l'expédition, le buffet, etc.

3. Locaux sociaux et de formation Bibliothèque, restaurant, salles de cours, de stages

4. Espace de circulation.



Figure I-84: espace de travail (source : Google image)

5.4.4 Différents concepts de construction et d'aménagement de labo :

- Prévoir des détails simples (adaptés à la production, peu de joints). Choisir des solutions éprouvées.
- Laboratoires et zones d'expérimentation env. 4.00m, suivant le degré d'installation.
- Façades et murs des corridors éventuellement en qualité de vitres portantes.
- Pour les laboratoires de recherche et d'enseignement, en règle générale 7.20m (2x3.60m)

5.4.5 Les différents types d'aménagement des laboratoires :

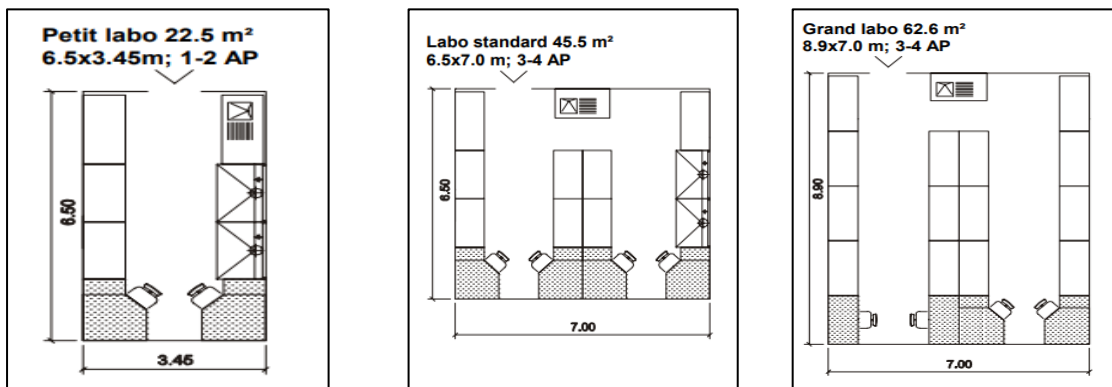

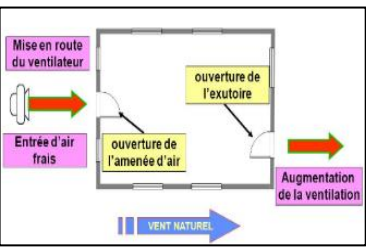
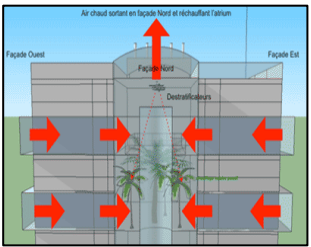


Figure I-85: type des laboratoires (source : cnrtl.fr)

5.4.6 Les exigences thermiques des laboratoires de recherche :

espace	Exigences		
	Eclairage	Ventilation	Refroidissement
laboratoire de recherche	<p>Optimiser l'éclairage naturel, l'ouverture est de 20% de façade extérieure.</p> 	<p>La ventilation naturelle et mécanique est importante pour évacuer la chaleur des machines.</p> 	<p>Le refroidissement passif est nécessaire pour le confort des travailleurs.</p> 

6 Conclusion :

L'enveloppe bâtie n'est plus simplement considérée comme la frontière du domaine habitable, elle devient un élément souple chargé de transformer un climat extérieur fluctuant et inconfortable en un climat intérieur agréable. La thermique du bâtiment est liée à deux facteurs : intrinsèques et extrinsèques, les premiers sont relatifs au bâtiment lui-même, comme la géométrie de l'enveloppe, l'orientation, le zonage thermique, l'inertie thermique ... Les éléments extrinsèques sont principalement : les apports internes, occupation et même par les réactions comportementales des usagers dans l'habitat (ouvrir/fermer une fenêtre).

Le confort thermique d'été répond à la stratégie du froid, il s'agit de minimiser au maximum les apports de chaleur pour maintenir une ambiance qui ne se varie pas rapidement avec les conditions extérieures. Les actions de lutter contre la chaleur sont : protéger, minimiser, dissiper, refroidir et éviter, et les dispositifs et les stratégies recommandés d'après notre étude sont : la protection solaire, l'isolation thermique l'atrium, le patio, la végétation.

Et pour le confort d'hiver, il s'agit d'élever la température et éclairé aussi l'intérieure de bâti donc on fait appelle a les stratégies de chauffage tel que l'isolation thermique et l'inertie.

En fin, pour minimiser la consommation d'énergie dans le bâtiment et pour améliorer le confort thermique il est recommandé d'utiliser les différents dispositifs et stratégies étudiés dans la première partie et qui nous aident à arriver à une conception bioclimatique préférable.

CHAPITRE II
PROJET

1 Introduction :

Dans notre conception le concept de base vise à créer une structure en harmonie avec l'environnement naturel et le paysage. Ses lignes de force sont l'intégration dans le site dénivélé, les orientations, la simplification du volume, la rationalisation de la fonction dans le respect du site et du magnifique cadre de vue naturel et urbaine existant.

On parle de conception bioclimatique lorsque l'architecture du projet est adaptée en fonction des caractéristiques et particularités du lieu d'implantation, afin d'en tirer le bénéfice des avantages et de se prémunir des désavantages et contraintes. L'objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de manière la plus naturelle possible en utilisant les moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles et en utilisant le moins possible les moyens techniques mécanisés et les énergies extérieures au site. Ces stratégies et techniques architecturales cherchent à profiter au maximum du soleil en hiver et de s'en protéger durant l'été. C'est pour cela que l'on parle également d'architecture «solaire» ou «passive».

Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable.

2 Présentation du site :

2.1 présentation de la commune El mohamadia :

En Algérie, notre site d'intervention fait partie de la capitale Alger, plus exacte la ville d'El Mohammadia, ville littoral sur la mère méditerranéenne, à 10 km de l'est de centre d'Alger.



Figure II-1 : situation de la ville (source : auteurs)

2.1.1 Les limites de terrain :

- Au nord : par le baie d'Alger
- Au sud : par la ville d'El-Harrach
- A l'est par la ville de Bab Ezzouar et Bordj El Kiffan
- A l'ouest par les villes Kouba et Bourouba

2.1.2 Accessibilité :

La commune d'El-Mohammadia est desservie par plusieurs routes nationales et locales.

- Route nationale 11 : RN11 (Route d'Oran).
- Route nationale 5 : RN 5 (Route du Constantine).
- Route nationale n° 24 venant d'El-Harrach vers Bordj El Kiffan
- Pénètrent de Bâb Ezzouar ver Alger.
- Entre de côte est pour les villes de kouba el Madania et Hussain Day par la route nationale n°5

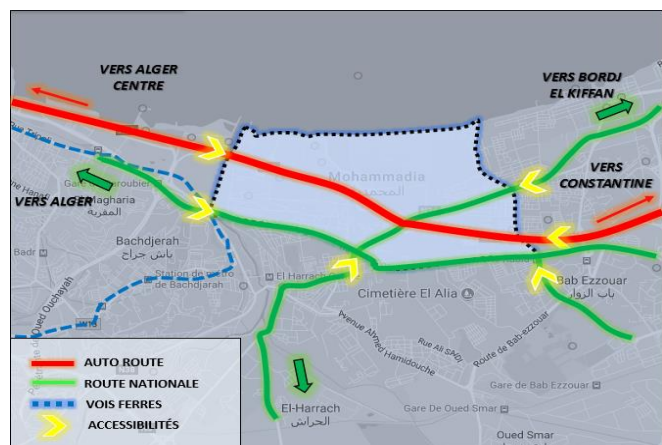


Figure II-2: accessibilité de la ville (source : auteurs)

2.2 Présentation de l'aire d'étude :

2.2.1 Situation :

Notre terrain d'intervention situé à l'extrémité sud de la ville d'el Mohammadia, sur la route nationale n°5 vers Bâb Ezzouar.

Notre site est limité par :

- Vers l'est : la direction des forêts
- Vers l'ouest : direction des intérêts et de développement agricole et rural
- Vers le nord : terrain vide et un stade
- Vers le sud : la route nationale n°05 et le cimetière el Alia



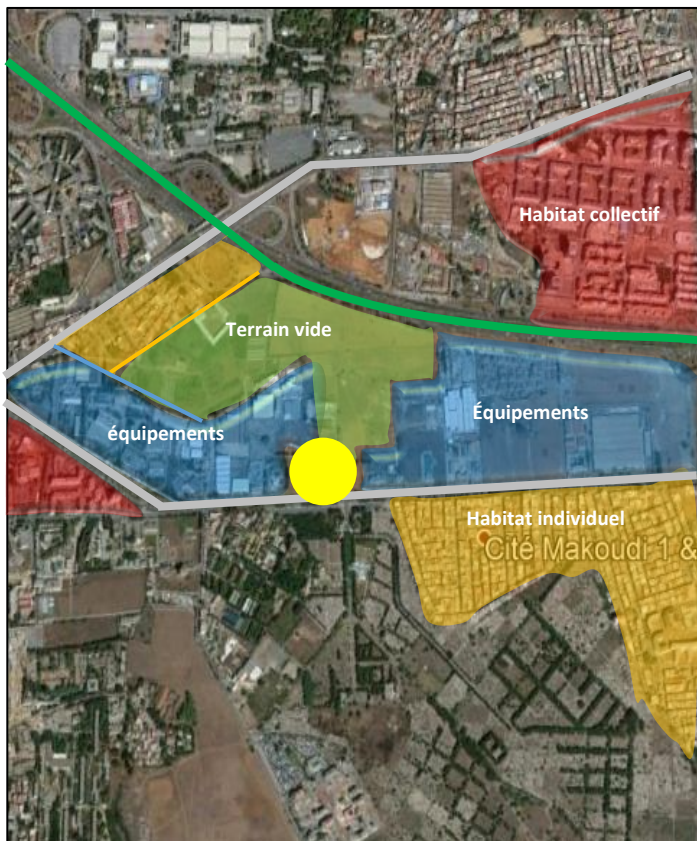
Figure II-3 : situation de site (source : auteurs)



Figure II-4 : les limites du terrain

2.2.2 Le tissu urbain :

Notre terrain d'intervention est se localise dans un tissu mix ou on se tombe sur des habitats individuels de différents typologies (maisons anciennes de RDC ou des villas), habitats collectifs, et en plus une grande diversité des équipements.



Cité Radieuse



Habitats individuels



Immeuble commercial



Terrain d'intervention



Hôtel best night



Terrain d'intervention



Immeuble administratif

Figure II-5 : le tissu urbain (source : auteurs)

2.2.3 L'environnement de terrain :

- **Les points de repères** : Ce sont les objets physiques qui occupent une position spatiale importante, ils peuvent se répéter grâce à leurs clartés de formes, leurs singularités symboliques ou bien leurs qualités visuelles donc on au cimetière de al alia et le tour de la cité radieuse de R+12.
- **Les nœuds** : il y a deux nœuds qui mène à notre site, le rondpoint de cité radieuse pour le côté ouest qui arrive de el Mohammadia, et l'autre c'est le rend point de souk el fellah coté est qui arrive de Beb Ezzouar les deux sont sur la route nationale n°05.

- **Les voies** : la route nationale n°05 au côté sud de terrain.

2.3 Analyse technique :

2.3.1 Accessibilité et circulation :

L'axe mécanique, la route national n°05 représente un flux mécanique fort, d'autres axes secondaire caractérisés par un flux mécanique moyen et aussi que la circulation piétons dans notre site d'intervention et moyen.

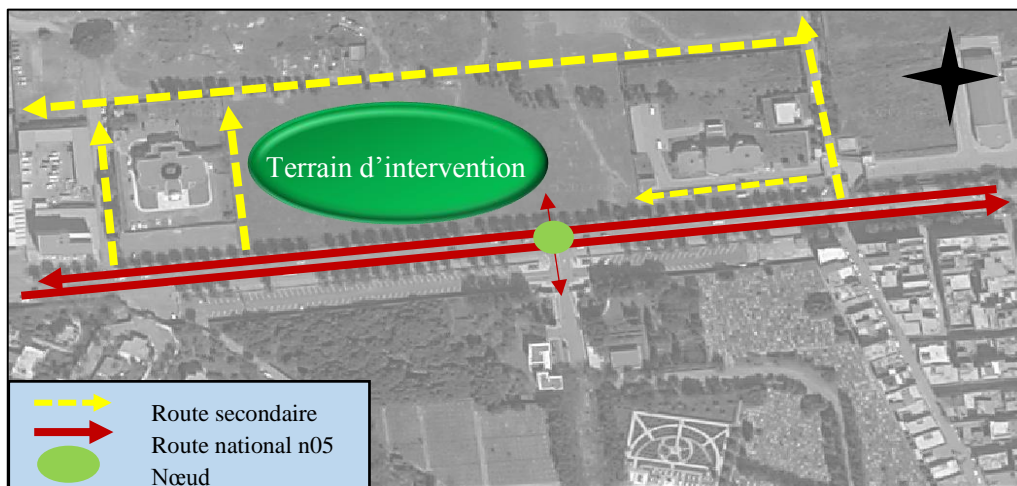


Figure II-6 : accessibilité du terrain (source : l'auteur)

2.3.2 Climatologie :

Ensoleillement : notre terrain d'intervention est bien ensoleillé pendant toute l'année car le terrain est ouvert de deux côtés nord/sud.

Vents : Les vents dominants sont de l'est et de nord (les vents froids) les vents de l'ouest et aussi existent comme vents chauds de la zone d'étude.

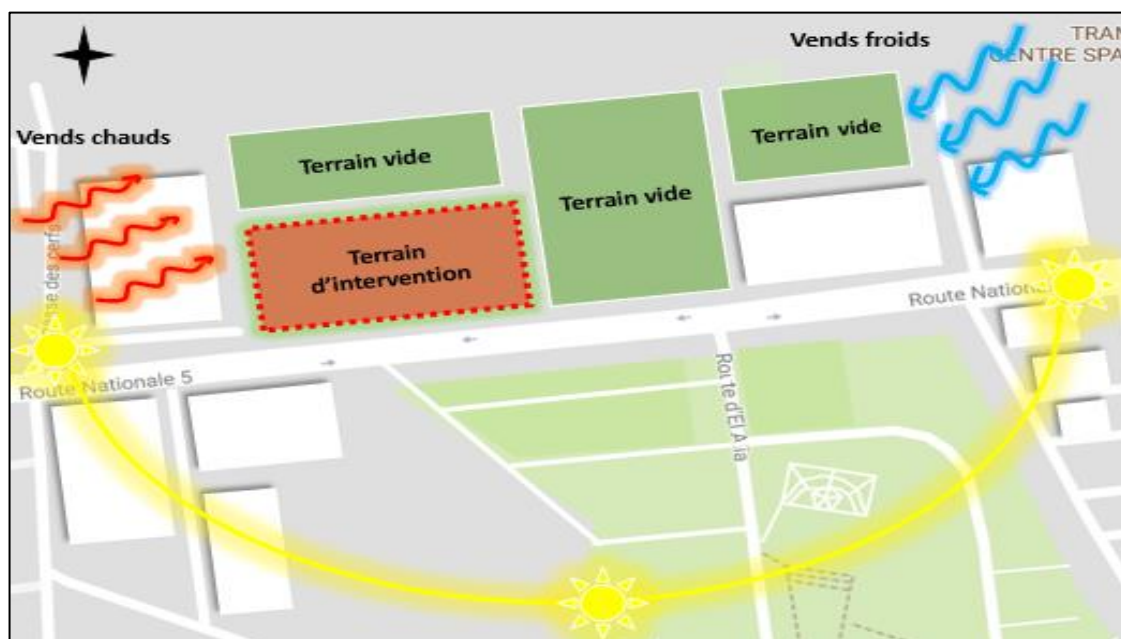


Figure II-7: climatologie de terrain (source : auteurs)

3 Analyse bioclimatique :

3.1 Les données climatiques :

3.1.1 Les températures :

Alger a un climat méditerranéen avec des étés secs chauds et des hivers doux. La température varie généralement de 5 ° C à 30 ° C au cours de l'année et est rarement inférieure à 1 ° C ou supérieure à 34 ° C.

La saison chaude dure 94 jours, du 22 juin au 24 septembre, avec une température moyenne quotidienne élevée supérieure à 27 ° C. Le jour le plus chaud de l'année est le 12 août, avec une moyenne de 30 ° C et basse de 20 ° C. La saison fraîche dure 121 jours, du 24 novembre au 25 mars, avec une température moyenne quotidienne élevée inférieure à 18 ° C. Le jour le plus froid de l'année est le 19 janvier, avec un seuil moyen de 5 ° C et un maximum de 15 ° C.

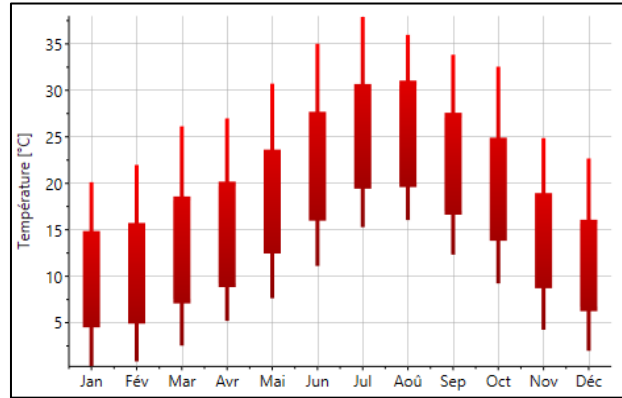


Figure II-8 : les températures moyennes annuelles

T° C	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Tmax	15,16	16,68	19,61	21,66	26,36	31,68	35,48	35,88	31,37	26,65	19,87	15,83
Tmin	6	6,65	8,45	10,15	14,04	18,17	21,07	21,82	18,81	15,35	10,42	7,28
T°moy	10,58	11,66	14,01	15,9	20,2	24,92	28,27	28,85	25,09	21	15,14	11,55

Tableau II-1: les températures moyennes de la région d'Alger

3.1.2 L'ensoleillement :

Cette section traite de l'énergie solaire quotidienne totale d'ondes courtes accidentelle atteignant la surface du sol sur une vaste zone, en tenant pleinement compte des variations saisonnières de la longueur du jour, de l'élévation du Soleil au-dessus de l'horizon et de l'absorption par les nuages et autres atmosphères Constituants. Le rayonnement à ondes courtes comprend la lumière visible et le rayonnement ultraviolet.

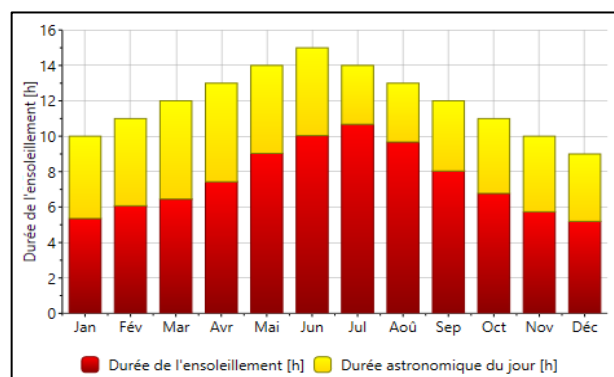


Figure II-9 : durée de l'ensoleillement

L'énergie solaire quotidienne moyenne à ondes courtes d'ondes courantes connaît des variations saisonnières très importantes au cours de l'année.

La période la plus brillante de l'année dure 104 jours, du 7 mai au 19 août, avec un courant quotidien d'ondes courtes par mètre carré au-dessus de 6,7 kWh. Le jour le plus brillant de l'année est le 29 juin, avec une moyenne de 7,8 kWh.

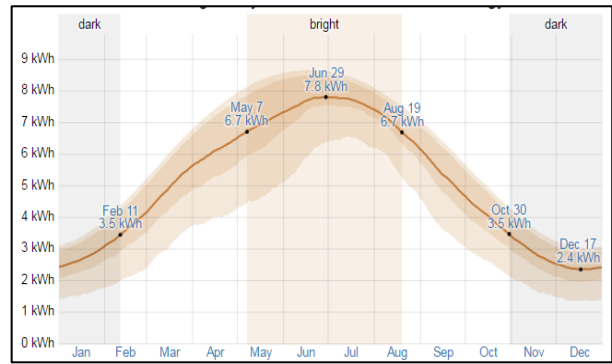


Figure II-10 : Inverse quotidien moyen Énergie solaire à ondes courtes

La période la plus sombre de l'année dure 104 jours, du 30 octobre au 11 février, avec un courant quotidien d'ondes courtes par mètre carré inférieur à 3,5 kWh. Le jour le plus sombre de l'année est le 17 décembre, avec une moyenne de 2,4 kWh.

3.1.3 Précipitations :

Une journée humide est une avec au moins 0,1 cm de précipitation liquide ou équivalente liquide. Les chances de jours humides à Alger varient tout au long de l'année.

Pour montrer la variation dans les mois et pas seulement les totaux mensuels, nous montrons les précipitations accumulées au cours d'une période de 31 jours glissante centrée autour de chaque jour de l'année. Alger présente des variations saisonnières significatives dans les précipitations mensuelles.

La période pluvieuse de l'année dure 280 jours, du 1er septembre au 8 juin, avec une pluie glissante de 31 jours d'au moins 1,3 cm. Le plus de pluie tombe au cours des 31 jours autour du 1er décembre, avec une accumulation totale moyenne de 6,8 cm.

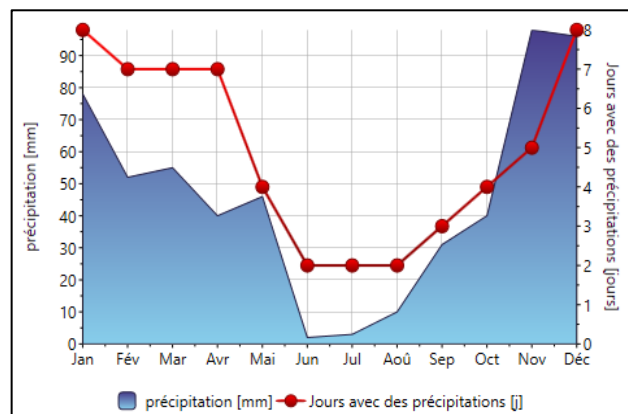


Figure II-11 : quantité de précipitations

La période sans plomb dure 85 jours, du 8 juin au 1er septembre. La moindre pluie tombe vers le 21 juillet avec une accumulation totale moyenne de 0,25 cm.

3.1.4 Humidité :

Humidité %	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Hmax	94,6	94,5	94	93,8	92,6	91,3	89,4	90,4	91,7	93,4	93,3	92,3
Hmin	60,7	57,1	54	53,8	51,3	45,9	46,5	45,3	51,8	51,1	55,3	58,5

Tableau II-2 : humidité

Nous basons le niveau de confort d'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évapore de la peau, refroidissant ainsi le corps. Les points de rosée inférieurs se

sentent plus sèches et les points de rosée plus élevés se sentent plus humides. Contrairement à la température, qui varie généralement de manière significative entre la nuit et le jour, le point de rosée tend à changer plus lentement, alors pendant que la température peut tomber la nuit, un jour moche est habituellement suivi d'une nuit mouillée.

Alger connaît une variation saisonnière très significative de l'humidité perçue.

La période difficile de l'année dure 123 jours, du 9 juin au 10 octobre, période pendant laquelle le niveau de confort est moche, oppressant ou misérable au moins 19% du temps. Le jour le moins confortable de l'année est le 10 août, avec des conditions bouillonnantes 73% du temps.

Le jour le plus confortable de l'année est le 25 janvier, alors que les conditions d'engouement sont essentiellement inouïes.

3.1.5 Les vents :

La vitesse moyenne du vent horaire à Alger présente des variations légèrement saisonnières au cours de l'année.

La partie la plus tiède de l'année dure 170 jours, du 30 octobre au 18 avril, avec une vitesse moyenne du vent de plus de 8,04 km par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 24 décembre, avec une vitesse horaire moyenne de vent de 9,17 km par heure.

Le temps le plus calme dure 195 jours, du 18 avril au 30 octobre. Le jour le plus calme de l'année est le 6 août, avec une vitesse horaire moyenne de vent de 6,92 km par heure.

La direction de vent horaire moyenne prédominante à Alger varie selon l'année.

Le vent est le plus souvent de l'est pendant 145 jours, du 10 mai au 2 octobre, avec un pourcentage maximal de 49% le 19 juillet. Le vent est le plus souvent de l'ouest pendant 220 jours, du 2 octobre au 10 mai, avec un pourcentage maximal de 47% le 16 janvier.

Les sources des données :

Ce rapport illustre le climat typique à Alger, basé sur une analyse statistique des rapports météorologiques horaires historiques et des reconstructions modèles du 1er janvier 1980 au 31 décembre 2016.

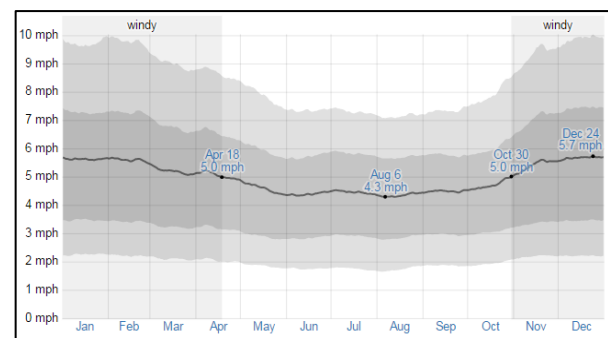


Figure II-12 : Vitesse moyenne du vent

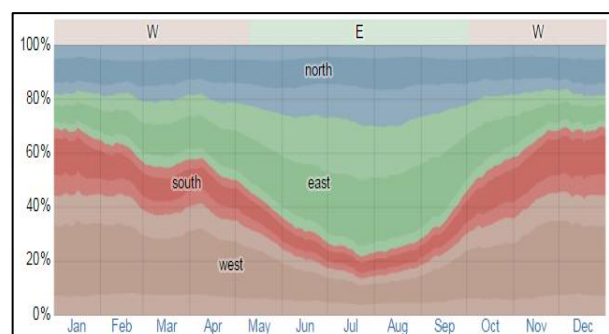


Figure II-13 : Direction du vent

3.2 La température du confort :

Pour déterminer la température de confort intérieure (la température neutre), qui délimite la gamme de confort adaptatif dans la région d’Alger, on a utilisé le modèle de confort adaptatif d’ASHRAE standar-55 (2004). Ce dernier permet de calculer la température de confort (Tconf) dans les bâtiments à ventilation naturelle en fonction de la moyenne mensuelle de la température extérieure (Ta, out) suivant la formule :

$$T_{conf} = 0.31 \times T_{a, out} + 17.8$$

Ce modèle est basé sur :

- La température moyenne extérieure (Ta, out)
- La température de confort (Tconf)
- La zone de confort (90% ou 80% d’acceptabilité).

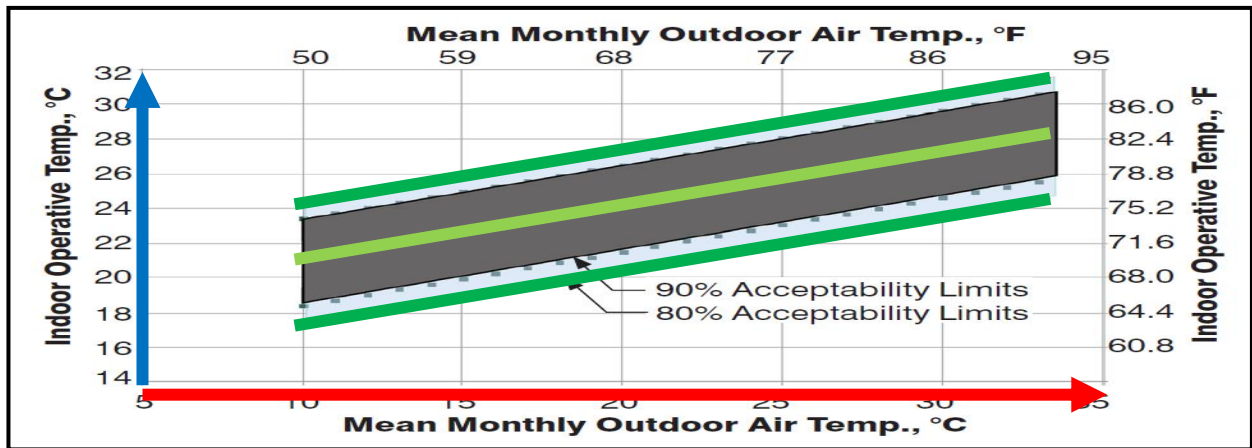


Figure II-14 : gammes de confort adaptatif selon la température moyenne extérieure mensuelle (source : ASHARA standard 55-2004)

- Détermination de températures de confort de chaque mois :

mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T ex moy	10,58	11,66	14,01	15,9	20,2	24,94	28,27	28,85	25,09	21	15,14	11,55
T confort	21,07	21,41	22,14	22,72	24,06	25,53	26,56	26,74	25,57	24,31	22,49	21,38

- Donc la température du confort est :

21,07°C en hiver

26,74°C en été

- Détermination de la zone du confort :

On peut la déterminer directement on utilisant ‘Accebility Limits’ en ajoutant 2.5 de chaque côté :

Température	T moy	T moy de confort
T d’été (le mois le plus chaud)	28,85	26,74(+2,5 ou -2,5)
T d’hiver (le mois le plus froid)	10,58	21,07 (+2,5 ou -2,5)

Ou on utilise le modèle de confort adaptatif d'ASHRAE standar-55 (2004) :

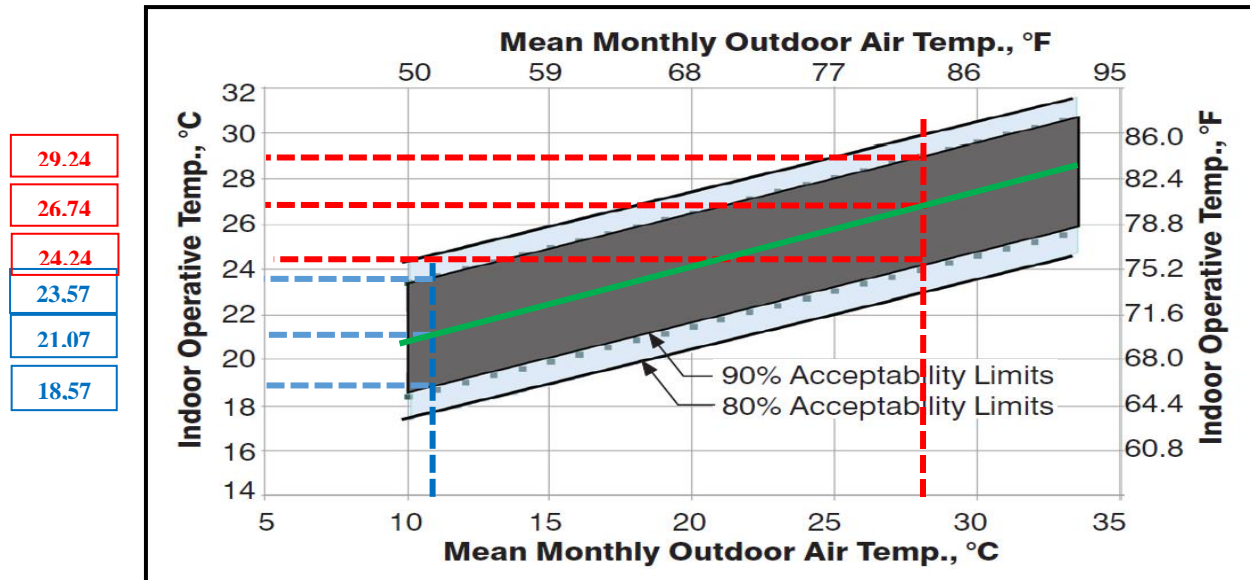


Figure II-15 : Gammes de confort adaptatif dans la région d'Alger, selon la température moyenne extérieure mensuelle (source : ASHRAE standard 55-2004. adapté par l'auteur)

Donc la zone du confort est :

- Entre 18,57°C (min) et 23,57°C (max) en hiver
- Entre 24,24°C (min) et 29,24°C (max) en été.

Les températures moyennes extérieures des mois d'hiver, de même que les mois d'été se situent en dehors des limites thermiques d'acceptabilité (gamme de confort). Cela exige une conception architecturale performante des bâtiments pour atteindre le confort thermique acceptable des occupants.

3.3 Analyse bioclimatique de la zone d'Alger :

En se basant sur l'application du diagramme psychométrique de Szokolay, et les tables de Mahoney.

3.3.1 Application du diagramme psychométrique (Szokolay) :

Ce diagramme nous permet d'avoir la situation de notre zone par rapport de la zone du confort, ensuite il nous aide d'atteindre la zone du confort en utilisant les stratégies proposé par le diagramme.¹

Le diagramme appliqué à Alger est présenté dans les figures suivantes. Ce diagramme indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort.

¹ S.V. Szokolay, 'Environmental Science Handbook for Architects and Builder', the Construction Press, Lacastre, London, New York, 263 p. 1979.

a- Saison hiver :

On a choisis trois mois pour l'étude de confort d'hiver (décembre, janvier, février), les stratégies données par le diagramme pour atteindre le confort d'hiver sont :

- Un chauffage solaire passif est nécessaire (favoriser le chauffage par l'ensoleillement, une bonne pénétration du soleil en hiver, utiliser les matériaux appropriés, agir sur les parois...).
- La chaleur captée le jour peut être aussi restituée la nuit grâce à la masse thermique, car, durant cette saison, les températures nocturnes sont très froides
- Cependant, il y a une partie importante de la saison d'hiver nécessite un chauffage actif (ce chauffage peut être de type actif, capteurs solaires ou de type conventionnel (chauffage courant à gaz, mazout...).

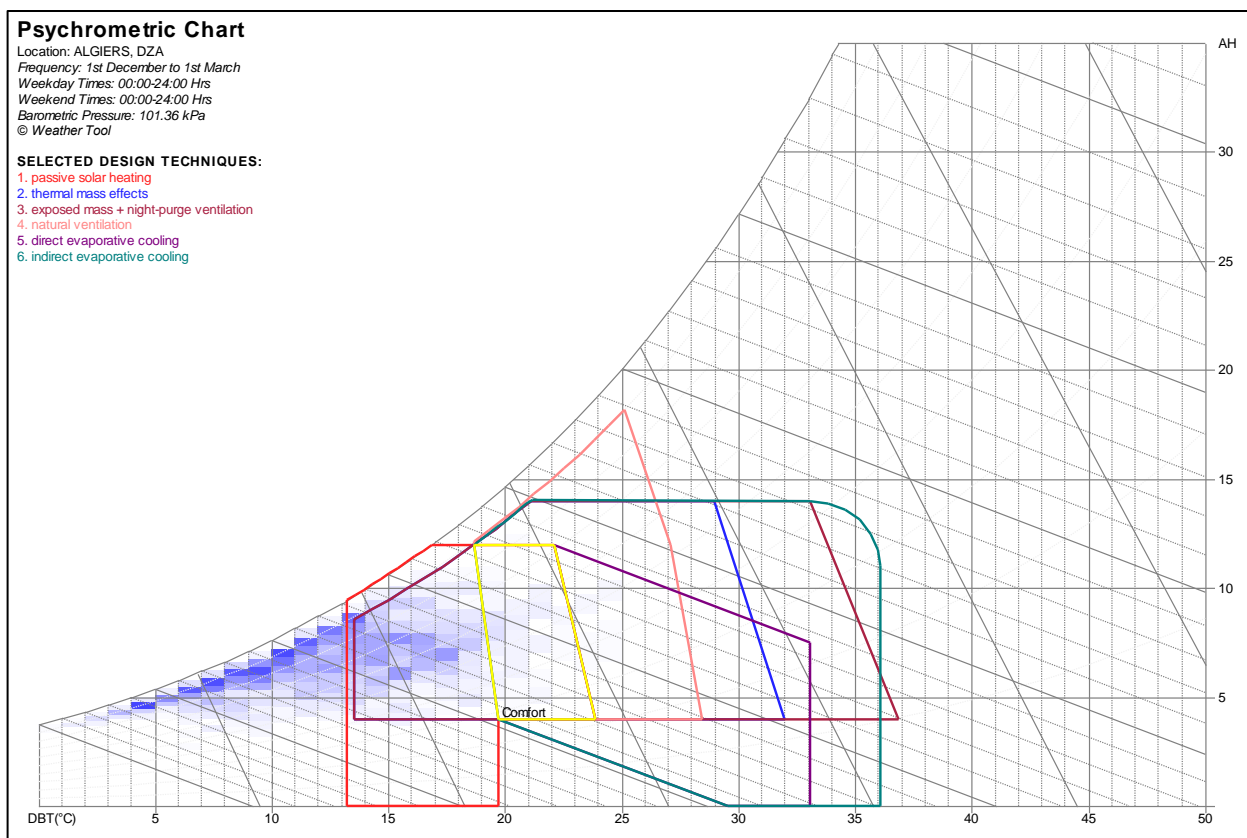


Figure II-16: Diagramme psychrométrique d'Alger des mois d'hiver, tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011.
 (Source : Auteur)

b- Saison d'été :

Saison étendu contient cinq mois (mai, juin, juillet, aout, septembre), les stratégies déterminées par le diagramme pour atteindre le confort d'été sont :

- Refroidissement passif par évaporation
- La ventilation naturelle
- Grand masse thermique et ventilation nocturne
- L'isolation thermique.

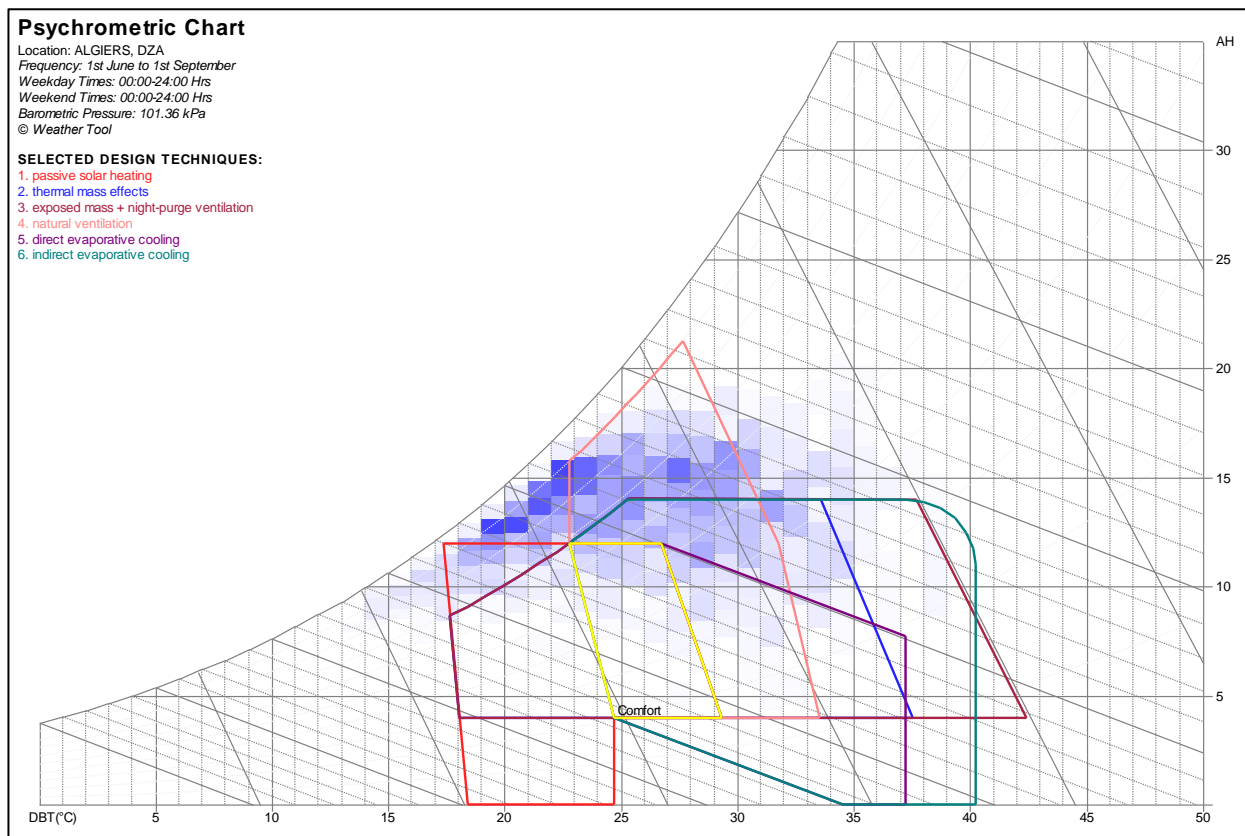


Figure II-17: Diagramme psychrométrique d'Alger des mois d'été, tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011.
 (Source : Auteur)

3.3.2 Application des tables de Mahoney :

A partir de l'application de la méthode de Mahoney² (Annexe) qui se base sur l'utilisation des données climatique : les températures moyennes, l'humidité relative, les précipitations, on a retenus les recommandations nécessaires pour la réalisation d'un bâtiment confortable dans la région d'Alger :

- 1- Plan de masse : -bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer L'exposition au soleil.
 -plans compacts avec cours intérieures.
- 2- Espacements entre bâtiments : plans compacts.
- 3- Circulation d'air : -bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation D'air permanent.
 -bâtiments à double orientation permettant une circulation d'air Intermittente.
 -circulation d'air inutile.

² M. Sala, C. Gallo and A.A.M. Sayigh, 'Architecture: Confort and Energy, Elsevier, Oxford, 234 p. 1998.

- 4- Dimensions des ouvertures : moyenne, 25 à 40% de la surface des murs.
- 5- Position des ouvertures : ouvertures dans les murs nord et sud.
- 6- Murs et planchers : construction massive, décalage horaire supérieur à 8 heures.
- 7- Toiture : légère et bien isolé.

3.4 La programmation qualitative et quantitative :

Le Siège Administratif de la CNA				
Niveau	Désignation	Nombre de bureau	Surface (m²)	
Rez-de-chaussée	Salle de conférence	1	251	
	Salle d'archive	1	94	
	Atelier de travail	2	83	
	Foyers	2	180	
	Bibliothèque	1	209	
	Hall d'exposition	1	211	
	Cour et galerie		399	
	Département administration			
	Bureaux	8	130	
	Bureau chef département	2	36	
Hall administratif				
Total			1702	
1^{er} étage	Département de l'Org-Profes			
	Bureaux	6	92	
	Bureau chef département	2	36	
	Hall administratif		56	
	Archive		87	
	Salle de réunion	2	90	
	Département Pro-Végétal			
	Bureaux	6	92	
	Bureau chef département	2	36	
	Hall administratif		56	
Total			545	
2^{ème} étage	Département Pro-Animal			
	Bureaux	6	92	
	Bureaux chef département	2	36	
	Département Informatique			
	Bureaux	6	92	
	Bureaux chef département	2	36	
	Archive	1	15	
	Couloir-Circulation		60	
	Département du président			
	Bureaux du président	2	50	
Bureau du S/G	2	50		
Salle de réunion/conseil	1	81		

	Bureaux assistants	3	46
	Salle d'honneur	1	58
	Archive	1	15
	Couloir-circulation		60
	Total		691
	Total Général		2938

Le laboratoire de recherche			
Niveau	Désignation	Nombre de bureau	Surface (m²)
Rez-de-chaussée	Salle de conférence	1	251
	Laboratoire	2	160
	Laboratoire	2	200
	Salle d'exposition	1	80
	Salle d'archive	1	45
	Cour et galerie		399
	Total		1135
1^{er} étage	Bureaux	10	180
	Bureau chef département	4	60
	Salle de réunion	1	48
	Bibliothèque	1	60
	Salle d'informatique	1	38
	Salle d'archive	1	35
	Imprimerie	1	20
	Couloir et circulation		60
	Total		501
2^{ème} étage	Bureau de président	1	26
	Bureau de S/G	1	26
	Bureaux assistants	2	36
	Salle de réunion	1	38
	Salle d'honneur	1	38
	Salle d'archive	1	30
	Couloir et circulation		60
	Total		254
	Total général		1890

4 Conceptualisation du projet

4.1 Recommandation du site :

- Plan de masse :
 - bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil.
 - plans compacts avec cours intérieures.
- Espacements entre bâtiments : plans compacts.
- Circulation d'air :
 - bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanent.
 - bâtiments à double orientation permettant une circulation intermittente.
 - circulation d'air inutile.
- Dimensions des ouvertures : moyenne, 25 à 40% de la surface des murs.

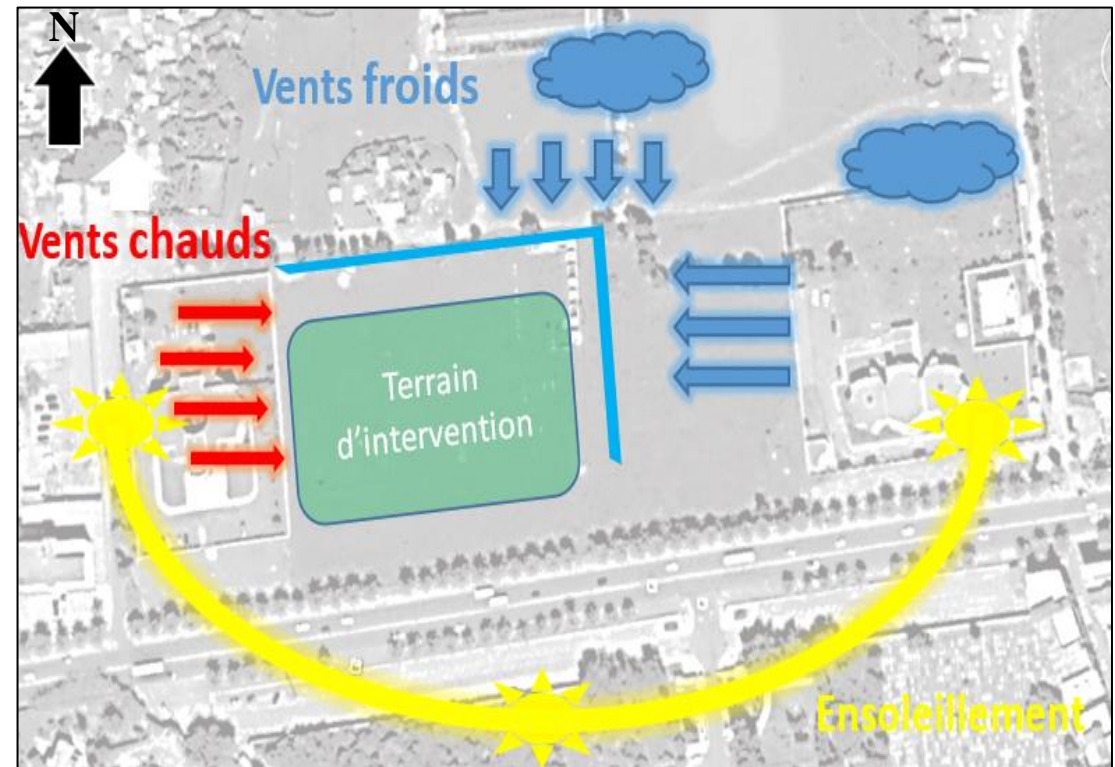


Figure II-18: contraintes du site (source : auteurs)

- Position des ouvertures : ouvertures dans les murs nord et sud.
- Murs et planchers : construction massive, décalage horaire supérieur à 8 heures.
- Toiture : légère et bien isolé, l'utilisation des toitures vertes.
- L'utilisation des bassins d'eau au-dessus de la façade sud pour garantir le rafraîchissement passive dans les espaces.
- L'implantation des barrières vertes sur le côté nord (végétation persistantes), sur le côté sud et ouest (végétation saisonnière).

4.2 L'idée d'inspiration :



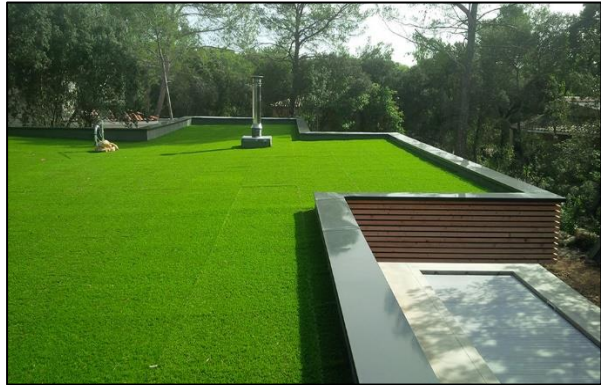



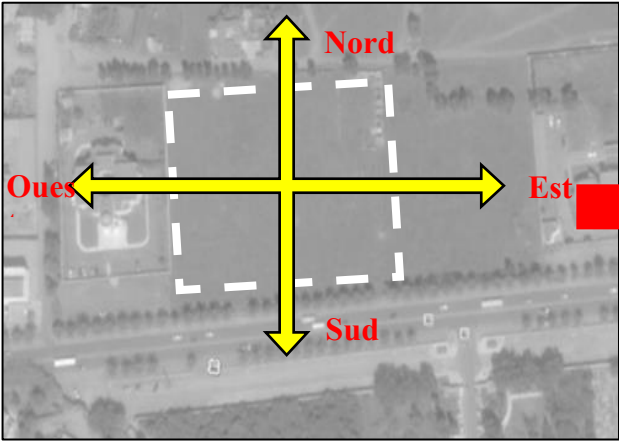
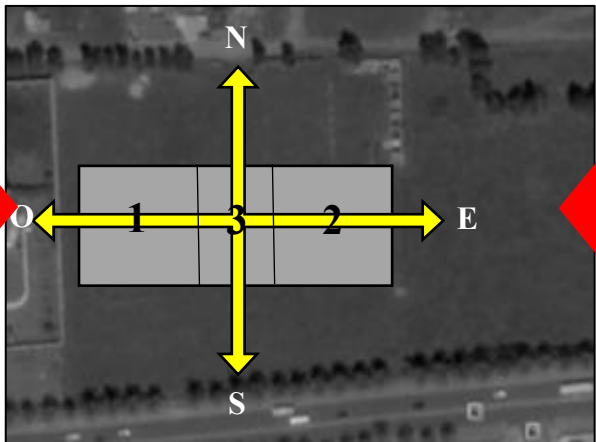
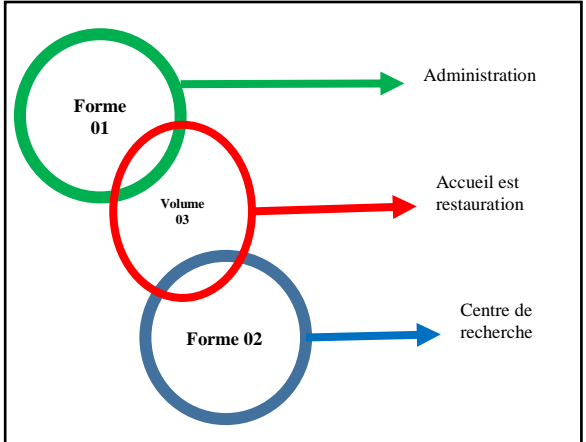
Elément d'inspiration		
Forme	Façade	Toiture
<p>Forme fluide (Zaha Hadid)</p> 	<p>Façade vitré en bandeaux (Le Corbusier)</p> 	<p>Toiture jardin</p> 
<p>Métaphore : La fleur violette inspirée de la nature et relative au terme agriculture</p> 	<p>Les murs rideaux et les façades double peaux pour l'aspect esthétique</p> 	<p>Le patio et l'atrium</p> 

Tableau II-3: les éléments d'inspiration (source : auteurs)

4.3 Conceptualisation de la forme :

Dans une optique de mixité sociale et fonctionnelle, et dans un contexte énergétique notre projet consiste à concevoir un immeuble à usage administratif et a basse consommation énergétique, notre projet occupe un terrain de 13500m², se compose de deux grand entité de même thème et de déférente fonction , un immeuble administratif « chambre d’agriculture » et un centre de recherche agricole, partage le même espace d’accueil et une salle de conférence commune. L’ensemble est d’une gabarie de r+2 de 11,50m et une superficie totale de bâti de 3200m²

Par rapport au climat	Résultats	Jeunesse de la forme
<p><u>L'orientation :</u> Selon les recommandations déterminées dans les phases précédentes notre projet doit être allongé selon un axe longitudinal Est/Ouest</p> 	<p><u>Résultat :</u> Forme compact s’occupe sur ¼ de la surface total de terrain d’intervention orienté vers le sud</p> 	<p><u>L'orientation :</u> Notre projet s’agit d’une forme compacte contient trois différents fonctions</p> 

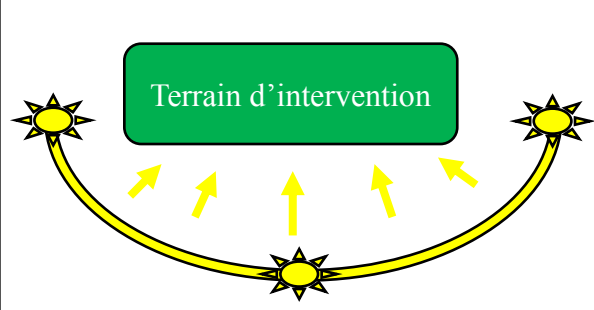
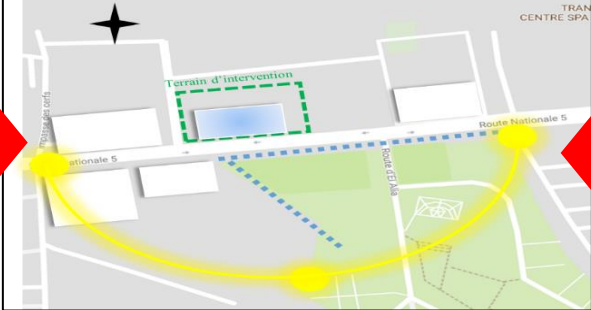
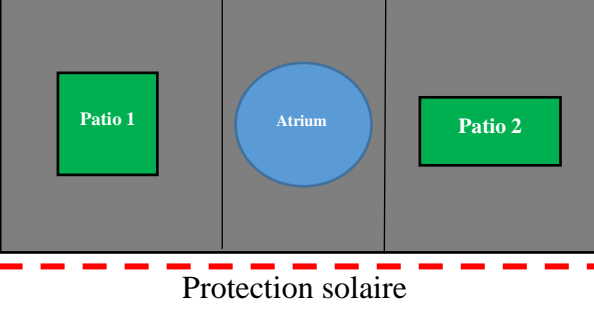
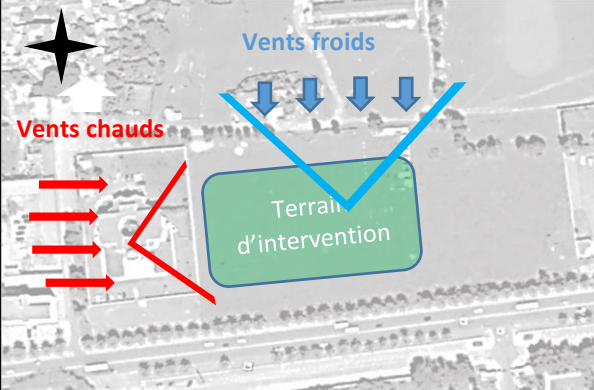
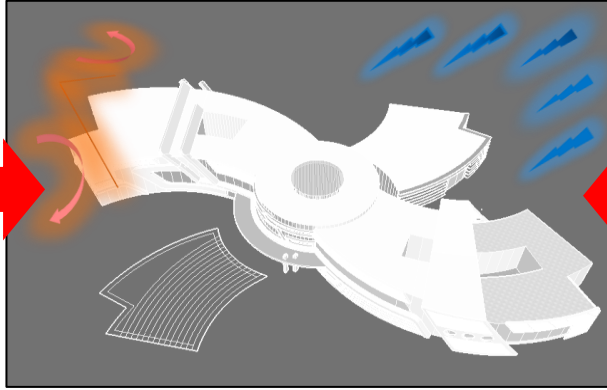

<p><u>L'enseillement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Profiter le maximum des gains solaires -Façade exposé entièrement au sud -Protection solaire recommandé -L'intégration du patio et atrium 	<p><u>Résultat :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Le volume est bien enseillé -Le patio et l'atrium améliorent garantissent l'éclairage naturel pour les espaces non exposé au soleil 	<p><u>L'enseillement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Patio 1 : forme carré coté Est -Patio 2 : forme rectangulaire côté ouest -Atrium central : forme circulaire 
<p><u>Par rapport au climat</u></p> <p><u>Les vents :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Profiter le maximum des vents froids pour le rafraîchissement passif -Diminuer l'effet des vents chauds ouest 	<p><u>Résultat :</u></p> <p>Forme fluide compacte fonctionne bien aux vents chauds de l'ouest et aux vents froids de nord et est.</p> 	<p><u>Jeunesse de la forme</u></p> <p><u>Les vents :</u></p> <p>Pour donner un aspect de fluidité à la forme qui nous aide à gérer les vents dominant on a utilisé des formes circulaires et des arcs.</p> 

Tableau II-4 : conceptualisation de la forme (source : auteurs)

5 Description du projet :

5.1 Plan de masse

Notre projet s'éclate sur un terrain de 13500 m² est accessible par la route nationale n° par de deux accès mécanique est un accès piéton.

L'accès piéton défini par une pergola qui mène directement au projet, la circulation piétonne gérée par la forme de projet.

L'accès mécanique Est (1) : mène sure le premier parking réservé pour le centre de recherche pour une quinzaine de voiture.

L'accès mécanique Ouest (2) : donne sur le parking préservé pour l'immeuble de bureau d'une forme circulaire suffisant pour une vénitienne de voiture.

Les aire de repos : le projet contient deux air de repos l'un est au côté sud de projet et l'autre situé au derrière de projet ces deux air sont animés par des fontaines d'eau et des surfaces vertes.



Figure II-19: plan de masse

5.2 Elévation :

Notre projet est de R+2 (11.50m), suivent les réglementations de pos de notre zone d'étude, en effet, on a fait une dégradation des auteurs suivis la continuité de la façade urbain, de l'est à l'ouest ou on trouve au côté est une forte existence des gabarits de r+1 par contre au côté ouest on remarque une mixité des gabarits entre R+2 jusqu'au R+5 (pour les habitations collectifs).

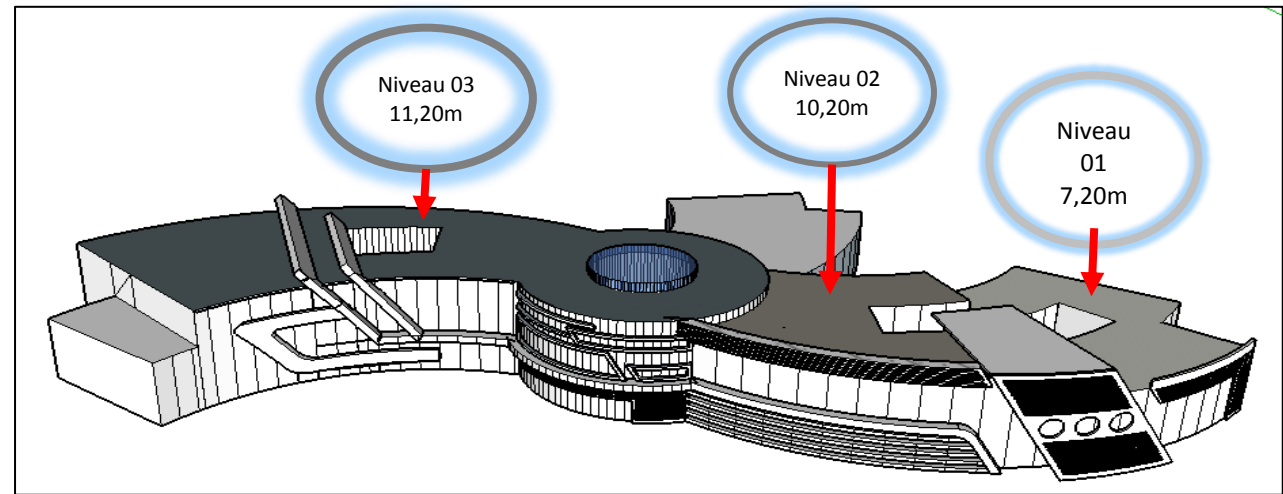


Figure II-20 : niveaux d'élévation (source : auteurs)

5.3 Description des plans :

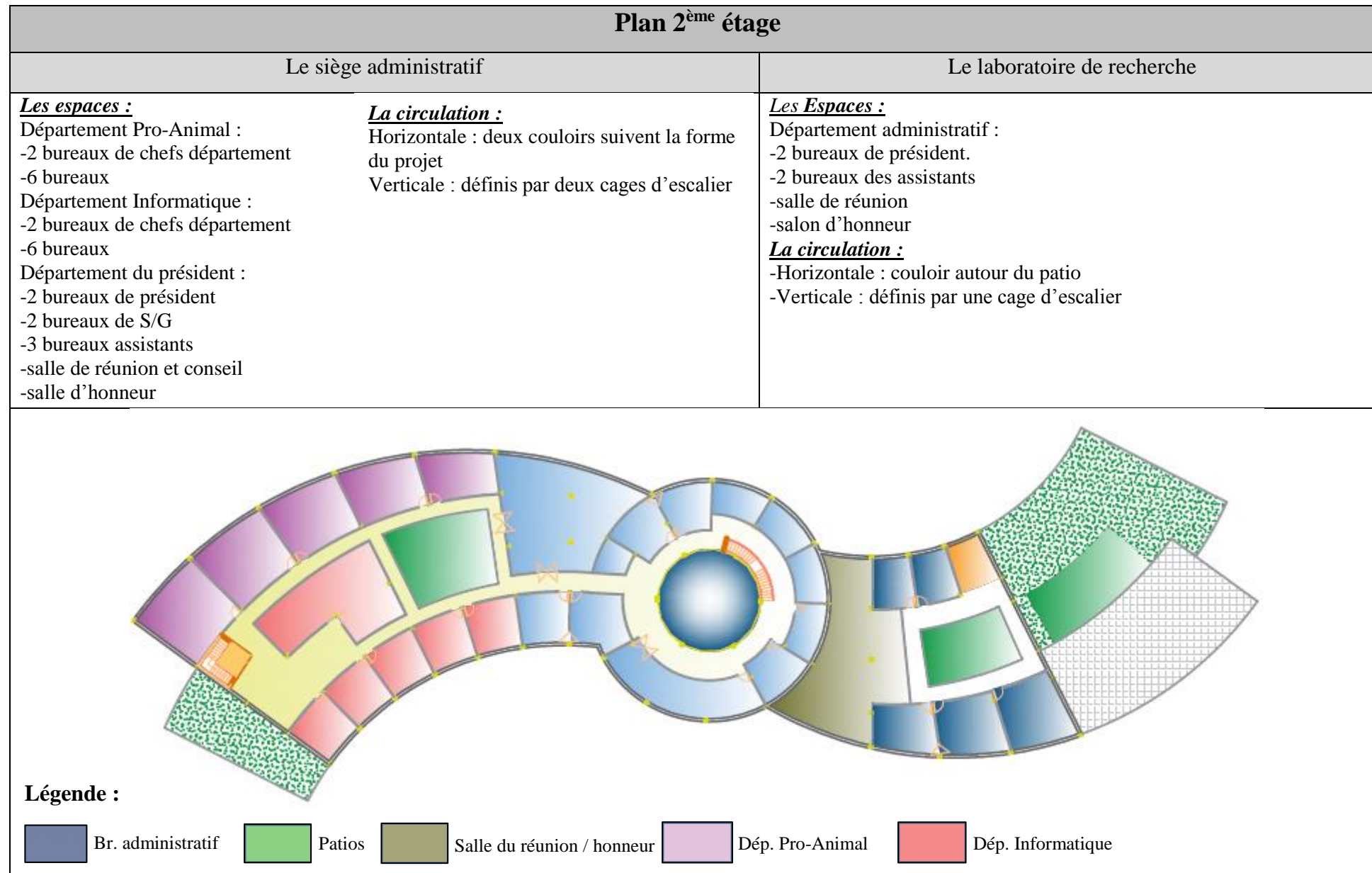
Notre projet est constitué de quatre volumes par rapport la fonction, un sièges administratif, et un laboratoire de recherche, et un grand espace d'accueil qui relie les deux volumes, et une salle des conférences

La conception des plans a été faites par distribution des fonction d'une manière bien organisée, en séparant entre les espaces de travail et les visiteurs et les bureaux et les espaces d'accueil et de restauration pour assurer le confort a tous les occupants, pour cela les niveaux supérieurs est réservés pour les espaces privés, et le niveau inférieur pour les espaces de travail et les espaces publics.

L'accès principale au bâtiment se trouve dans le milieu de la façade principale ou se trouve un espace d'accueil et un foyer, ou on peut accéder au deux projet soit le siège administratif soit le laboratoire de recherche et aux autres étage par des escaliers qui se trouve autour de l'atrium.

Plan R D C								
Le siège administratif	L'espace d'accueil	Le laboratoire de recherche						
<p><u>Les espaces :</u> -hall d'exposition -6 bureaux -bibliothèque -une salle de prière</p> <p><u>La circulation :</u> -Horizontale : suit la forme du projet.</p>	<p><u>Les espaces :</u> -hall d'accueil -foyer -sanitaires -local technique</p> <p><u>La circulation :</u> -Horizontale : circulation libre</p>	<p><u>Les espaces :</u> -salle d'exposition -4 laboratoires de recherche</p> <p><u>La circulation :</u> -Horizontale : deux couloirs suivent la forme du projet</p>						
<p>Légende :</p> <table border="0"> <tr> <td> Autre espaces</td> <td> Patios</td> <td> Espaces de travail</td> <td> Espaces de travail</td> <td> Escalier</td> <td> Circulation horizontale</td> </tr> </table>			 Autre espaces	 Patios	 Espaces de travail	 Espaces de travail	 Escalier	 Circulation horizontale
 Autre espaces	 Patios	 Espaces de travail	 Espaces de travail	 Escalier	 Circulation horizontale			

Plan 1 ^{er} étage		
Le siège administratif	L'espace d'accueil	Le laboratoire de recherche
<p>Les espaces : Département de l'Org-Profes : -2 bureaux de chefs département -6 bureaux -salle de réunion Département Pro-végétale : -2 bureaux de chefs département -6 bureaux -salle de réunion Circulation : -Horizontale : deux couloirs suivent la forme du projet -Verticale : définis par deux cages d'escalier, commun et privé.</p>	<p>Les espaces : -restauration La circulation : -Horizontale : libre -Verticale : définis par une cage d'escalier centrale</p>	<p>Les espaces : -5 bureaux -2 bureaux de chefs département -salle de réunion -bibliothèque -salle d'informatique La circulation : -Horizontale : deux couloirs suivent la forme du projet.</p>
<p>Légende :</p> <p> Br. Département Patios Salles de réunion Restauration Bibliothèque / Informatique </p>		



5.4 Traitement des façades :

5.4.1 Façade principale :

La façade principale est exposée au sud étendu sur l'axe est/ouest un peu près de 120 m et élevé de 11,50 m, avec une dégradation légère de l'est vers l'ouest à partir de 8,20m en préservant la continuité de la façade urbaine.

Le pourcentage d'ouverture est de 40% des façades (recommandé dans la partie précédente) en utilisant le double vitrage, la protection solaire et les murs rideaux pour le bon éclairage et pour préserver le confort d'été et minimiser les déperditions thermiques.

La partie Est de la façade est plus fermée dont le but de minimisé le surchauffe et la lumière sur les laboratoires en utilisant des murs rideaux et des protections solaires d'une manière dense, et contrairement en traitant la deuxième partie de la façade ou on utilise suffisamment des protections solaire horizontal pour chaque étage (l'utilisation des éléments esthétique en inclinaison de 45°).

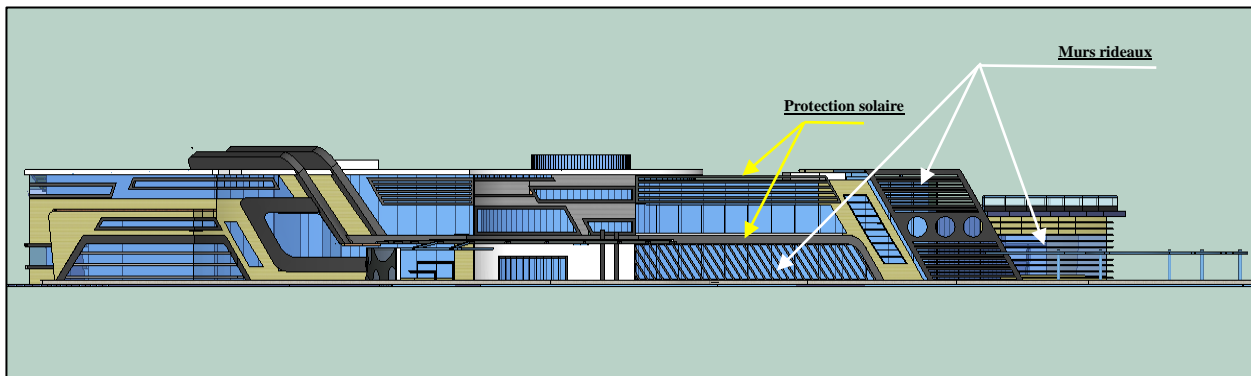


Figure II-21 : façade sud

5.4.2 Façade nord :

La façade nord est plus vitrée que la façade principale pour qu'on puisse assurer un éclairage naturel maximal et favorable, le vitrage utiliser est le simple vitrage, le pourcentage d'ouverture recommandé est de 40%. (L'utilisation des éléments esthétique)

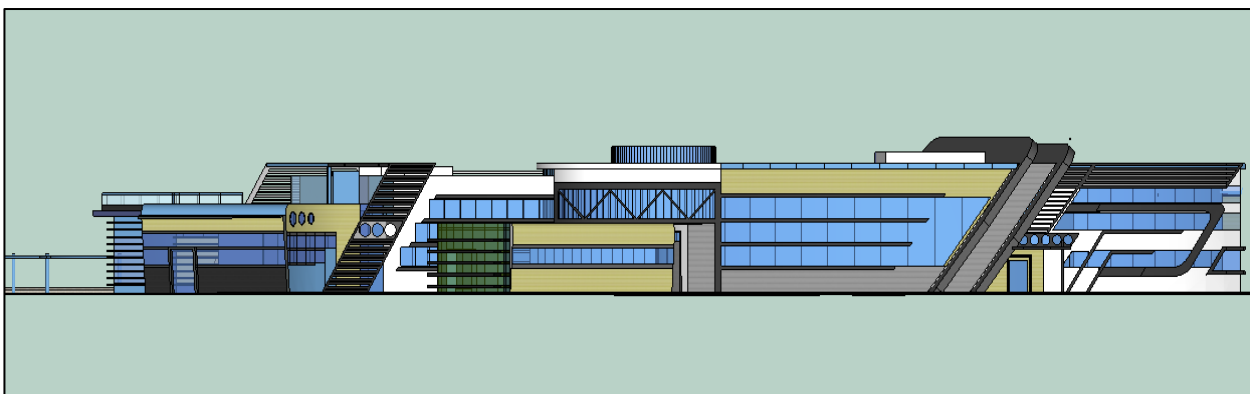


Figure II-22 : façade nord

5.4.3 Façades est/ouest :

Les deux façades sont de 25 m de largeur et de la même hauteur, la façade côté ouest est fermée par rapport au côté Est (l'utilisation des éléments esthétique)

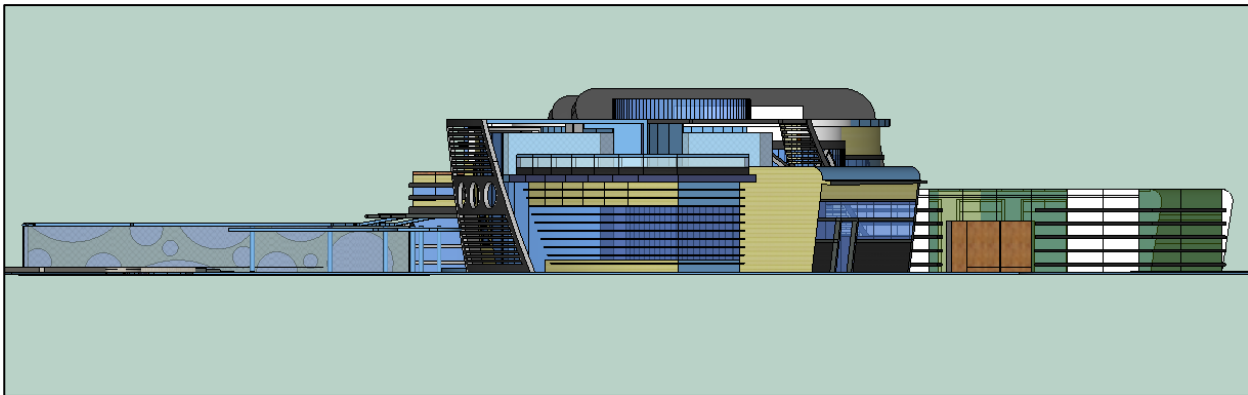


Figure II-24 : façade est

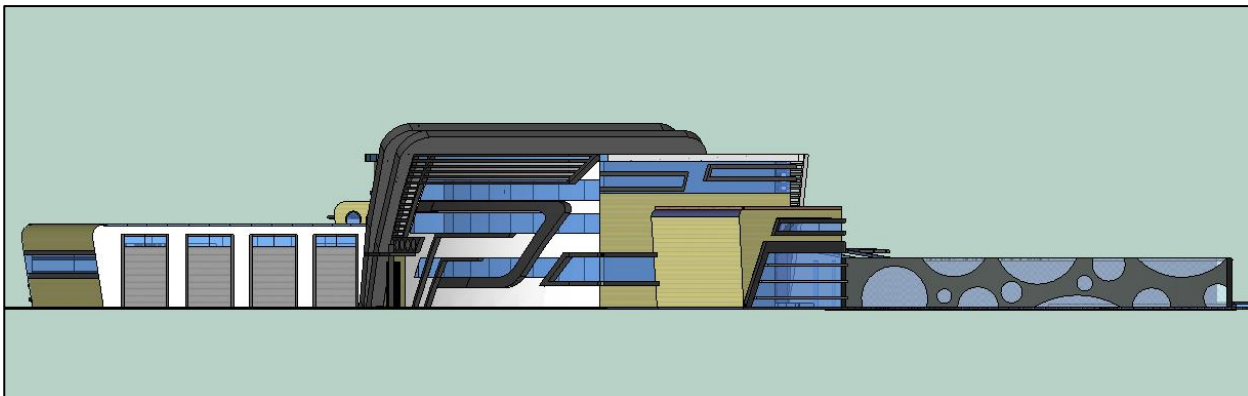


Figure II-23 : façade ouest

5.4.4 Coupes verticales :

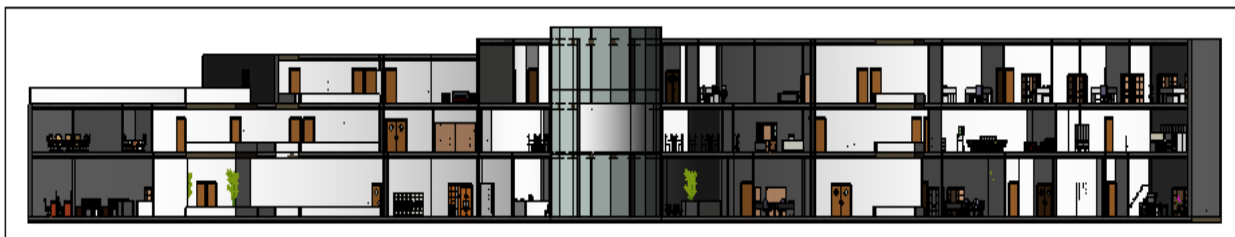


Figure II-27 : coupe sur la longueur du projet

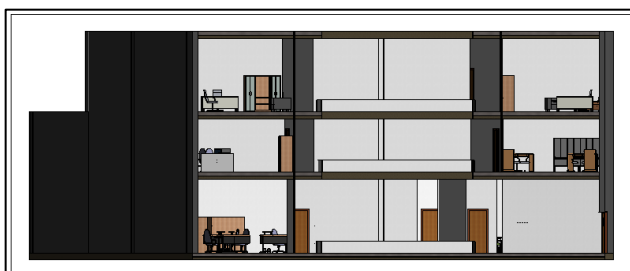


Figure II-26 : coupe sur le patio 1

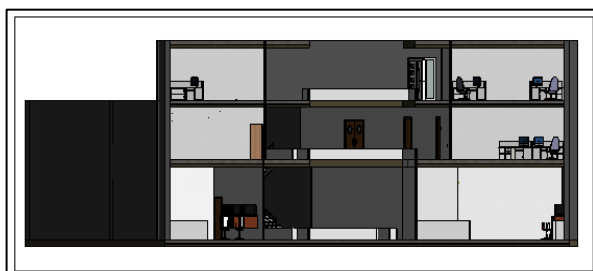


Figure II-25 : coupe sur le patio 2

5.5 Analyse technique :

5.5.1 Structure :

La structure :

On a choisis pour notre projet la structure métallique mixte arrondis.

Le choix de structure :

Une ossature métallique est une structure dans laquelle les appuis, les poteaux, les poutres centralisés en acier.

Ces éléments de construction « rigides » permettent de dégager de grands espaces utiles au sol. La portée des éléments d’ossature peut atteindre plusieurs dizaines de mètres.

En outre le poids de ces éléments d’ossature, comparé à ceux d’une même structure en béton armé (ou maçonnerie) est réduit et allégé considérablement les charges transmises au sol.

Le type de la trame de la structure est la trame centralisé avec une portée maximale de 14m.

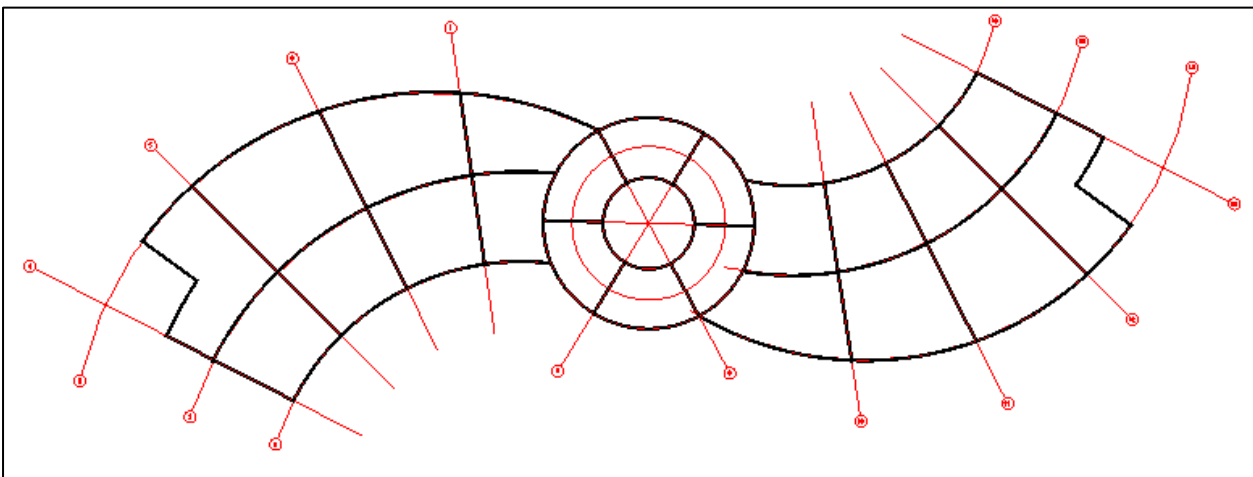
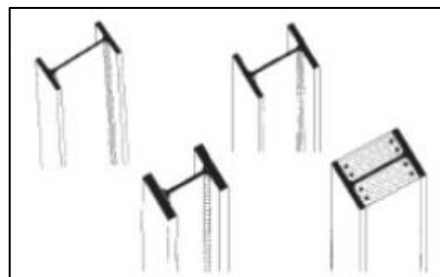


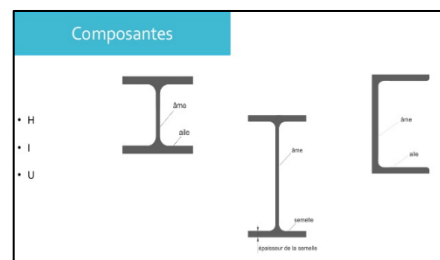
Figure II-28: plan de structure (source : auteurs)

Type de poteaux :

Section en I (laminés) : c’est la forme la plus courante et la plus économique, convient particulièrement bien au raccordement de poutre dans les deux directions.



Type de poutres : les poutres continues (simples) ce sont des poutres a un seul profilé constituées par des fers en I, H, L, T chacune comprend deux parties : l’âme et les semelles.



Assemblage :

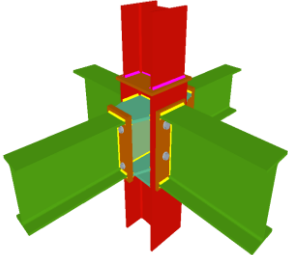
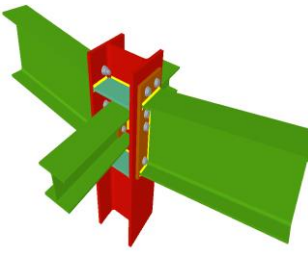
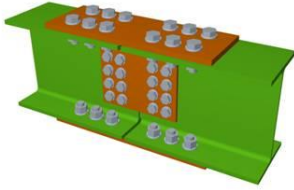
Type d'assemblage	Poteaux central / poutres	Poteaux de rive / poutres	Poutre / poutre
Liaison			

Tableau II-5: types d'assemblage (source : auteurs)

5.5.2 Plancher collaborant :

Le plancher collaborant également appelé « plancher mixte » associe l'acier et le béton. Tout comme les autres planchers.

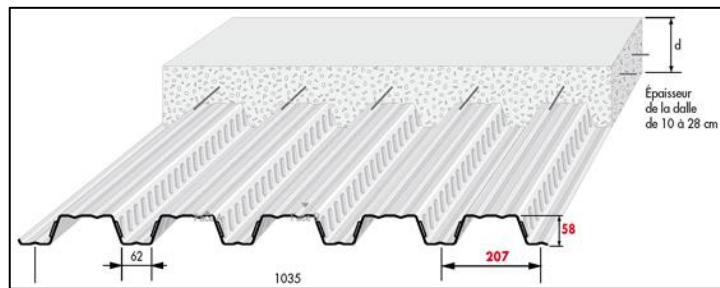


Figure II-29 : plancher collaborant (source : Google image)

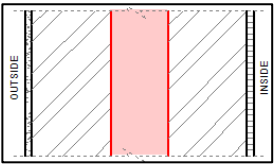
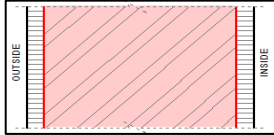
Le choix de plancher collaborant :

Le plancher collaborant se distingue par sa grande capacité portante, sa rapidité de mise en œuvre et son coût moindre.

Et il joue le rôle d'un très bon isolant thermique dans le bâtiment.

5.5.3 Matériaux de construction :

Notre choix des matériaux est tombé sur l'acier en figure de poteau / poutre et le brique pour les murs. Le choix est fait par rapport au rendement thermique des matériaux et leurs disponibilités et la facilité de la mise en œuvre.

Paroi	composantes	e (cm)	λ^3 (w/m.k)	Coupe
Mur extérieur	-enduit ciment -brique -lame d'air -brique -enduit plâtre	0.1 10 0.8 10 0.1	0.75 0.71 5.56 0.71 0.43	
Mur intérieur	-enduit plâtre -brique -enduit plâtre	0.1 10 0.1	0.43 0.71 0.43	

³ λ : la conductivité thermique du matériau (w/m.k).

Plancher bas	-plaque grecquée en acier	5	15.3	
	-béton armé	10	0.75	
	-revêtement du sol	1	0.3	
Plancher haut	-plaque grecquée en acier	5	15.3	
	-béton armé	10	0.75	
	-revêtement du sol	1	0.3	

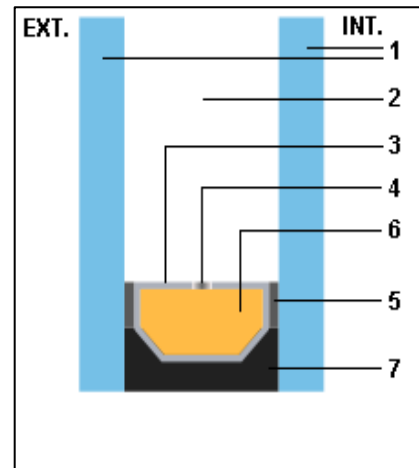
Tableau II-6: matériaux utilisés (source : auteurs)

5.5.4 Le type de vitrage :

Dans notre projet le choix de vitrage à partir des expériences précédentes est tombé sur le modèle de double vitrage.

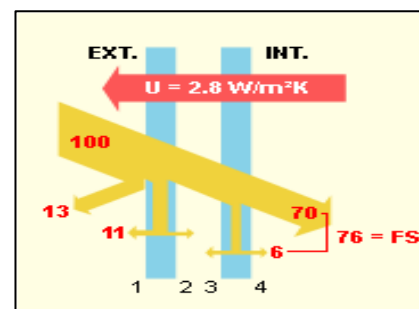
Composante de l'unité :

1. Feuilles de verre.
2. Air et/ou gaz déshydraté.
3. Espaceur fixant l'espace entre les feuilles de verre.
4. Ouverture pour l'absorption d'humidité.
5. Première barrière d'étanchéité.
6. Desséchant.
7. Seconde barrière d'étanchéité.



Caractéristique énergétique :

La transmission solaire du double vitrage est légèrement plus faible que celle du vitrage simple car la chaleur qui traverse le vitrage est absorbée et réfléchiée par deux couches et non une seule.

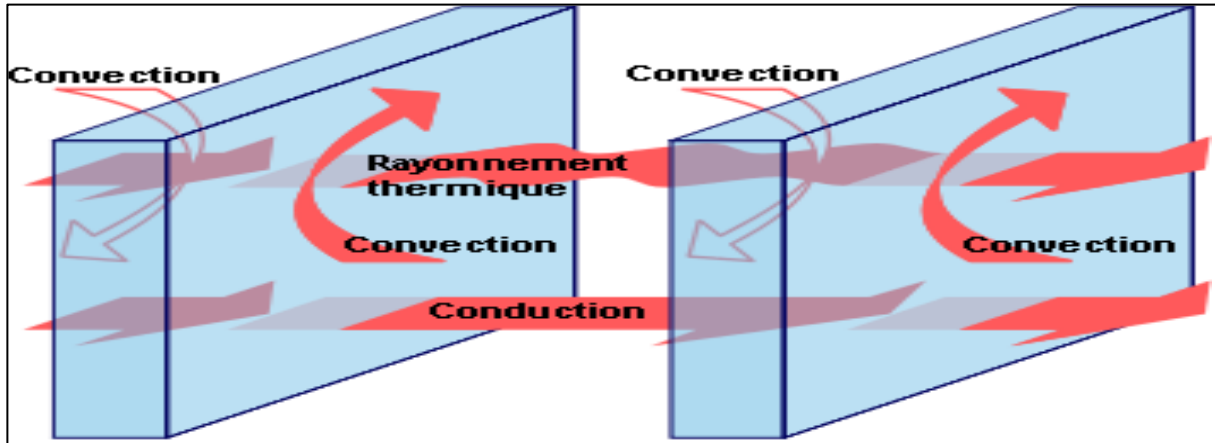


Transmission de chaleur :

L'intérêt du dispositif est de bénéficier du pouvoir isolant apporté par la lame d'air ou de gaz, et de faire baisser de la sorte le coefficient de transmission thermique U du vitrage.

La transmission de chaleur dans la lame d'air se fait par convection, rayonnement et conduction. Elle se fait par conduction et rayonnement dans le verre.

La présence de la lame d'air permet de limiter les pertes de chaleur par conduction, la conductivité thermique de l'air (0.025 W/mK (à 10°C)) étant nettement inférieure à celle du verre (1 W/mK).



5.5.5 Techniques bioclimatique :

Dans notre projet et pour améliorer le confort thermique et minimiser la consommation d'énergies dans un contexte de l'architecture bioclimatique, on fait appelle a quelque technique de construction recommandé dans les phases de recherche précédentes sont démontré au-dessus.

➤ **Patios et atrium :**

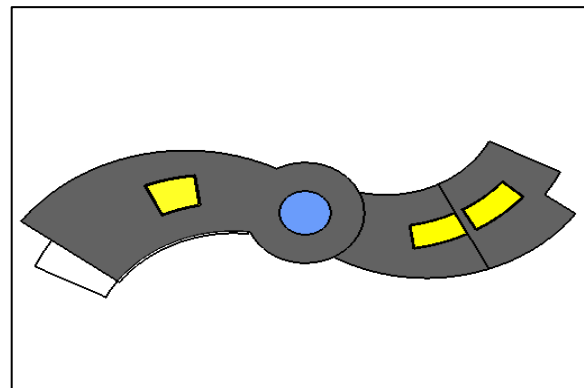
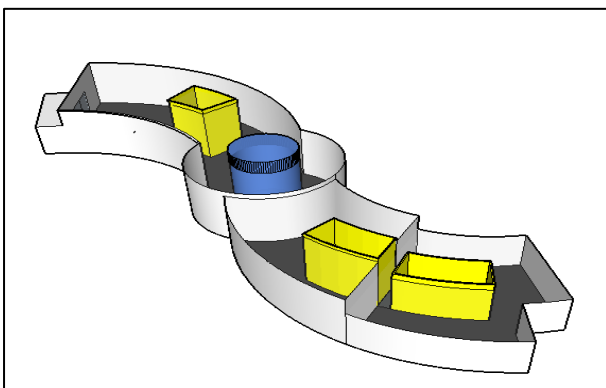


Figure II-30 : emplacement des patios et l'atrium (source : auteurs)

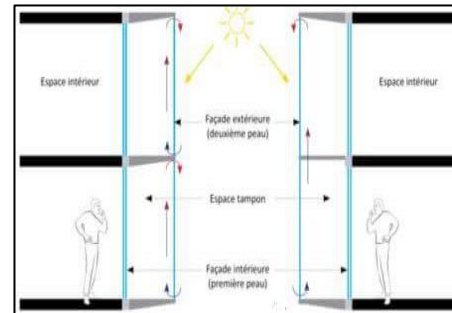
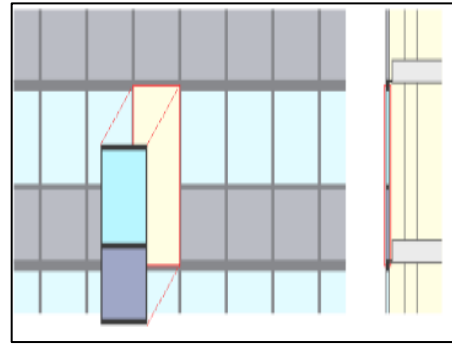
Technique	Caractéristiques	Fonctionnement	schéma explicatif
Patio	<p><u>Forme</u> : 2 patio rectangulaire et 1 de forme carré.</p> <p><u>Superficie</u> : le totale de surface des patios et de 1/6 de la surface totale de projet. (195m²)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Garantir l'aération de projet. -Amélioré l'éclairage naturel. -Rafrachissement passif -Ventilation naturel. 	
Atrium	<p><u>Forme</u> : circulaire</p> <p><u>Superficie</u> : 80m²</p> <p><u>Emplacement</u> : centralisé</p>	<ul style="list-style-type: none"> - garantir l'aération de projet. - Amélioré l'éclairage naturel. 	

Tableau II-7: intégration du patio et atrium (source : auteurs)

➤ **Les murs rideaux :**

Avantages techniques et économiques recherchés :

- légèreté (50 à 80 kg/m²), soit 20 à 30 % du poids d'une construction traditionnelle.
- encombrement réduit (de 10 à 20 cm), soit un gain de 10 à 30 cm par rapport à la construction traditionnelle.
- préfabrication industrielle permettant une grande vitesse de mise en œuvre.
- performances d'étanchéité à l'eau, à l'air et au vent, supérieures à une construction traditionnelle.
- entretien réduit.
- larges possibilités d'adaptation au niveau du concept



➤ **Toiture jardin :**

On a intégré une toiture végétalisée au côté Est de projet sur la partie laboratoire de recherche d'une superficie de 175m², et au côté ouest d'une surface de 95m² pour les raisons suivantes :

- La qualité et la biodiversité dans le paysage urbain
- Gestion optimale de l'eau.
- Confort thermique et acoustique.
- Longévité accrue de l'étanchéité.

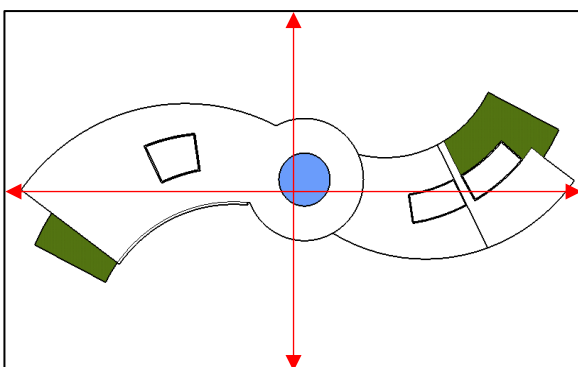


Figure II-32 : emplacement des toitures végétales (source : auteurs)

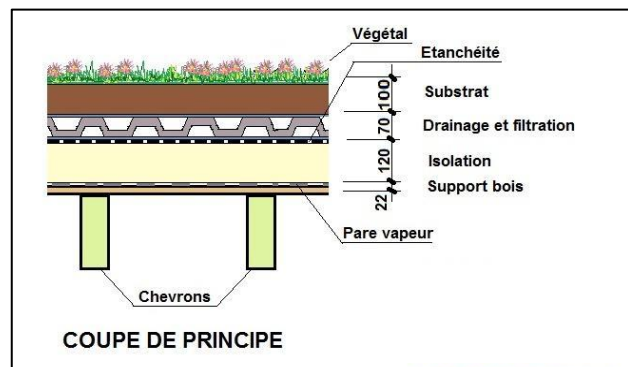


Figure II-31 : composants de toiture végétale

➤ **Puit canadien :**

Pour garantir une meilleure ventilation des espaces de travail (laboratoire de recherche et atelier de travail) on fait appel au système de puit canadien

Avec une construction simple et non coûteuse, le puits canadien consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air neuf de renouvellement d'air hygiénique par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1.5 mètre.

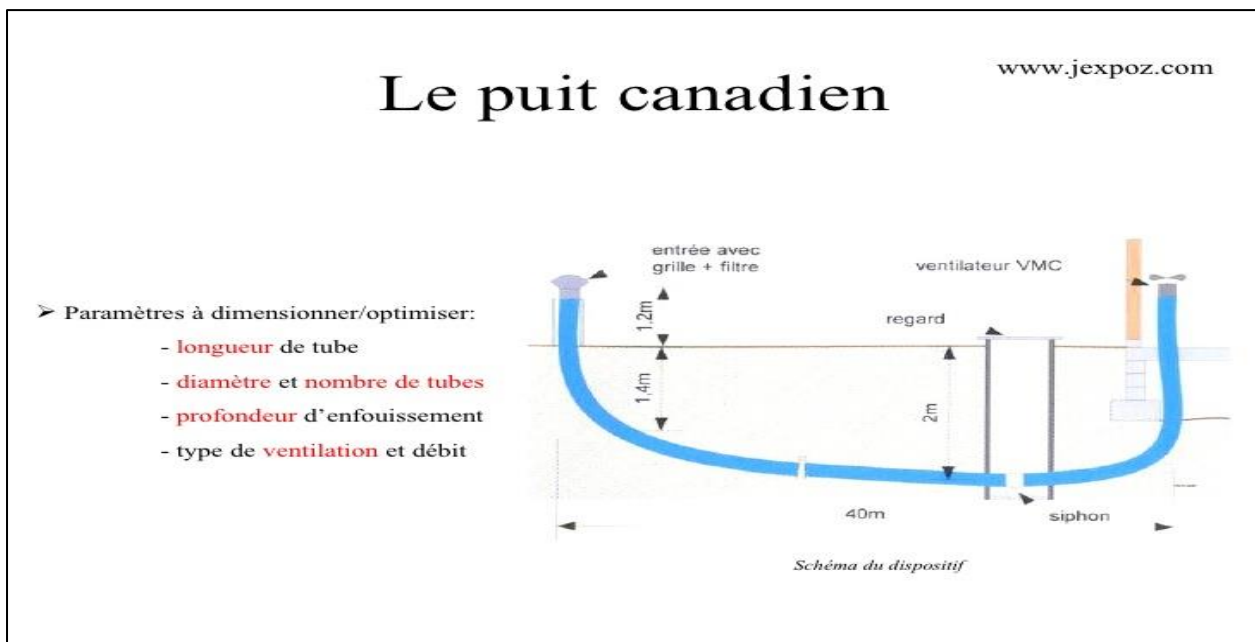


Figure II-33: principe de fonctionnement d'un puit canadien

➤ **Les panneaux photovoltaïques :**

a- Principes :

L'énergie solaire photovoltaïque permet de produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire. Les panneaux photovoltaïques se composent de cellules photovoltaïques qui vont capter le soleil. Ils peuvent être installés de manière isolée et fonctionner en « îlot » pour charger des batteries par exemple ou groupés afin d'alimenter un réseau de distribution électrique.



Figure II-34: panneaux solaires sur toit plat (source : [Google image](#))

Le solaire photovoltaïque produit de l'électricité à partir de la lumière du soleil.

b- Fonctionnement :

Les panneaux solaires photovoltaïques génèrent de l'électricité quand ils reçoivent la lumière du soleil, grâce aux composants semi-conducteurs à base de silicium des nombreuses cellules photovoltaïques assemblées en modules. L'électricité produite est en courant continu. C'est l'onduleur qui transforme le courant continu en courant alternatif à 50 Hz et 220 V identique à l'électricité du réseau. L'électricité produite est ensuite consommée par les appareils électriques.

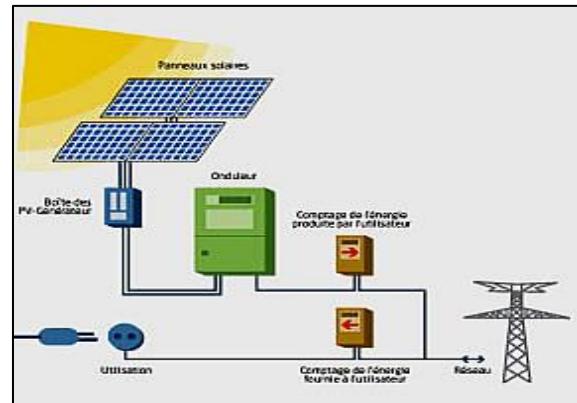


Figure II-35: fonctionnement du système PV

La puissance d'une installation solaire photovoltaïque se mesure en Watts crête (Wc) ou KiloWatts crête (kWc). On appelle « puissance crête » la puissance émise par un panneau ou par un système photovoltaïque, mesurée dans les meilleures conditions d'ensoleillement, c'est-à-dire à midi, en plein soleil.

c- Installation sur un toit plat :

L'installation des panneaux solaires sur des toits plats apporte un avantage supplémentaire : nous pouvons déterminer nous-même l'**orientation** et le **degré d'inclinaison** de nos panneaux pour atteindre le plus haut rendement possible.

d- Espacement entre les panneaux :

Pour un toit en pente, on doit prévoir 1,6 m² par panneau solaire. Pour un toit plat, le chiffre grimpe à 2,5 m² avec un espacement à déterminer entre les panneaux afin d'éviter qu'un panneau solaire ne fasse de l'ombre à l'autre.

Le site tecsol.fr nous aide à calculer l'espacement entre les panneaux, ce site prend en compte dans sa méthode de calcul les paramètres suivants :

- La longueur du panneau
- L'angle d'inclinaison du panneau
- L'élévation du soleil la plus basse (L'élévation du soleil est mesurée à midi).



Figure II-37 : panneaux solaire avec un espacement

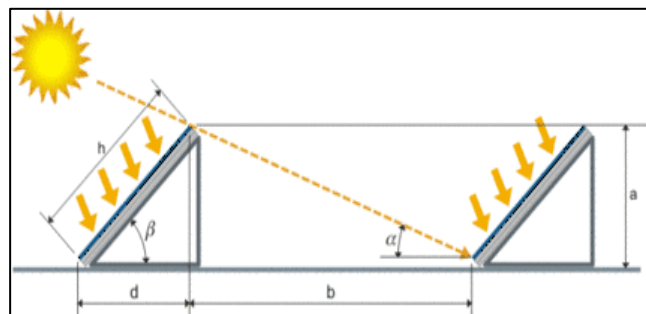


Figure II-36: paramètres de calcul de l'espacement

6 Evaluation de la performance du projet :

6.1 Protocole de la simulation :

- **Le logiciel utilisé :** la simulation est faite avec l'aide du logiciel Ecotect Analysis 2011 qui nous permet à calculer les besoins en chauffage et en climatisation dans un model bien définis.
- **Le model simulé :** pour qu'on obtient des résultats crédibles la simulation doit être faite sur la partie la plus défavorable du projet du coté de consommation énergétique, pour cela on a choisi une partie de notre projet (le R.D.C de l'Immeuble Administratif) qui nous permet de réaliser cette condition.

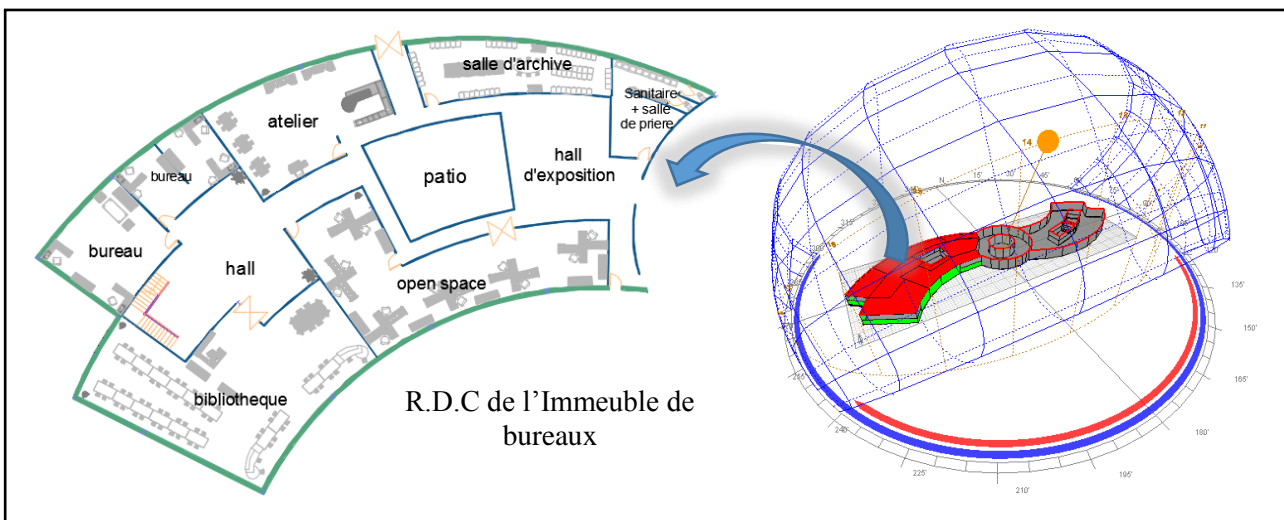


Figure II-38: le model simulé (source : auteurs)

Le model contient un hall d'exposition et un patio et les pièces suivantes :

- | | | | |
|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| - 4 bureaux | = 90 m ² | - Bibliothèque | = 209 m ² |
| - Atelier | = 83 m ² | - 4 bureaux | = 80 m ² |
| - Salle d'archive | = 94m ² | - Salle de prière | = 35 m ² |

➤ **L'orientation :**

Notre projet est orienté en plein sud.

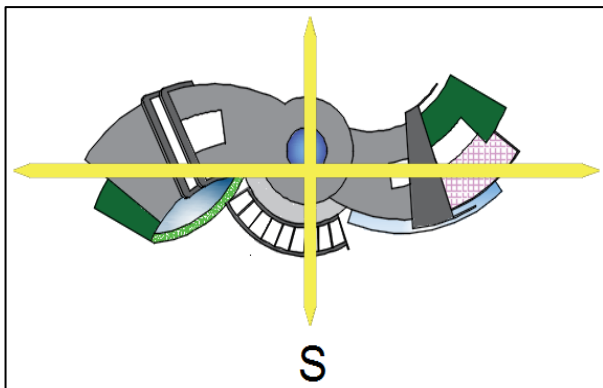


Figure II-39 : orientation du projet (source : auteurs)

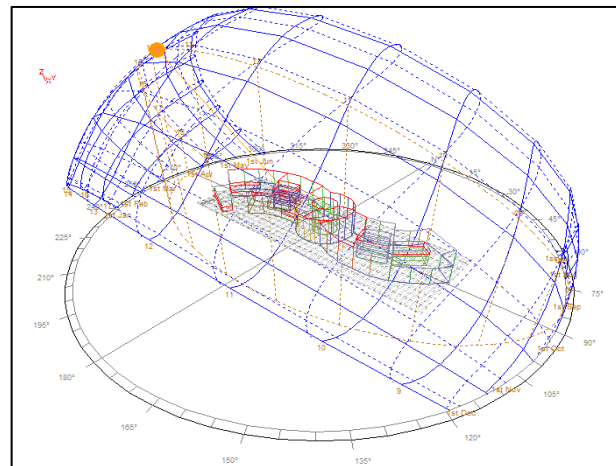


Figure II-40 : image filaire sur le model (source : Ecotect Analysis 2011)

➤ Les matériaux utilisés :

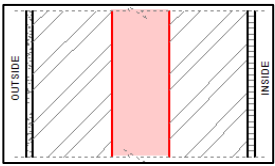
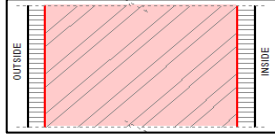
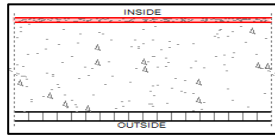
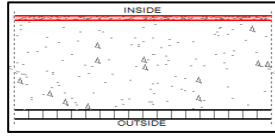
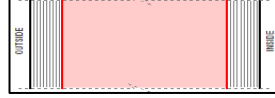
Paroi	composantes	e (cm)	λ^4 (w/m.k)	Coupe
Mur extérieur	-enduit ciment	0.1	0.75	
	-brique	10	0.71	
	-lame d'air	0.8	5.56	
	-brique	10	0.71	
	-enduit plâtre	0.1	0.43	
Mur intérieur	-enduit plâtre	0.1	0.43	
	-brique	10	0.71	
	-enduit plâtre	0.1	0.43	
Plancher bas	-plaque grecquée en acier	5	15.3	
	-béton armé	10	0.75	
	-revêtement du sol	1	0.3	
Plancher haut	-plaque grecquée en acier	5	15.3	
	-béton armé	10	0.75	
	-revêtement du sol	1	0.3	
Vitrage	-verre	0.6	1.04	
	-lame d'air	3	5.56	
	-verre	0.6	1.04	

Tableau II-8: caractéristiques des matériaux utilisé (source : *Ecotect Analysis 2011*)

➤ Information sur le model :

- La surface : 622 m²
- Le volume : 2600 m³

➤ La zone du confort :

Elle est déterminée dans les parties précédentes : [21-26.7]

➤ Scenario de la simulation :

- Les portes et les ouvertures sont fermées.
- Activité des occupants : sédentaire.
- Les heures de la simulation : 7h – 19h du dimanche jusqu'à jeudi.

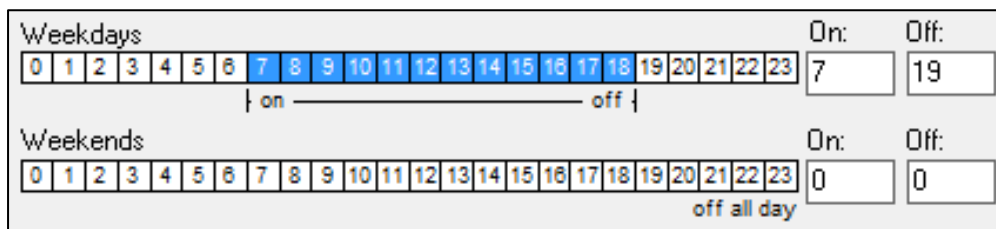


Figure II-41 : les heures de la simulation (source : *Ecotect Analysis 2011*)

⁴ λ : la conductivité thermique du matériau (w/m.k).

➤ **Résultats et discussion :**

Les résultats sont donnés sous forme un rapport qui contient les valeurs mensuelle et annuelle de la consommation en chauffage et en climatisation.

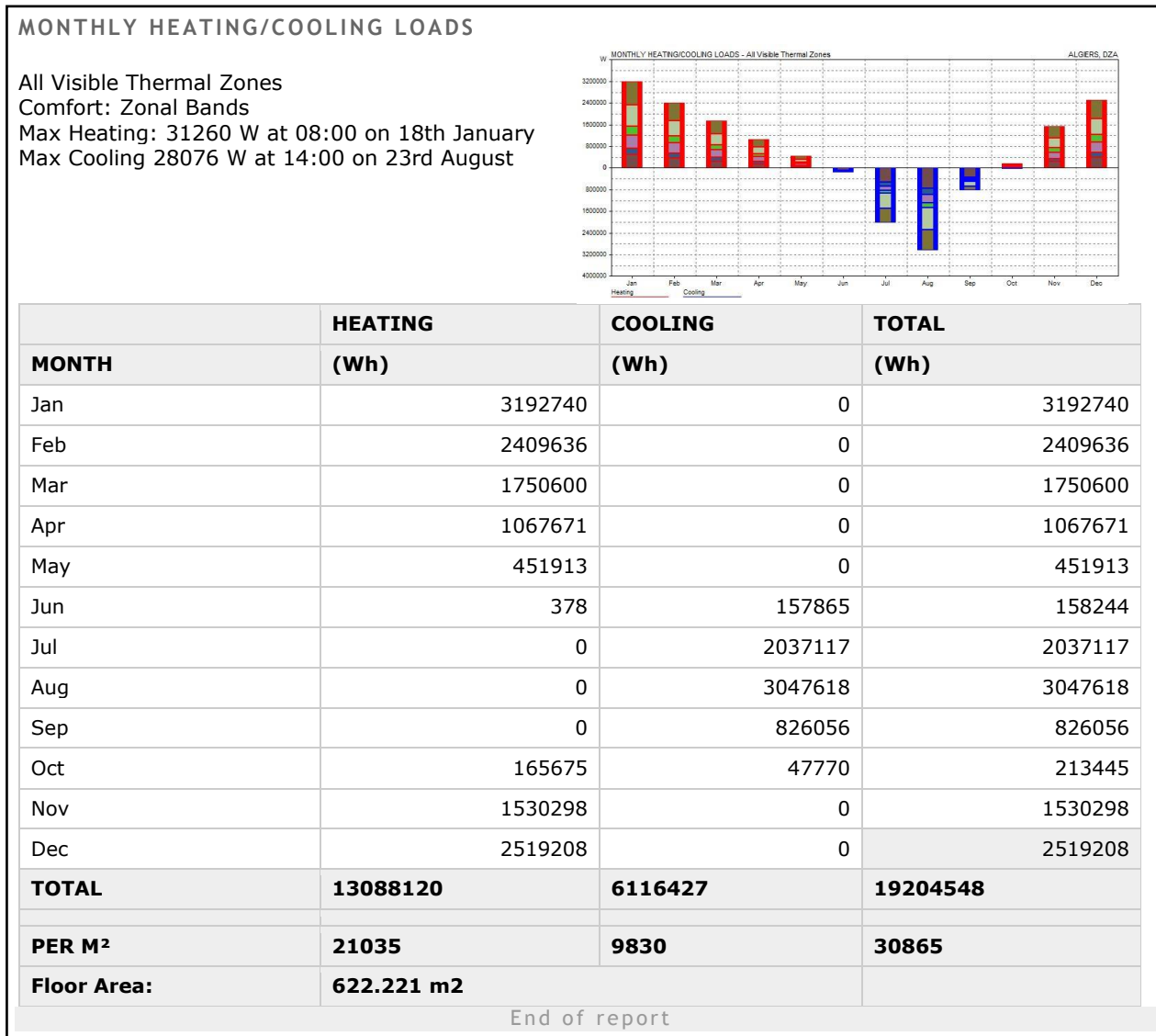


Figure II-42 : rapport des résultats de la simulation (source : *Ecotect Analysis*)

D’après les résultats obtenus, la consommation énergétique annuelle a atteint une valeur de 30865 Wh/m² = 30.865 kWh/m².

On remarque qu’il y a un équilibre dans les valeurs entre le besoin en chauffage et le besoin en climatisation ce qui confirme la performance du projet.

7 Optimisation de la performance du projet :

7.1 L'installation des panneaux solaires photovoltaïques :

- **Orientation** : plein sud
- **Type des panneaux** :
Si Monocristallin 217 Wc (Verre)
- **Longueur de panneau** : 115 cm
- **Surface utile** : 485 m²
- **Inclinaison** : 30° avec l'horizon
- **Hauteur** : 57.5 cm
- **Espacement entre les panneaux** : 1.80

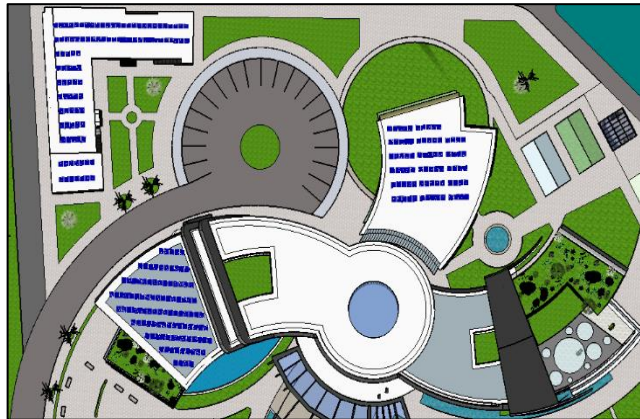


Figure II-43: emplacement des panneaux PV (source : auteurs)



Figure II-44: vue ensemble sur les panneaux PV (source : auteurs)

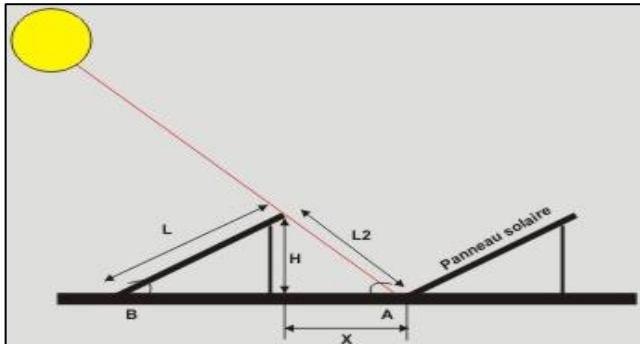


Figure II-45 : méthode de calcul de l'espacement entre les panneaux (source : tecsol.fr)

Après avoir entré les données ci-dessus dans le logiciel utilisé (tecsol.fr), on a pu calculer l'énergie captée par les panneaux solaires et aussi l'électricité produite par le système.

Station Météo	Alger
Latitude du lieu	34°43
Modules PV	Générique Si multicristalin (Verre/Tedlar)
	Puissance 172 Wc Surface unitaire 1,5 m2
Orientation	0 ° /Sud
Inclinaison	30 ° /horizontale
Surface utile	485 m2
Puissance crête	33,4 kWc

Figure II-46: les données du système (source : tecsol.fr)

Mois	Energie solaire reçue plan horizontal Wh/m2.j	Energie solaire reçue plan des capteurs Wh/m2.j	Electricité produite par le système kWh/mois
Janvier	2 236	2 948	2 287
Février	3 264	4 155	2 911
Mars	4 476	5 163	4 004
Avril	5 474	5 634	4 229
Mai	6 640	6 320	4 902
Juin	6 802	6 219	4 668
Juillet	6 936	6 423	4 982
Août	6 422	6 404	4 967
Septembre	5 144	5 709	4 285
Octobre	3 630	4 409	3 420
Novembre	2 408	3 080	2 312
Décembre	2 008	2 682	2 080
Total énergie (kWh/an)			45 047
Total CO2 évité (kg/an)(*)			16 217
Productivité (kWh/kWc.an)			1 350

Figure II-47: total d'énergie capter et électricité produite (source : tecsol.fr)

➤ **Résultats obtenus :**

Le total d'électricité produite par le système à travers l'énergie solaire capter par les panneaux photovoltaïques est de 45047 KW/an, elle est moins que la consommation totale du projet.

➤ **Calcul de gains obtenus :**

La surface totale du projet = 3214 m²

L'électricité produite par m² = 14.01 KW/m²/an

Total de consommation annuelle par m² du projet = 30.865 KW/m²/an

Consommation annuelle après l'installation des panneaux solaires = 16.85 KW/m²/an.

➤ **Classification énergétique du projet :**

D'après les résultats de l'évaluation de la performance du projet, l'efficacité énergétique de notre projet est de classe A dans l'étiquette énergétique dont la valeur de la consommation énergétique après annuel est de 16.85 KW/m²/an.

On résulte que notre projet est un Bâtiment à Basse Consommation.

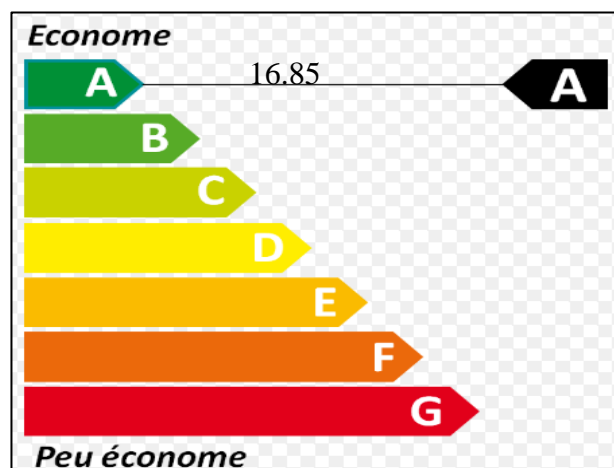


Figure II-48: classification du projet

CONCLUSION GENERALE

Le confort thermique constitue actuellement un enjeu majeur dans le secteur du bâtiment tant pour la qualité des ambiances intérieures que pour les impacts énergétiques et environnementaux dont il est responsable. Ce dernier est toujours en relation forte à la consommation énergétique vu qu'à nos jours le bâtiment est classé comme étant un secteur énergivore, en conséquence, il est source d'une partie non négligeable de la pollution.

L'objectif visé à travers ce travail de recherche est d'étudier la problématique d'assurer aux usages à l'intérieur de bâtiment public un meilleur confort thermique en minimisant la consommation énergétique global, en ai fait, d'avoir profité le maximum des énergies renouvelable est des techniques et systèmes passive aidant à améliorer le confort intérieur.

Pour qu'on arrive à une réponse sur la problème posé, l'architecture bioclimatique nous a mené dans le bon chemin qu'on peut suivit pour une conception architectural réussite, car cette dernière se base essentiellement sur l'intégration du projet architectural dans son climat et son environnement immédiat, dans un sens, la conception bioclimatique passe inévitablement par une connaissance des paramètres essentiels du climat, comme l'ensoleillement, les vents et l'humidité, en plus de la localisation du bâtiment, sa forme et son orientation, les paramètres sur lesquels peut agir le concepteur pour améliorer les conditions de confort sont :

- La forme de projet et l'isolation de l'envolée.
- L'inertie du bâtiment.
- La surface de baies vitrées.
- La ventilation naturelle.

Ces paramètres peuvent être développés et concrétisés aussi à travers des dispositifs et des aspects architectural qui influent notamment sur le confort thermique de bâtiment telle que le patio, l'atrium, la protection solaire, les murs en double peaux et la végétation (toiture végétalisée végétation grimpante).

Afin de comprendre les principes fonctionnels de ces dispositifs et techniques architecturales on a passé dans notre recherche par deux partie de travail, une étude théorique s'agit d'une recherche bibliographiques sur ces derniers, suivit par une étude pratique à travers des simulations informatique, la synthèse des principaux résultats est présenté sous forme des recommandations relire au type de dispositif et son mode d'intégration au projet selon le climat de site d'intervention.

Lorsqu'en a passé à l'étude climatique de notre zone de travail, on vise comme but de déterminé la température de confort nécessaire à l'intérieur de bâtiment public, on a fait appel au modèle de confort adaptatif d'ASHRAE standar-55 (2004), le résultat de température de confort entre 21,07°C en hiver et 26,74°C en été.

Pour atteindre le résultat prévu dans la méthode d'ASHRAE, et pour assurer le confort thermique dans les espaces intérieurs, on adopte des stratégies bioclimatiques recommandées par le diagramme GIOVINI, qui nous permet de définir spécifiquement ces stratégies essentielles en relation à notre zone d'étude et que notre conception a besoin pour arriver au résultat précédentes .

Les résultats de l'évaluation énergisée de notre conception à travers le logiciel informatique ECOTECH analyses a prouvé la performance énergétique de notre bâti, vu qu'il consomme 30,47kw/m²/an donc il fait partie de classe A dans l'étiquette énergétique ce qui fait que notre bâtiment est à basse consommation énergétique.

L'utilisation des énergies renouvelable le soleil, pour la production de l'électricité produite par les panneaux solaires intégré au projet nous a permis de diminuer la consommation de 50%, dont sa production générale est de 14,01kw/m²/an

En Algérie l'application des paramètres de l'architecture bioclimatique est nécessaire dans la conception de bâtiment à caractère public, d'une part, pour améliorer le confort thermique à l'intérieure de bâtiment, et d'autre part pour minimiser la consommation énergétique dans l'ensemble.

LA LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

1. **Andreas DELLESKE** - Habitant dans "Wohnen & Arbeiten" "Habitat et Travail». Freiburg, 2006.
2. **BERNATZKY.A:** « *The contribution of trees and green spaces to a town climate* » Energy and Buildings, vol 25 (1982), pp. 139 – 148.
3. **Belkacem BERGHOUT**, 2012, *Effet De L'implantation D'un Bâtiment Collectif Sur Le Confort Hygrothermique Intérieur Cas De Biskra*, Algérie, École De Technologie Supérieure Université Du Québec, Québec, pp.111.
4. **BADECHE Mounira**, 2008, *Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique*, Université du Constantine, pp.55.
5. **Catherine BALTUS Et Jean-Marie Hauglustaine**, 2013, *Réinventions l'énergie Types de Vitrages*, réalisation : Institut Wallon, pp.4-5.
6. **Edward Mazria**, 2005, *Le guide de la maison solaire*, Ed. Parenthèses, pp143.
7. **GIVONI.B** – L'homme, L'architecture Et Le Climat- édition le moniteur. Paris, 1978. page229.
8. **GUIDE POUR LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR** « conception thermique de l'habitat »EDISUD. France, 1988.page.39
9. **GUINAUDEAU.C** « *Planter aujourd'hui, bâtir demain le pré verdissement* » Institut pour le développement Forestier, Paris 1987. p58.
10. **HOFFMAN, M.E et SHASHUA, L** « *Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees* » PLEA Cambridge, UK. 2000.
11. **IZARD Jean Louis**, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, France, 1993, p : 83
12. **KHALDOUNE Assam et LEFOUILI Mohamed Imad Eddine**, 2016, *Impact de l'orientation Sur le confort thermique dans l'habitat individuelle -Cas de Jijel-*, Université Larbi Tébéssi – Tébéssa, pp.29.
13. **M.A. BOUKLI Hacène*, N.E. CHABANE Sari et B. Benyoucef** - Revue des Energies Renouvelables. La construction écologique en Algérie. Alger ,2011.
14. **M. BENHOUHOU Med Naim**, 2012, *L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides Cas d'étude : La ville de Djelfa*, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme - EPAU- Alger, pp.129
15. **Melle BOULFANI Warda**, 2010, *Les Ambiances Thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio*, Université Mohamed Khider De Biskra, pp.28.

16. **M. SALA, C. Gallo and A.A.M. Sayigh**, *Architecture: Confort and Energy*, Elsevier, Oxford, 234 p. 1998.
OM UNGERS, (Architecture Comme Theme) Ed: Moniteur, 1983.
17. **Philippe TESSIER et Michel IRIGOIN** – Guide AITF/EDF Bâtiment Basse Consommation. Paris, 2007
18. **ROBINSON.M.L. et EDDINGTON.C** “*Shade Factors in Southern Nevada Using Trees and Shrubs for Shading Outdoor Spaces*” University of Nevada, 1996.
19. Rapport. Amos, pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris 1972, p : 27
20. **S.V. SZOKOLAY**, ‘*Environmental Science Handbook for Architects and Builder*’, the Construction Press, Lacastre, London, New York, 263 p. 1979.
21. **Samuel COURGEY et Jean-Pierre OLIVA** - La conception bioclimatique des maisons confortables et économes. Paris, 2006
22. **Sang PHAM TU QUOC**, 2014, *Caractérisation des propriétés d’un matériau par radiométrie photo thermique modulée*, UNIVERSITÉ PARIS-SUD – PARIS, pp.16
23. **Sang PHAM TU QUOC**, 2014, *Caractérisation des propriétés d’un matériau par radiométrie photo thermique modulée*, UNIVERSITÉ PARIS-SUD – PARIS, pp.18
24. **Samira LOUAFI BELLARA et Saliha ABDOU**, 2011, *Effet de l’ombrage sur le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs : cas de l’esplanade de l’Université Mentouri de Constantine, Est de l’Algérie*, Université Mentour - Constantine, pp.36.
25. **RAHAL Samira**, 2011, *L’impact De L’atrium Sur Le Confort Thermique Dans Les Bâtiments Publics (Cas de la Maison de culture à Jijel)*, UNIVERSITE MENTOURI – CONSTANTINE, pp.20
26. **Soleone PLASSART**, 2015, *L’atrium central dans les bâtiments tertiaires contemporains, Nantes*, pp.27
27. **Samuel COURGEY & Jean-Pierre OLIVA**, 2006, *La conception bioclimatique* - Ed. Terre vivante, pp.162.
28. **Theodore OSMUNDSON in Beau Henderson**, «Humain-Driven Extensive Green roof Design», master of Landscape Architecture, Virginia Polytechnic institute & State University, Juin 12, 2003. P.16.
29. **TAYEB, Keltoum**, *Forme Architecturale Et Performance Energétique. Vers Un modèle Conceptuel*, Université Mohamed Khider – Biskra, pp.45.

LISTE DES SITES INTERNET

www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/

www.archiscene.com

www.architecte-batiments.fr

www.autodesk.com

www.connaissancedesenergies.org

www.cnrtl.fr

www.energieplus.com

www.murvegetalpatrickblanc.com

www.performance-energetique.lebatiment.fr

www.toiture-bio.com

www.fr.wikiarquitectiura.com

www.tecsol.fr

Annexe

1 Les tableaux de Mahoney :

Tableau 1 : situation (source : auteurs)

Localisation	El Mohammadia - Alger
Longitude	3°
Latitude	36°
Altitude	35 m

Tableau 2 : les températures

Température	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc		
T moy Max (c°)	15	16	18	20	23	27	31	32	28	25	18	16		
T moy Min (c°)	4,5	5	8	9	13	16	19	20	17	14	8	7	AMR (T max-T min)	27
T moy mensuelle	10	11	15	15	18	22	25	26	22	19	15	12	AMT (T max + T min)/2	18

Tableau 3 : groupe d'humidité

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

Tableau 4 : Humidité relative, précipitation et vents

Humidité relative	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc		
HR moy Max (%)	94,6	94,5	94	93,8	92,6	91,3	89,4	90,4	91,7	93,4	93,3	92,3		
HR moy Min (%)	60,7	57,1	54	53,8	51,3	45,9	46,5	45,3	51,8	51,1	55,3	58,5		
HR moy mensuelle (%)	77,65	75,8	74	73,8	71,95	68,6	67,95	67,85	71,75	72,25	74,3	75,4		
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	Total	
précipitation (mm)	78	52	55	40	46	3,5	5	10	30	40	95	93	547,5	

Tableau 5 : limites de confort

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

Tableau 6 : diagnostique

Mois	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
Groupe d'humidité	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
T moy Max (c°)	15	16	18	20	23	27	31	31,5	27,5	24,5	18	16
confort diurne Max	28	25	28	28	28	28	28	28	28	28	28	25
confort diurne Min	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20
T moy Min (c°)	4,5	5	8	9	12,5	16	19	20	17	14	8	7
confort nocturne Max	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20
confort nocturne Min	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
stress thermique jour	C	C	C	C	O	O	H	H	O	O	C	C
stress thermique nuit	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Tableau 7 : indicateurs

Mois	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
H1 mouvement d'aire essentiel												
H2 mouvement d'aire désirable												
H3 protection contre la pluie												
A1 stockage thermique nécessaire												
A2 dormir dehors désirable												
A3 protection de froid												

Tableau 8 : indicateurs

Indicateur	Confort thermique		Précipitation	G. d'humidité	AMR
	Jour	Nuit			
H1	H			4	
	H			2,3	< 10°
H2	O			4	
H3			+ 200 (mm)		
A1				1, 2,3	> 10°
A2		H		1,2	
	H	O		1,2	> 10°
A3	C				