

République Algérienne Démocratique et Populaire

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie*

Département d'Architecture



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

Filière :

ARCHITECTURE

Spécialité :

ARCHITECTURE

Présenté par :

WASSILA BOULOUEM

THEME :

**STRATEGIES PASSIVES DE LA CONCEPTION
ARCHITECTURALE DU BATIMENT PERFORMANT ET
CONFORTABLE.**

Composition du Jury :

Riad. BOURAOUI

Nafila. SMAKDJI

Salim. DJHAICHIA

MAA, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Président du jury.

MCB, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Directeur de mémoire

MCB, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Membre du Jury.

Année universitaire : 2019-2020

République Algérienne Démocratique et Populaire

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie*

Département d'Architecture



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

Filière :

ARCHITECTURE

Spécialité :

ARCHITECTURE

Présenté par :

WASSILA BOULOUEM

THEME :

**STRATEGIES PASSIVES DE LA CONCEPTION
ARCHITECTURALE DU BATIMENT PERFORMANT ET
CONFORTABLE.**

Composition du Jury :

Riad. BOURAOUI

Nafila. SMAKDJI

Salim. DJHAICHIA

MAA, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Président du jury.

MCB, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Directeur de mémoire

MCB, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Membre du Jury.

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

Je tien tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui ma a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je remerciais:

Mon encadreur **Mme. Smakđji Nafila**, je suis très Honorée d'avoir eu l'occasion d'être dirigée par vous. je vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail. J'ai eu le grand plaisir de travailler sous votre direction.

Les membres de jury:

C'est pour moi, un grand honneur de vous voir membre dans notre jury. Je me suis très reconnaissante de la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de juger mon travail. Et de l'enrichir par vos propositions.

Veillez trouver, le témoignage de mon grande reconnaissance et de mon profond respect.

Ainsi que tout les enseignants depuis le cycle primaire jusqu'aux études supérieurs. C'est grâce à leurs fonctions éminentes, la transmission de leurs connaissances et leur savoir-faire, je peux y arrivée à ce grade.

Enfin, je remerciais toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicace



Je remercie **Dieu** tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je dédie mon travail à mes très chers, respectueux et magnifiques parents.

A mon cher père **Youcef**, qui m'a toujours encouragé et conseillé.
A ma mère **Zohra** qui a toujours pensé à moi et m'a soutenu dans les moments les plus difficiles.

Dédicace spécial pour mes frères et Mes chères sœurs

A toute ma famille paternelle et maternelle sans exception.

A tout personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes études, à tous les gens que j'aime et qui m'aiment.

Wassila

Table des matières

Liste des figures	v
Liste des tableaux.....	vii
Liste des abréviations.....	viii

Introduction générale

1. Préambule	1
2. Problématique	2
3. Hypothèse	3
4. Objectifs.....	4
5. Démarche méthodologique	4
□ 1ère partie : théorique	4
□ 2ème partie : pratique.....	4
6. Structure de recherche	5

Chapitre I : BATIMENT PERFORMANTS ET EFFICACITE ENERGETIQUE

Introduction.....	7
I.1.Energie.....	7
Définition	7
I.1.1. Classement des énergies	7
I.1.1.a. Les Energies renouvelables.....	7
Définition.....	7
Domaine d'utilisation des énergies renouvelables	9
I.1.1.b. Energies non renouvelables.....	11
I.2 Efficacité énergétique dans le bâtiment.....	11
I.2.1. Solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique	11
I.2.2. Classification énergétique des bâtiments	12
I.2.3.Labellisation énergétique	12
I.2.3.a Labels énergétiques français.....	13
a.1 Labels haute performance énergétique	13
a.2 Effinergie, Passivhaus et Minergie	14
a.3 Label BBC (bâtiment a basse consommation).....	14
a.4 Bâtiment à zéro énergie (BZE)	15
a.5 Bâtiment a énergie positive (BEPOS)	15
I.3. Performance énergétique de bâtiment	16
I.4. Règlements thermiques	16

I.4.1. Réglementation thermique française.....	16
RT 2005, prise en compte du bio climatisme et des énergies renouvelables	16
Réglementation thermique 2012 (RT 2012).....	17
Grand projet de la RT 2020 et le bâtiment à énergie positive.....	17
I.4.2. Réglementation thermique algérienne	17
I.5. Bilan thermique	18
I.5.1. Bilan thermique d'hiver.....	18
I.5.2. Bilan thermique d'été	19
Conclusion	19

Chapitre II : CONFORT ET ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

Introduction.....	20
II .1. Notion du confort	20
II.1.1. Différents types du confort.....	20
Confort tactile	20
Confort phonique.....	20
Confort visuel	21
Confort olfactif et qualité de l'air intérieur	21
Confort hygrothermique	22
II.2. Architecture bioclimatique.....	24
II. 2.1. Principes de base de l'architecture bioclimatique	24
II. 2.2. Outils graphiques de l'analyse bioclimatique.....	25
Diagramme d'OLGYAY	25
La gamme du confort de DEDEAR et BRAGER	26
Le diagramme d'EVANS	26
II.3. Climat.....	27
II. 3.1. Climats dans le monde.....	27
II. 3.2. Climat en Algérie.....	28
II.4. Principaux paramètres climatiques à prendre en considération lors de la conception architectural	29
II.4.1. Soleil.....	29
II.4.2. Humidité	30
II.4.3. Vent	30
II.4.4. Pression.....	31
II.4.5. Végétation.....	31
Conclusion	31

Chapitre III : STRATEGIES PASSIVES DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

Introduction.....	33
III .1. Conception solaire passive.....	33
III.1.1.Stratégie de chauffage solaire passif.....	33
III.1.1.1. Captage solaire	34
III.1.1.2. Stockage.....	34
III.1.1.3. Distribution.....	34
III.1.1.4. Contrôle	35
III.1.2. Stratégie du froid en été	35
III.1.2.1. Protéger.....	35
III.1.2.2. Minimiser les apports internes.....	36
III.1.2.3. Dissiper les surchauffes	36
III.1.2.4. Refroidir les locaux	36
III.1.2.5.Rafrâichissement passif en climat chaud.....	36
III .2. Stratégies environnementales	37
III .2.1. Choix du site.....	37
III .2.2. Implantation du bâtiment	37
III .2.3. Orientation des bâtiments.....	38
III .2.4. La végétation	39
III.3. Stratégies architecturales	40
III .3.1. Forme (compacité)	40
III .3.2.Stratégies liées à l'enveloppe	40
III .3.2.1.Matériaux de construction	40
III .3.2.2. Isolation thermique	41
III .3.2.4.Eclairage naturel	43
Objectifs de l'éclairage naturel	43
Stratégie d'éclairage naturel	44
Éléments d'éclairage naturel	44
III .3.2.5. Atrium.....	45
III .3.2.6.Patio	45
III.3.2.7.Toiture	46
III .3.2.8. Protection solaire	47
III .3.2.9.Mur trombe	47
III.3.2.10. Serres et vérandas	48

III.4.Analyse d'exemple : Le prototype.....	49
Caractéristiques énergétiques de la maison	49
Conclusion	50

Chapitre IV : PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

Introduction.....	52
IV.1. Objectif de l'étude	52
IV.2. Motivation de choix du cas d'étude.....	52
IV.3. Fiche Technique d la salle de soins	53
IV.4.Présentation du cas d'étude	53
IV.5.Présentation de l'espace simulé.....	53
IV.6. Le climat	54
IV.6.1. La pluviométrie	54
IV.6.2. La température	54
IV.6.3 Vents dominants.....	55
IV.6.4. Humidité.....	55
IV.7. Présentation des phases de l'étude.....	55
IV.7.1. Simulation	55
IV.7.3. Calculs des formules réglementaires	56
Conclusion	56

Chapitre V : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Introduction.....	57
V.1.Présentation des scénarios.....	57
V.1.1.Le premier scénario : (en fonction des matériaux existants).....	57
V.1.2. Deuxième scénario : (cas rénové)	58
V.1.2.1. Motivation choix de l'isolant.....	58
V.2.Résultat avant et après rénovation	61
V.3.Formules théoriques de calcule	64
V.3.1. Recherche de l'effet d'isolation	64
Interprétation.....	67
V.4.Calcul des déperditions de chaleur :	68
V.4.1.Bilan thermique de la salle de soins	69
V.2.1.a.Déperditions thermiques par transmission.....	69
V.4.1.b.Déperditions à travers les ponts thermiques	70
V.4.1.c.Déperditions par renouvellement d'air	70

V.4.2.Evaluation de la puissance de chauffage	71
Conclusion	72
Conclusion générale	73
References bibliographiques	74
Annexes	
Résumé	
Abstract	
ملخص	

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure [I.1]	Systemes actifs	9
Figure [I.2]	Schéma représentant le système passif	9
Figure [I.3]	Schéma représentant le solaire thermodynamique.	10
Figure [I.4]	Panneaux photovoltaïques	10
Figure [I.5]	Centrale biomasse	11
Figure [I.6]	Les éoliennes domestiques	11
Figure [I.7]	Centrale géothermique	12
Figure [I.8]	Etiquette de performance énergétique	13
Figure [I.9]	Schéma d'une maison passive	14
Figure [I.10]	maison basse-énergie à Gembloux	15
Figure [I.11]	Principaux besoins d'une maison à énergie positive	16
Figure [I.12]	Pertes d'énergie dans un bâtiment non isolé	19
Figure [II.1]	le phénomène de la condensation	25
Figure [II.2]	la remonté capillaire	26
Figure [II.3]	Les principes de base de l'architecture bioclimatique adaptés aux besoins saisonniers	27
Figure [II.4]	Le diagramme d'Olgay	27
Figure [II.5]	La gamme de confort de DeDear	28
Figure [II.6]	Le diagramme d'Evans	28
Figure [II.7]	Zones climatiques dans le monde	30

Figure [II.8]	classification du climat en Algérie	31
Figure [II.9]	Le rayonnement solaire	32
Figure [III.1]	Stratégies de chauffage solaire passif	36
Figure [III.2]	Stratégies de chauffage solaire passif	37
Figure [III.3]	Relation du bâtiment avec son site d'implantions	40
Figure [III.4]	Orientation selon l'ensoleillement de la saison	40
Figure : [III.5]	l'impact de la végétation sur l'environnement	41
Figure [III.6]	Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres volumes sur la compacité de forme simples	42
Figure [III.7]	L'isolation des murs par l'intérieur et l'extérieur	43
Figure [III.8]	La ventilation naturelle	44
Figure [III.9]	principe de fonctionnement d'un puits provença	45
Figure [III.10]	Stratégie de l'éclairage naturel	46
Figure [III.11]	Les mouvements de l'air dans l'atrium	47
Figure [III.12]	Différentes formes de patio	48
Figure [III.13]	Différentes formes de toiture	49
Figure [III.14]	la protection solaire par les stores horizontaux et verticaux	49
Figure [III.15]	Schéma Mur Trombe	50
Figure [III.16]	Véranda et Serre	51
Figure [III.17]	Vue et plan du prototype	51
Figure [IV.1]	salle de soins Chekfa	56
Figure[IV.2]	situation de la salle de soins Figure: espace simulé salle de dentiste	56
Figure [IV.3]	espace simulé dans la salle de soin	57
Figure [V.1]	volume de simulation de la salle sur ECOTECT	61
Figure [V.2]	Composition de mur extérieure	62
Figure[V.3]	caractéristiques de la fenêtre existante	62
Figure[V.4]	caractéristiques mur extérieur cas amélioré	63
Figure[V.5]	caractéristiques mur extérieur cas amélioré	64
Figure[V.6]	caractéristiques fenêtre cas amélioré	64
Figure[V.7]	caractéristique du mur trombe	65
Figure[V.8]	Evolution de la température intérieure horaire de la salle 10 janvier cas existante	65

Figure[V.9]	Evolution de la température horaire de la salle le 10 janvier cas amélioré	66
Figure[V.10]	évolution la température horaire de la salle le 10janvier cas amélioré	66
Figure[V.11]	évolution la température horaire de la salle le 10janvier cas amélioré	67
Figure[V.12]	Diagramme de la consommation énergétique pour la salle de dentiste (cas existant)	67
Figure [V.13]	Diagramme de la consommation énergétique pour la salle de dentiste (cas rénové)	68
Figure[V.14]	composants du mur extérieur	69
Figure[V.15]	Evolution des températures aux interfaces	71
Figure[V.16]:	Position extérieure de l'isolant	72

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau [I.1]	les différents labels	14
Tableau [II.1]	Taux de renouvellement d'air selon le taux d'occupation et le type des locaux	23
Tableau [IV.1]	Précipitation moyennes mensuelles –période 2008-2017	54
Tableau [IV.2]	Température moyennes mensuelles –période 2008-2017	54
Tableau [IV.3]	Vent moyennes mensuelles –période 2008-2017	55
Tableau [IV.4]	Humidité moyennes mensuelles –période 2008-2017	58
Tableau [V.1]	caractéristique de la laine de mouton	59
Tableau [V.2]	résistance thermique de la laine de mouton	65
Tableau [V.3]	puissance thermique dégagée par les habitants	70
Tableau [V. 4]	la consommation annuelle des appareils par type de bâtiments	70

Liste des abréviations

EnR : énergie renouvelable.

THPE : Haute Performance Energétique.

THPE : Très Haute Performance Energétique.

BBC : Bâtiment a basse consommation.

RT : Réglementation Thermique.

CF : Cohéffession de forme.

BTS : Béton de terre stabilisé.

BEZ : Bâtiment à zéro consommation énergétique

GES : Gaz à effet de serre

CVC : Chauffage, ventilation et climatisation.

DTR : Document Technique Réglementaire

COV : Organo-volatils libéré

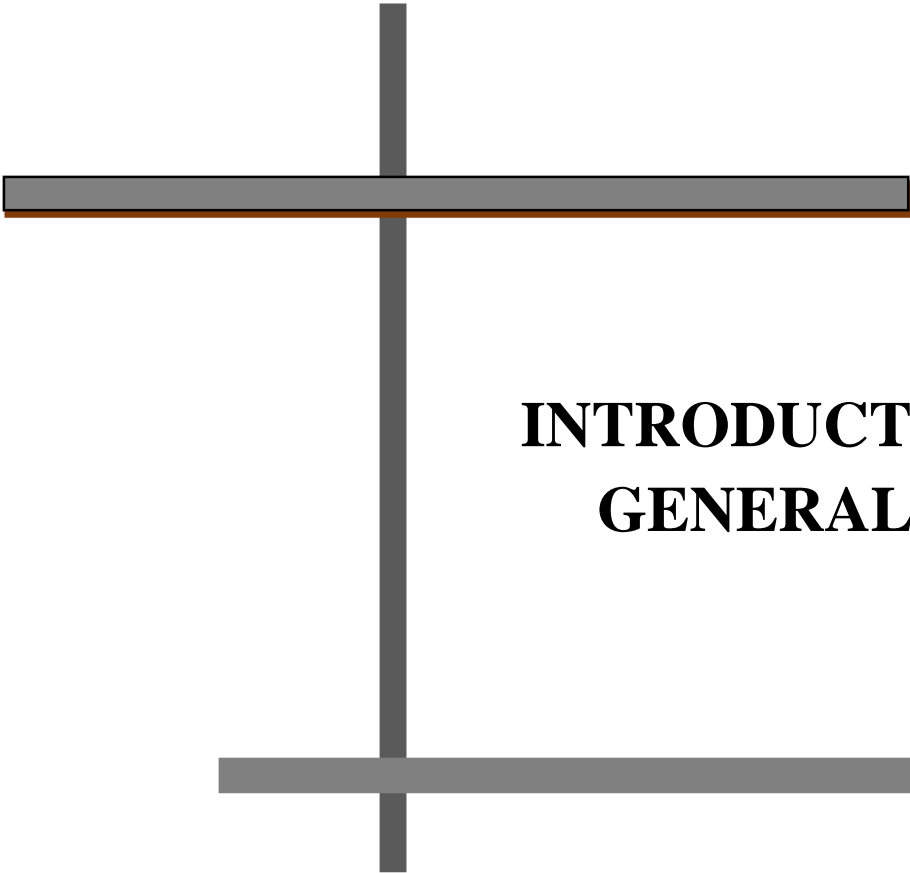
HQE : Haute qualité environnementale.

BEPOS : Bâtiment a énergie positive.

CASBEE: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency.

BREEAM : Building Research Establishment Environmental Assessment Method.

LEED : Leadership in Energy and Environmental Design.



**INTRODUCTION
GENERALE**

Introduction générale

1. Préambule

« Économiser l'énergie, c'est obtenir le même confort en utilisant moins d'énergie. C'est également rejeter moins de polluants dans l'atmosphère. » (LIEBARD et HERBE, 2005).

« L'art pour l'art n'est plus de mise en architecture. Le maître d'œuvre et l'architecte ont des responsabilités et des devoirs face à l'environnement. Nos habitations consomment 50% d'énergie en trop. C'est aux architectes d'apporter des concepts et des stratégies nouvelles pour remédier à ce gaspillage. » (CHICHE P. HERZEN M. KELLER L. NILSSON M. 2009).

Le monde connaît aujourd'hui une dégradation de l'environnement, notamment en raison du changement climatique inquiétant et du réchauffement planétaire climatique, dû à la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, principalement en raison des activités humaines (taille de la population, activité économique, mode de vie, consommation d'énergie, etc.).

Aujourd'hui, nul doute que la consommation énergétique mondiale est la grande partie responsable du changement climatique.

Les émissions de CO₂ liées à la consommation des énergies conventionnelles constituent la principale source de l'augmentation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

La maîtrise de la consommation d'énergie arrive au premier rang des politiques, qu'il faut rapidement mettre en œuvre, parce qu'elle représente le meilleur instrument de la lutte contre le changement climatique, cette qualité permet de ralentir l'épuisement des ressources fossiles, tandis qu'une part croissante de la consommation d'énergie peut être assurée par l'énergie solaire.

Le secteur de bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergies du pays, soit 42% de la consommation finale. C'est donc le rôle des architectes et des concepteurs de bâtiments de trouver des solutions qui peuvent réduire la quantité du gaz carbonique émise. L'énergie et l'architecture forment un ensemble deux paramètres essentiels inséparables si le confort intérieur et le respect de l'environnement sont garantis.

Il est donc de notre responsabilité de protéger l'environnement, et changer notre façon de construire, cela reste une chance évidente pour nous lutter contre le changement climatique dont nous voyons déjà les effets aujourd'hui.

Face à ces grands changements au niveau de planète, des solutions doivent être prises en charge. Les émissions de GES provenant des bâtiments ont augmenté au cours des années, il faudra donc penser à limiter ces émissions. De nombreuses solutions ont vu le jour mondialement, en citant : les bâtiments performants, souvent appelés bâtiments basse énergie, existent à plusieurs milliers d'exemplaires, ils se caractérisent principalement par une conception architecturale bioclimatique ce qui dépend de stratégies passives et actives, mais nous parlerons surtout dans notre étude sur les stratégies passives.

Parmi les solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique et les réductions de la consommation d'énergie des bâtiments, il est d'usage de distinguer que les solutions appliquées dans la conception architecturale bioclimatique dites (passives) ont de nombreux paramètres tels que la forme de la construction, son orientation, ses matériaux de construction, l'isolation de l'enveloppe intérieure...etc.

Une bonne maîtrise de ces paramètres garantit la performance énergétique de la construction, l'architecture bioclimatique a toujours impliqué l'utilisation passive des ressources naturelles pour répondre aux besoins humains. Il existe une longue tradition inventive de construction de bâtiments sensibles au lieu et au climat.

2. Problématique

En raison de l'augmentation de la population et de l'industrialisation, la demande mondiale d'énergie a augmenté rapidement. Cette demande énergétique dans le monde est utilisée dans le secteur du bâtiment. La consommation d'énergie dans le monde par les équipements de CVC (chauffage, ventilation et climatisation) dans les bâtiments occupe la plus grande part de la consommation totale d'énergie.

L'énergie consommée est d'origine fossile et donc polluante induit d'une part une raréfaction de ses ressources, et d'autre part un rejet massif de gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui est l'un des principaux facteurs du réchauffement climatique et de l'augmentation de la température du globe terrestre, donc il est nécessaire de réduire nos besoins énergétiques à moyen et long termes. Alors l'homme s'oriente vers l'exploitation des énergies naturelles renouvelables qui représentent toute source permanente et inépuisable (énergie solaire, énergie éolienne, énergie hydraulique, énergie géothermique...). De cette base, plusieurs labels ont été mis en place pour traiter et minimiser la consommation énergétique par des normes et des règlements dans les bâtiments neufs et autres existants.

Dans ce cadre, on veut dire que les concernés doivent appliquer une stratégie efficace concentrant sur le secteur du bâtiment, qui représente un taux très dramatique de consommation énergétique.

Différentes solutions innovantes de construction peuvent être mises en œuvre, mais le recours à l'utilisation des stratégies passives, performants, susceptibles répondre à la problématique énergétique et environnementale, et vise à réduire la consommation énergétique. A l'issue de cette problématique, la question qui s'impose, et à laquelle notre recherche tentera de trouver des réponses est :

- Quelle sont les stratégies passives les plus susceptibles à réduire la consommation énergétique et assurer le confort à l'intérieur du bâtiment ?

3. Hypothèse

Pour répondre à la question de recherche soulevée dans la problématique, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

- Des recherches récentes tentent d'intégrer les stratégies passives dans le processus de conception du bâtiment, en assurant l'efficacité énergétique avec une création des ambiances confortables; le but est d'exploiter les effets bénéfiques du climat (captage solaire en hiver, ventilation en été) protection pour contrôler les effets négatifs (trop de soleil en été peut provoquer un sur-réchauffement du local, une exposition au vent dominant en hiver augmente les déperditions thermiques) une telle conception réduit la consommation de l'énergie, et place le confort l'occupant au centre de ses préoccupations.
- Les stratégies passives ont la capacité de tirer partie des phénomènes naturels : le soleil, l'eau, la végétation et la température ambiante, pour le transfert de l'énergie tout en s'assurant que de tels gains ou pertes soient bénéfiques aux occupants d'un bâtiment, afin de créer des conditions de confort physique et psychologique tout en limitant le recours aux systèmes mécaniques de chauffage et de climatisation.
- Les stratégies passives utilisent particulièrement les composants du bâtiment pour collecter, stocker, distribuer les gains de chaleur afin de réduire les besoins des chauffages des locaux.
- Les stratégies passives offrent des possibilités d'éclairage naturel dans la journée.
- Tous les éléments du bâtiment doivent être bien isolés et le plan doit être compact afin d'éviter toute perte de chaleur, le bâtiment doit être massif avec des murs et un toit isolés.

- Prévoir une ventilation naturelle pour évacuer l'excès de chaleur en été et éviter la condensation.

4. Objectifs

L'objectif de la recherche est d'élaborer des solutions architecturales concernant la conception afin d'obtenir un bâtiment performant ; apprécier les niveaux réels de consommation énergétique des bâtiments et identifier les meilleurs axes d'intervention qui permettront de réduire la consommation énergétique. Aborder cette thématique comme un thème de recherche vise à atteindre certains objectifs prioritaires :

- _ Saisir la notion d'efficacité énergétique et des bâtiments performants.
- _ Déterminer les solutions architecturales passives pour réduire la consommation énergétique dans le bâtiment et assurer le confort à l'intérieur du bâtiment

5. Démarche méthodologique

Afin de répondre à la problématique posée et atteindre les objectifs, nous avons basé notre travail sur deux principales parties : partie théorique et partie pratique.

• 1^{ère} partie : théorique

Présente une recherche bibliographique, où nous sommes livrés à la collecte d'informations suivant plusieurs références : Livres, thèses et sites internet...Etc., cette partie est constituée de trois chapitres :

- **Le premier chapitre** : intitulé bâtiments performants et efficacité énergétique ; dans ce chapitre, nous avons essayé de donner des généralités sur l'énergie, le bilan thermique, les bâtiments performants, l'efficacité énergétique...etc.
- **Le deuxième chapitre** : intitulé le confort et l'architecture bioclimatique ; dans ce chapitre, nous avons défini l'architecture bioclimatique et le confort.
- **Le troisième chapitre** : intitulé les stratégies passives de la conception architectural, dans ce chapitre, nous avons cité toutes les stratégies passives, bases de la conception architecturale d'un bâtiment performant et confortable.

• 2^{ème} partie : pratique

Cette partie nous a permis de mettre en évidence notre recherche en causalité, dans cette approche nous avons testé la validité des hypothèses que nous avons proposées.

- **Le premier chapitre :** intitulé présentation de cas d'étude; dans ce chapitre, nous avons présenté le cas d'étude (salle de soin, cas existant) situé à Jijel exactement à Chekfa ainsi que les deux méthodes utilisées pour atteindre notre objectif.
- **Le deuxième chapitre :** intitulé résultats et interprétation; une présentation d'une étude comparative a été faite avec le même échantillon après rénovation. Ce chapitre vise à tester la validité des hypothèses qui nous avons proposé, il s'agit de modifier un ensemble des paramètres à l'aide d'un logiciel de simulation ECOTECT 2011 pour l'évaluation du confort et des performances énergétiques, il comporte aussi une procédure des calculs.

6. Structure de recherche

Le mémoire est structuré d'une introduction générale qui pose la problématique sur le thème de recherche avec cinq chapitres et une conclusion générale.

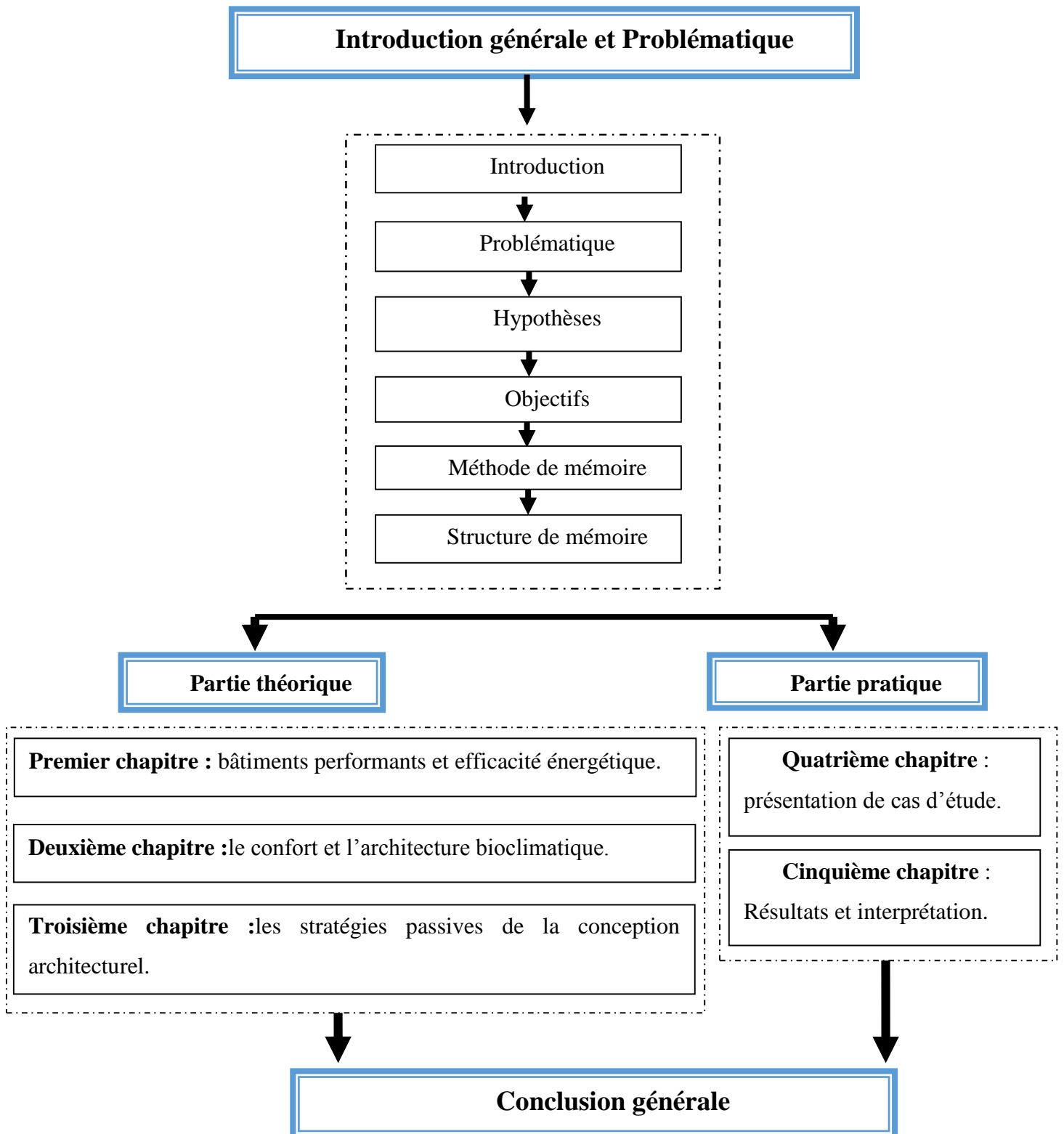


Schéma 1 : Schéma représentant la structure de mémoire.

Source : auteurs.

Chapitre I



BATIMENT PERFORMANTS ET EFFICACITE ENERGETIQUE

Introduction

L'énergie est un produit vital pour toutes les activités humaines, elle dépend principalement des combustibles fossiles, tel que le gaz et le charbon, ces énergies ne sont pas renouvelables et devraient s'épuiser, en outre, les combustibles fossiles émettent des gaz responsables des gaz à effet de serre et du changement climatique, qui est sans aucun doute le plus grand défi auquel l'humanité est confrontée. Les labels visant à réduire l'impact des constructions sur l'environnement, sont en particulier : LEED, CASBEE, BREEAM, HQE évaluant le bâtiment en tant que (construit) plutôt qu'en tant que (conçu), et qu'elles ne permettent pas d'orienter la conception en phase préliminaire. Les bâtiments performants ont tous un point commun ; ils se valent de garantir un confort plus important à leurs occupants et de réduire les besoins énergétiques par une conception architecturale bioclimatique et par l'usage de technologies plus efficaces.

I.1.Energie

Définition

De tout temps, l'homme a eu besoin de l'énergie pour se nourrir se mouvoir. Celle-ci existe sous plusieurs formes. Aujourd'hui, la technologie permet d'en produire en grande quantité, en utilisant toutes les ressources possibles (fossiles, eau, vent, soleil...). L'énergie est un enjeu majeur, tant au niveau politique, économique, scientifique que qu'environnemental (MARK T., 2002).

I.1.1. Classement des énergies

I.1.1.a. Les Energies renouvelables

Définition

Une énergie renouvelable est une énergie exploitée par l'homme, de telle manière que ses réserves ne s'épuisent pas. En d'autres termes, sa vitesse de formation doit être plus grande que sa vitesse d'utilisation. On appelle énergie renouvelable celle provenant de sources non-fossiles, qui se renouvellent. Les énergies renouvelables englobent toutes les énergies inépuisables qui depuis toujours nous viennent du soleil, et la photosynthèse. Le soleil dispense un rayonnement électromagnétique qui constitue notre source lumineuse et thermique. Directement sous forme de lumière et de chaleur, ou indirectement par les cycles atmosphériques (KHALDI S., 2013).

Les techniques pour utiliser directement cette énergie peuvent être classées entre système actif, passive et hybride :

- **Système actif** : Par les panneaux solaires qui chauffent un fluide caloporteur (Air-eau) posant en façade ou en toiture pour capter l'énergie solaire avec une pompe de circulation et un système actif qui assure le fonctionnement du chauffe-eau solaire (EMMANUEL K., 2019).

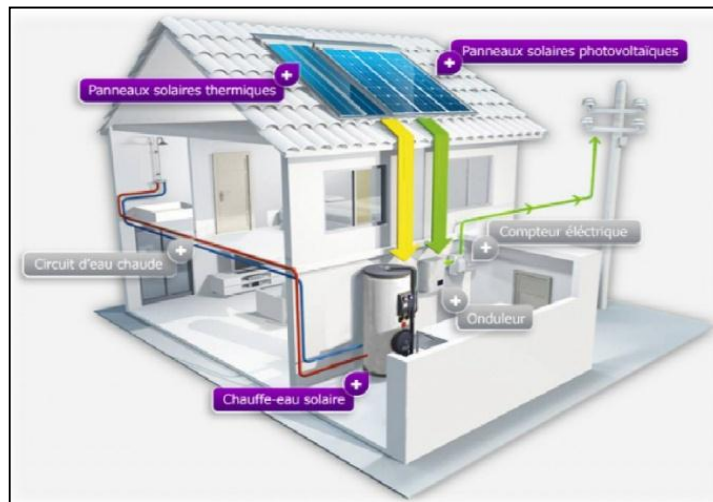


Figure [I.1]: Systèmes actifs.

(Source : [www. Systèmes actifs schéma.com](http://www.Systèmes actifs schéma.com)).

- **Systèmes passifs** : ce système est basé sur les fenêtres, les vérandas vitrées et la serre. L'utilisation passive de l'énergie solaire consiste à laisser pénétrer le rayonnement solaire par les ouvertures transparentes ou l'énergie solaire captée et stockée dans les parties massives internes du bâtiment comme les dalles, plafonds parois intérieures, les apports solaires réduisent d'environ 10% la consommation d'énergie de chauffage (EMMANUEL K., 2019).

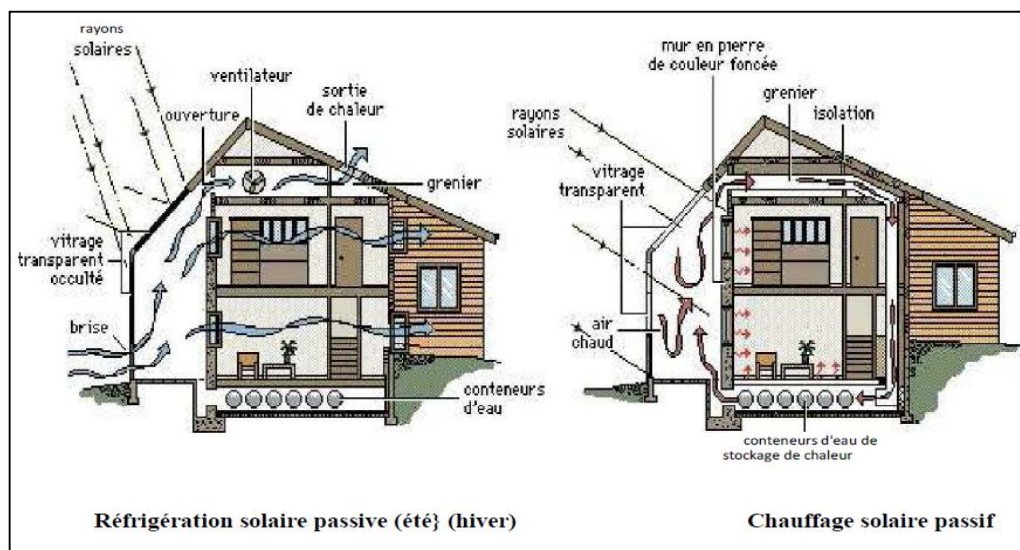


Figure [I.2] : Schéma représentant le système passif.

(Source : <http://www.jeveux sauver la planete.fr>)

- **Système hybride** : ces systèmes ont un fonctionnement tantôt passif, tantôt actif, comme le collecteur-fenêtre (ou capteur-fenêtre) avec circuit d'air chaud ou le capteur à air, il fonctionne de deux manières: lorsque le rayonnement est faible, il se comporte comme une fenêtre ordinaire. (EMMANUEL K., 2019).

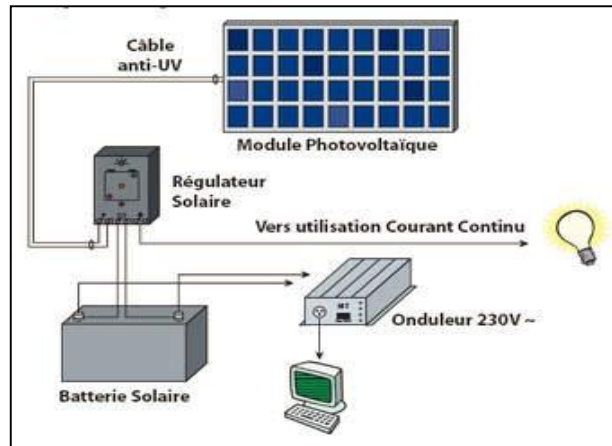


Figure [I.3] : Schéma représentant le solaire thermodynamique.

(Source : Une centrale solaire qui stocke l'énergie dans des sels fondus)

Domaine d'utilisation des énergies renouvelables

Les ressources d'énergie renouvelables sont :

- **Energie solaire** : produire de l'électricité solaire n'est plus, depuis longtemps, une utopie. Des toits solaires toutes ayant une puissance de quelques kilowatts jusqu'aux centrales de quelques mégawatts, tous ces installations contribuent à un approvisionnement en énergie respectueux de l'environnement et grâce à leur souplesse, recèlent d'énormes potentiels pour le secteur de l'énergie. Aussi avec les centrales héliothermiques, il est possible d'utiliser l'énergie du soleil à l'échelle industrielle pour la production d'électricité (C. NGÔ, 1999).

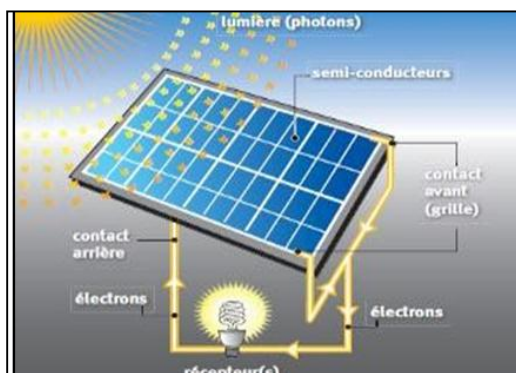


Figure [I.4] : Panneaux photovoltaïques

(Source : site web : Batiweb)

• **Biomasse**: Grâce à la photosynthèse, les plantes utilisent l'énergie solaire pour capturer le gaz carbonique et le stocker sous forme d'hydrates de carbone, tout en assurant leur croissance. Les premiers hommes ignoraient bien sûr ce processus physico-chimique, mais ils ont vite compris l'intérêt de la « biomasse » pour se chauffer (C. NGÔ, 1999).

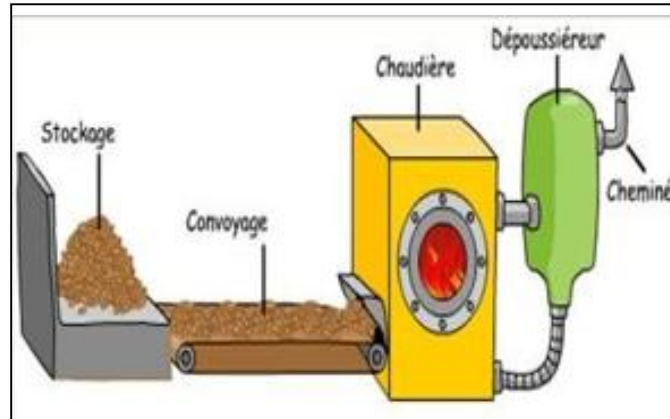


Figure [I.5] : Centrale biomasse

(Source: site web: Bati web)

• **Energie éolienne** : une hélice entraînée en rotation par la force du vent permet la production d'énergie mécanique ou électrique en tout lieu suffisamment venté. Les applications de l'énergie éolienne sont variées, mais la plus importante consiste à fournir de l'électricité. Ce sont des parcs d'aérogénérateurs ou « fermes » éoliennes (C. NGÔ, 1999).



Figure [I.6] : Les éoliennes domestiques

(Source : site web : Batiweb)

• **Géothermie** : le principe de la géothermie consiste à extraire l'énergie contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou d'électricité. Partout, la température croît depuis la surface vers l'intérieur de la Terre. Selon les régions l'augmentation de la température avec la profondeur

est plus ou moins forte, et varie de 3 °C par 100 m en moyenne jusqu'à 15 °C ou même 30 °C. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre (C. NGÔ, 1999).

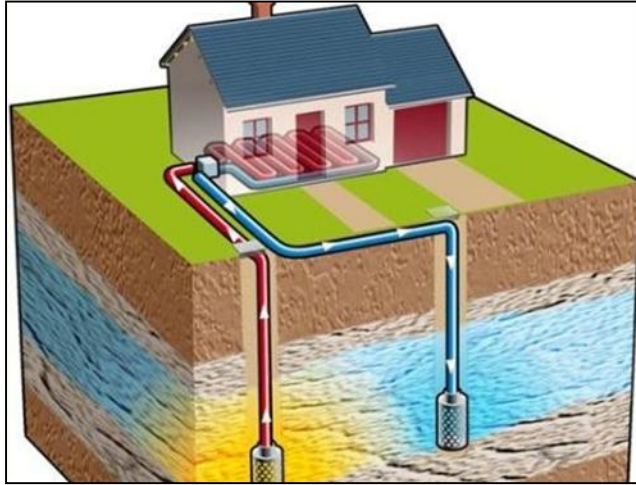


Figure [I.7] : Centrale géothermique

(Source : site web : Batiweb)

I.1.1.b.Énergies non renouvelables

Sont-elles mêmes des sous-produits fossiles végétaux ou Animaux de l'énergie solaire (charbon, pétrole, gaz, etc...), ou des gisements naturels (KHALDI S., 2013).

I.2Efficacité énergétique dans le bâtiment

L'efficacité énergétique se réfère à la réduction de la consommation d'énergie sans toutefois provoquer une diminution du niveau de confort ou de qualité de service dans les bâtiments. Elle correspond à réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, soit, mieux utiliser l'énergie à qualité de vie constante (SENNIT .C-A, 2007).

I.2.1. Solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique

Il est d'usage de distinguer les solutions dites passives (l'habitat passif) qui consistent à réduire la consommation d'énergie des équipements et des matériaux grâce à une meilleure performance intrinsèque et les solutions dites actives (l'habitat actif) visant à optimiser les flux et les ressources (La Plate-forme Maison Passive ASBL, 2017).

a. Habitat passif : c'est un bâtiment avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle.

b. Habitat actif : c'est un bâtiment passif équipé de moyens de production d'énergie comme des panneaux photovoltaïques et des éoliennes. Grâce à ces moyens de production, la maison active

produit elle-même l'énergie nécessaire à son fonctionnement (la connaissance des énergies cde, Mars 2017).

I.2.2. Classification énergétique des bâtiments

La classification énergétique est établie selon le degré de consommation annuelle d'énergie par unité de surface (En kWh/m².An). Sept classes sont déterminées, comme pour l'électroménager, allant de la classe A à la classe G :

- **Classe A** : logement économe avec une consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage, L'eau chaude sanitaire.
- **Classe G** : la classe énergivore, avec une consommation égale ou supérieure à 450kWh/m²/an (DE-HAUT. P, 2007).

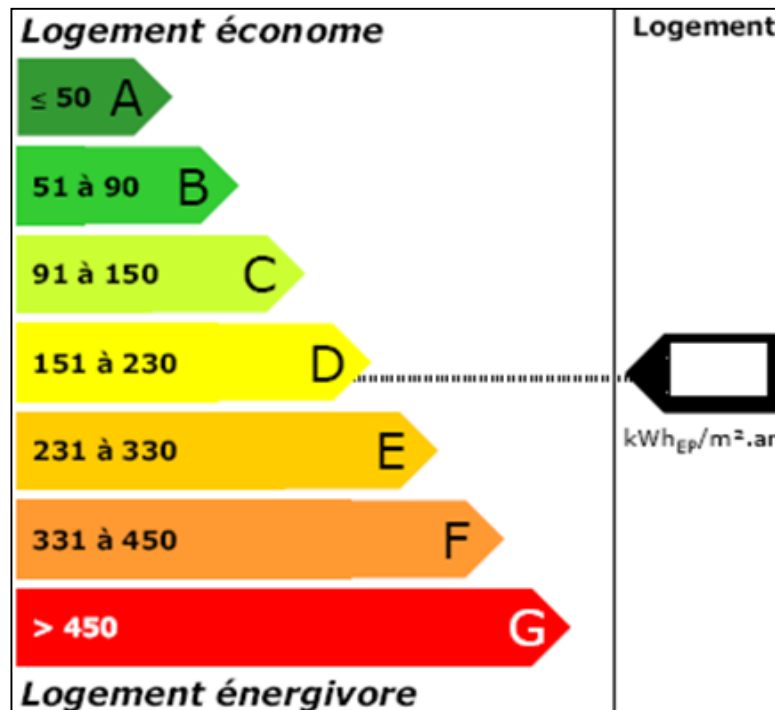


Figure [I.8] : Etiquette de performance énergétique

(Source : www.Etiquette.de.performance.energetique.Schéma.com)

I.2.3. Labellisation énergétique

Le label est une marque spéciale conçue par une organisation publique ou privée (syndicat professionnel, ministère, association...), pour identifier et pour garantir soit l'origine d'un produit et un niveau de qualité (ROBERT J. et FABAS L., 2008).

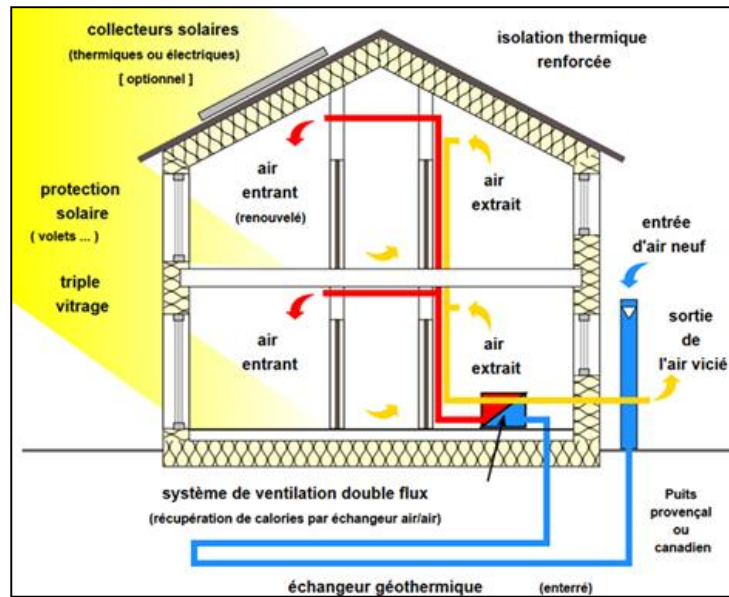


Figure [I.9] : Schéma d'une maison passive

(Source : google image)

I.2.3.a Labels énergétiques français

Ils fixent la consommation de chauffage des logements neufs à 85 kWh/m².an, mais il existe de très fortes variations dans la performance énergétique des logements anciens par rapport aux logements actuels, malgré le renforcement de l'isolation thermique et de l'efficacité des équipements de chauffage, la consommation de chauffage ne cesse d'augmenter.

a.1 Labels haute performance énergétique

Ces labels ont été mis en place pour valoriser les bâtiments neufs obtenant un niveau de performance énergétique supérieur au niveau réglementaire. Ils sont attribués par des organismes en convention avec l'État.

- **Label THPE (Très Haute Performance Énergétique)** : le label Très haute performance énergétique (THPE), représente la consommation globale d'énergie inférieure de 20 % à la consommation de référence RT 2005. Le label THPE EnR (THPE Énergies renouvelables) consommation globale d'énergie inférieure de 30% à la consommation de référence RT 2005.
- **Label HPE (Haute Performance Énergétique)** : les maîtres d'ouvrages et promoteurs, obtenant des résultats encore plus performants que les exigences de la réglementation thermique, peuvent les valoriser au moyen de l'un des cinq niveaux de performance du label HPE, dont les contenus sont détaillés dans un arrêté du 27 juillet 2006. On distingue : « Le label HPE (Haute performance énergétique) indique une consommation globale d'énergie inférieure à 10% à la consommation de référence RT 2005, le label HPE EnR (HPE Énergies renouvelables) indique le niveau du label HPE et besoins en chauffage assurés à plus de 50 %

par une chaudière bois-énergie (ou biomasse) ou un réseau de chaleur alimenté à plus de 60 % par des énergies renouvelables. » (ROBERT J. et FABAS L., 2008).

a.2 Effinergie, Passivhaus et Minergie

Le pays d'origine d'un label n'empêche pas son emploi sur un autre territoire.

En 2007, L'Effinergie est une association qui fixe comme objectif un référentiel afin de pouvoir mettre en place une certification. Ainsi, l'Autriche aura son label pour promouvoir les bâtiments à basses énergies, sur le modèle des démarches Minergie en Suisse et passivhaus en Autriche (ROBERT J. et FABAS L., 2008).

Tableau 01 : les différents labels

	Pays d'origine	Définition de l'Energie Primaire	Consommation maximale
PassivHaus	Allemagne	Chauffage, ECS, Ventilation, Ecologique, Auxiliaire, Electroménager	120 kWh/m ² /an
Minergie	Suisse	Chauffage, ECS, Ventilation	42 kWh/m ² /an
Effinergie	France	Chauffage, ECS, Ventilation, Eclairage, Auxiliaire	50 kWh/m ² /an

(Source : Le Moniteur, 2009)

a.3 Label BBC (bâtiment a basse consommation)

Le terme bâtiment de basse consommation (BBC) désigne un bâtiment pour lequel la consommation énergétique nécessaire pour chauffer et climatiser est notablement diminuée par rapport à des habitations standards.

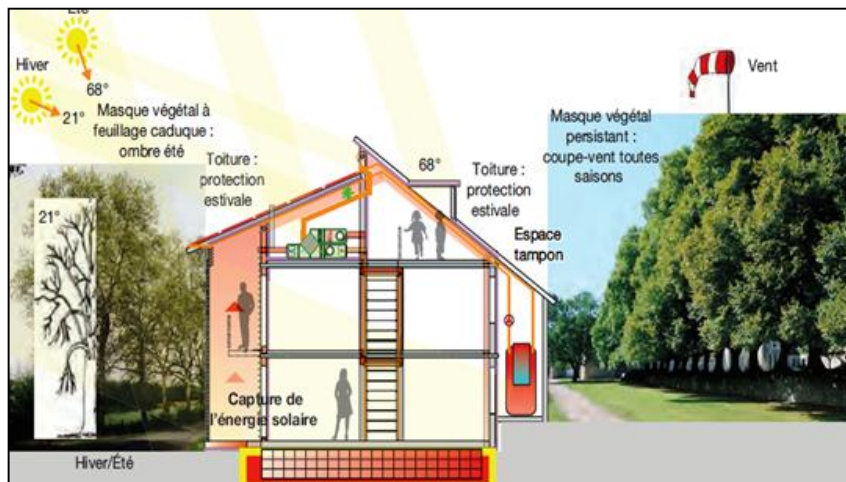


Figure [I.10] : maison basse-énergie à Gembloux
(Source : www.performance-energetique.lebatiment.fr)

Un bâtiment bas consommation selon la réglementation thermique française RT2012 est un bâtiment, dont la consommation conventionnelle en énergie primaire, pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires techniques (pompes...), est inférieure de 50% à la consommation normale réglementaire (RUELLE, F., 2008).

a.4 Bâtiment à zéro énergie (BZE)

Le bâtiment zéro énergie combine de faibles besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux et sa production énergétique équilibre sa consommation.

Ce bâtiment obtient toutes ses énergies requises par l'énergie solaire et d'autres sources renouvelables et il présente des niveaux d'isolations supérieurs à la moyenne. (RUELLE, F., 2008).

a.5 Bâtiment à énergie positive (BEPOS)

Les maisons à énergie positive sont comme leur nom l'indique, des maisons qui produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment. Pratiquement, il peut s'agir des maisons passives pourvues de suffisamment de sources d'énergies renouvelables, ou de maisons qui ne répondent pas spécialement aux critères passifs, tout comme les maisons à énergie zéro, mais présentant malgré tout un surplus de production énergétique global. Ces maisons sont donc des minis centraux électriques insérés dans un réseau décentralisé. (RUELLE, F., 2008).

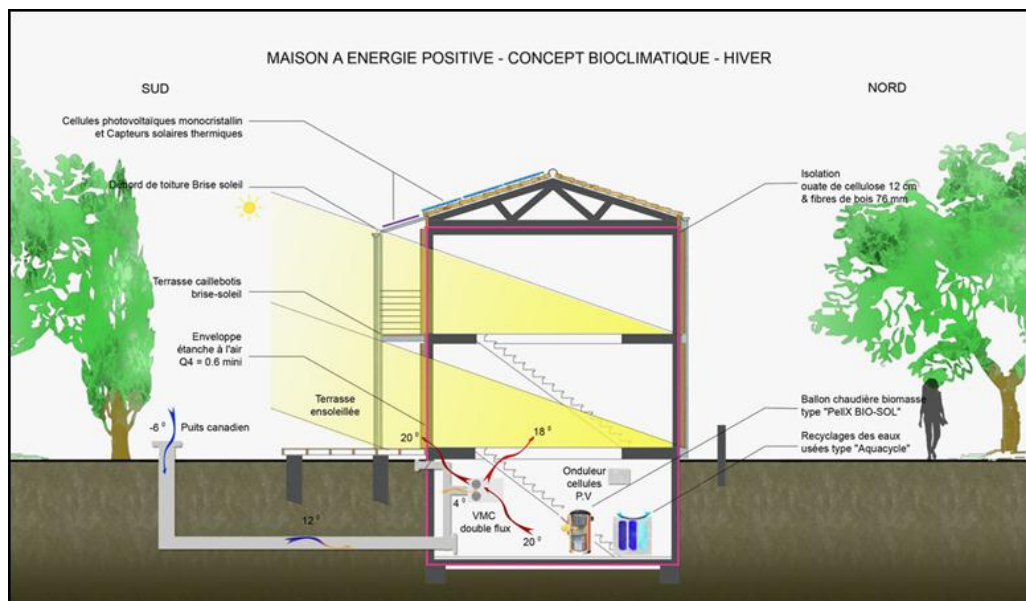


Figure [I.11] : Principaux besoins d'une maison à énergie positive

(Source : greenlineblog.com)

I.3. Performance énergétique de bâtiment

La performance énergétique d'un bâtiment correspond à la quantité d'énergie consommée ou estimée dans le cadre d'une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut notamment l'énergie utilisée pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement (éventuellement), la ventilation et l'éclairage. Plus la qualité d'énergie nécessaire est faible, meilleur est la performance énergétique de bâtiment. La performance énergétique d'un logement est liée à l'efficacité énergétique des équipements, ainsi qu'à l'usage fait au quotidien : donc le comportement est essentiel pour optimiser la performance énergétique (La Plate-forme Maison Passive ASBL, 2017).

I.4. Règlements thermiques

La réglementation thermique est un ensemble de lois visant à la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment par la limitation de la consommation globale d'énergie des bâtiments et l'imposition des performances globales (un seuil réglementaire de performance), ceci pour assurer le confort des occupants du bâtiment, réduire les émissions de polluants et diminuer les charges d'exploitation des locaux (chauffage, climatisation...)

I.4.1. Réglementation thermique française

Elle est appliquée dans le domaine de la construction neuve en France afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage.

La Réglementation Thermique (RT) succède à plusieurs versions antérieures, aux exigences et aux champs d'application croissants. (Réglementation Thermique en 1974 puis 1982, 1988, 2000, 2005, 2012)

a. RT 2005, prise en compte du bio climatisme et des énergies renouvelables

La RT 2005 vise une nouvelle baisse de 15% de la consommation énergétique des bâtiments neufs et des extensions. Une révision quinquennale était même prévue avec un objectif de réduction de la consommation énergétique de 40% entre 2000 et 2020. Cette réglementation encourage :

- La notion de bio climatisme qui fait son apparition, permet de diminuer les besoins de chauffage tout en assurant un meilleur confort d'été.
- La prise en compte des Energies Renouvelables (EnR) sont également introduit dans les calculs de référence.
- Le renforcement des exigences sur le bâti (réduction pont thermique, etc...).

- La prise en compte des consommations (elle impose par exemple une consommation énergétique primaire maximale "cep max" en tenant compte des zones climatiques et du type de chauffage. (FOURA S., 2008).

b. Réglementation thermique 2012 (RT 2012)

La Réglementation Thermique "Grenelle Environnement 2012", dite RT2012, est un outil réglementaire concernant les bâtiments résidentiels et tertiaires neufs, faisant suite à la réglementation précédemment en vigueur, la RT 2005, et s'inscrivant dans une politique mondiale qui a pour acte fondateur le Protocole de Kyoto, ratifié en 2005 par 55 pays. Elle vise à encadrer les émissions des gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment et améliorer la consommation d'énergie (Schneider Electric. Guide de la RT 2012 analyse et solutions, 2012).

c. Grand projet de la RT 2020 et le bâtiment à énergie positive

La RT2020 va mettre en œuvre le concept de bâtiment à énergie positive, appelé aussi "BEPOS" au sein du plan bâtiment durable.

En laissant une liberté totale de conception, les normes de la RT 2020 sont très précises : consommation totale d'énergie primaire (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage et appareils électriques) inférieure à 100 kWh/m² /an, la RT 2020 ambitionne donc d'imposer la construction de bâtiments à énergie passive, là où le bâtiment consomme alors quasiment autant d'énergie qu'il en produit (GERALDINE M., 2016).

I.4.2. Réglementation thermique algérienne

L'application de cette réglementation devrait aboutir obligatoirement à l'isolation thermique des bâtiments neufs. Dont nous, trouvons le fascicule DTR C3-2 et DTR C3-4.

a. DTR de la période d'hiver (DTR C3-2) : ce DTR concerne la période d'hiver. Il stipule que les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une valeur de référence.

b. DTR de la période d'été (DTR C3-4) : ce deuxième DTR est réservé à la période d'été et mentionne que les apports de chaleurs à travers les parois (opaques et vitrées) calculés à 15h du mois de juillet (considéré comme le mois le plus chaud de l'année) doivent être inférieurs à une limite appelée « Apport de Référence ».

c. Objet du document : ce Document a pour objet de fixer les méthodes de :

- La détermination des déperditions et des apports calorifiques des bâtiments ;
- La vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique ;

-L'introduction des déperditions calorifiques de "base" et des apports totaux dans ce DTR qui contribue au dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation des bâtiments (FOURA S., 2008).

I.5. Bilan thermique

Faire le bilan thermique d'un bâtiment ou d'un local, consiste à effectuer un calcul de déperditions et des apports thermique du bâtiment. Ce calcul doit être effectué pour répondre à trois préoccupations: la plus évidente étant le dimensionnement suite à l'évaluation de la puissance nécessaire qui sera fournie par des radiateurs. Le calcul des déperditions est également un outil de vérification et de détermination de l'identité thermique. Donc ce calcul nous permettra d'avoir accès au calcul des consommations d'énergie. (AKCHICHE Z., 2011).

I.5.1. Bilan thermique d'hiver

Les déperditions représentent la quantité d'énergie qu'il est nécessaire d'émettre en œuvre pour chauffer une pièce, un bâtiment. Les pertes d'énergie d'un bâtiment sont en majorité dues à une enveloppe inadaptée. L'enveloppe comprend les murs, les sols, le toit, les portes et les fenêtres. La figure ci-après nous montre d'où provient généralement le transfert de chaleur, à savoir des murs extérieurs et des espaces mitoyens non-chauffés. Des majorations doivent être appliquées aux déperditions. Elles sont dues à : l'orientation et Aux vents (THIERRY R, 2012).

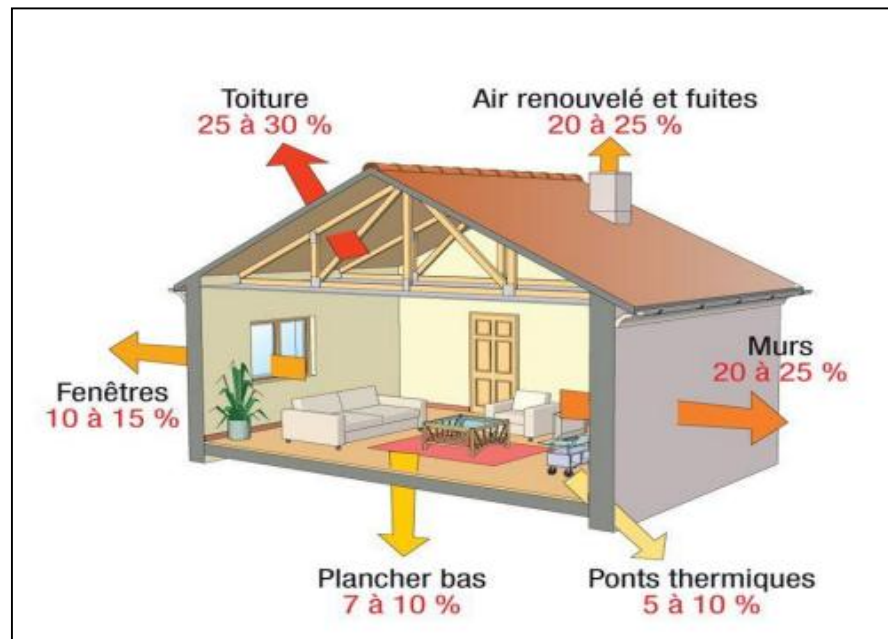


Figure [I.12]: Pertes d'énergie dans un bâtiment non isolé

Source : (THIERRY. R, 2012)

I.5.2. Bilan thermique d'été

Le bilan thermique d'été a pour objectif de calculer les apports (gains) de chaleur et déterminer les besoins en froid et par la même, les puissances de climatisations d'été à installer. (MAZZARI. M, 2012).

Conclusion

Un bâtiment performant sur le plan thermique permettra d'atteindre trois objectifs ; La protection de l'environnement extérieur, des économies d'énergie, ainsi que l'amélioration du confort. Ces objectifs seront assurés par :

- L'amélioration des performances et du rendement des équipements énergétiques.
- La mise en place d'une réglementation thermique pour les bâtiments.
- L'intégration du concept bioclimatique qui vise à utiliser les ressources naturelles pour réduire les dépenses d'énergie consacrées au chauffage et à la climatisation des bâtiments en vue de réaliser un meilleur confort. Et c'est ce que nous allons voir dans le prochain chapitre.

Chapitre II



CONFORT ET ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

Introduction

Pour survivre l'homme a appris à jouer avec la nature et ses manifestations. Son abri est ainsi marqué par des formes déterminées par les impératifs climatiques. Certains temps ont fait passer au premier plan la réduction des coûts énergétiques. Mais à nos jours l'assurance du confort visuel, olfactif, acoustique et thermique ou hygrothermique est devenue l'instinct prépondérant pour tous les décideurs de la conception de bâtiment du fait des nouvelles contraintes de gestion de l'énergie actuelles, le bioclimatique retrouve aujourd'hui une place de choix dans la conception des bâtiments. Héritage de l'architecture d'avant la révolution industrielle, il reprend tout son sens dans les bâtiments à faible consommation. L'un des aspects du travail de l'architecte est d'assurer un environnement confortable à l'intérieur des bâtiments qu'il construit. Assurer une bonne qualité de l'environnement intérieur donc assuré leur confort.

II .1. Notion du confort

Le confort est une notion globale : chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige... Et autre, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est également la sensation subjective qui n'existe pas en lui-même.

II.1.1. Différents types du confort

Le confort des occupants peut être divisé en plusieurs sections :

a. Confort tactile

Il dépend essentiellement des températures de surface avec lesquelles .Il peut y avoir un contact direct et fréquent avec la peau. C'est notamment le cas des sols.

b. Confort phonique

Caractérisé par les affaiblissements acoustiques des parois, il dépend de la qualité des matériaux des façades et, essentiellement, de leur capacité à affaiblir les sons en provenance de l'extérieur, aussi il dépend de la qualité des matériaux intérieurs de tous les parois notamment leur capacité à réfléchir les sons ,ces matériaux ne sont pas forcément spécifiques aux constructions écologiques et, quand c'est malgré tout le cas, leurs caractéristiques physiques sont similaires à celles des constructions classiques. Dans les constructions passives, les épaisseurs d'isolation supérieures à celles habituellement pratiquées et l'usage de plus en plus fréquent des triples vitrages peuvent améliorer les performances globales. (passivact.fr, 2019).

c. Confort visuel

Le confort visuel est défini comme l'absence de gêne lors de la projection d'un film. IL est le terme utilisé pour définir l'impression liée à la quantité, la distribution et à la qualité de la lumière. Un éclairage trop faible ou trop fort peut induire chez la plupart des gens une fatigue, voire même des troubles optiques, auxquels s'ajoutent une sensation d'inconfort et une performance visuelle réduite. D'autres facteurs doivent être également pris en compte tel que la mauvaise répartition de la lumière dans l'espace par une concentration seulement dans un coin de local, ainsi un spectre lumineux mal adapté à la sensibilité oculaire de chacun (trop de brillance) ou à la vision des couleurs (contraste).(passivact.fr, 2019)

d. Confort olfactif et qualité de l'air intérieur

Le renouvellement de l'air intérieur permet de maintenir sa qualité et d'extraire les polluant et les odeurs provenant essentiellement des cuisines et des WC, les COV, (Composés Organo-Volatils) libérés par les parois, les aménagements et les équipements intérieurs ainsi que la vapeur d'eau issue de la préparation des repas et les douches peuvent être fortement réduits, c'est le rôle de la ventilation permanente, naturelle mais difficilement contrôlable ou celui plus rigoureux des VMC simple ou double flux au-delà affectée des températures et de l'humidité, la sensation de confort peut être affecte par la vitesse de circulation de l'air, agissant notamment sur la régulation des flux de chaleur entre le corps et le milieu ambiant.(A partir d'une vitesse de 0.2m/s l'individu commence à ressentir une circulation d'air qui l'est inconfortable).Pour des valeurs supérieures à 5m\s, une valeur autour de 1.5m/s est préconisé du point de vue du confort une moyenne de renouvellement équivalente à 15 ou 25mètres cubes par heure (m^3/h)et par personne est généralement appliquée notons que les normes peuvent varier selon les situations et les impératifs d'économie d'énergie.(SOLENER, 2014)

Le tableau suivant donne quelques valeurs préconisées du renouvellement d'air :

Tableau [II.1] : Taux de renouvellement d'air selon le taux d'occupation et le type des locaux

Locaux	Taux d'occupation (m² par personne)	Débit (m³/h/m²)	Débit (m³/h par personne)
Salle de cours	1.5	10	15
Salle d'attente non-fumeur	3	6	18
Salle d'attente fumeur	3	8.5	25
Salle de réunion	1.5	12	18
Bibliothèque	12.5	2	25
Bureaux	/	/	25

*(Source : SOLENER, 2014)***e. Confort hygrothermique**

Selon la démarche HQE, en fonction des conditions climatiques, des caractéristiques de l'utilisateur, de l'homogénéité thermique, le confort hygrothermique représente la huitième cible sous la notion de « Ni chaud ni froid, ni humide ni sec ». En hiver comme en été, le confort hygrothermique souhaité par l'occupant consiste généralement à ne vouloir avoir ni chaud ni froid, Selon GIVONI, le confort ne dépend pas seulement du paramètre de la température, mais aussi de l'hygrométrie de l'air intérieur ; une humidité faible ou élevée rend l'ambiance inconfortable, lorsqu'elle est inférieure à 20%, elle provoque la sécheresse ; lorsqu'elle est supérieure à 80%, elle cause la sensation d'étouffement chez l'individu (GIVONI B., 1978).

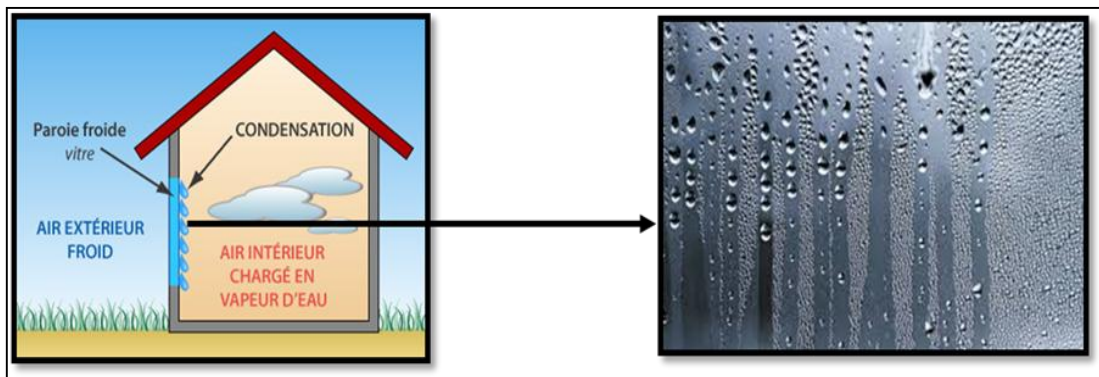
- **Conditions du confort hygrothermique**

Les conditions dépendent de la région et de la saison, généralement assurer un confort hygrothermique signifie qu'une température intérieure entre 18° et 22° doit être constante en toute saison ou une différence maximale de 3°C avec celle des parois le taux d'humidité est limité entre 40 et 60%.

- **Origine de l'humidité**

- **Condensation**

La condensation est un phénomène physique de changement d'état de la matière (état gazeux à un liquide). Dans la nature, la condensation de la vapeur d'eau est une étape importante du cycle de l'eau, à l'origine notamment de la rosée, des nuages et de la pluie, de la neige, du givre ou de certaines formes de verglas. On peut expérimenter ce changement d'état lors d'une douche où, au contact du miroir froid, la vapeur d'eau présente dans l'air se condense en gouttelettes. Elle se manifeste par des coulures sur les parties vitrées, par des taches noires (champignons) dans les zones les plus froides comme les angles de murs, derrière les meubles, dans les placards, sur les allèges et linteaux. Toutes ces manifestations sont plus importantes dans les pièces où la température est plus basse.



*Figure [II.1] : le phénomène de la condensation
(Source : [http:// : www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))*

- **Fuites et infiltrations**

Il faut distinguer plusieurs types de fuites ou d'infiltrations :

Dans les murs en surélévation, elle forme des taches qui vont en s'élargissant à mesure que l'eau descend. Dans les dallages sur un terre-plein, la fuite de tuyaux d'eau chaude ou froide se reprend dans la chape sous le revêtement de sol et ce sont les cloisons qui servent d'évaporateur. Elle forme des taches horizontales sur le passage d'eau. Dans les murs enterrés, si c'est une infiltration, on voit l'eau couler. Si elle coule en continu, il y a une grande chance que ce soit une fuite sur un réseau, si elle coule par intermittence lorsqu'il pleut ou bien quelques jours après, ce phénomène est dû à une résurgence d'eau d'un terre-plein (FUCHS F-M., RAYMOND. B., 2010).

➤ Remontées capillaires (ou humidité ascensionnelle)

Ce phénomène se produit dans des matériaux de construction poreux, c'est-à-dire dont la structure présente de nombreuses cavités de faibles dimensions, ces cavités sont souvent reliées entre elles et forment de très longs canaux appelés capillaires (AGDEDN, 2010).



Figure [II.2] : la remontée capillaire

(Source : <http://www.wikimedia.org>)

II.2. Architecture bioclimatique

Depuis l'antiquité l'homme construisait en tenant compte des données climatiques, comme le soleil, le vent, etc... Le cas de l'habitat vernaculaire en Algérie et leurs adaptations aux différentes zones climatiques (La vallée du Mzab, La casbah d'Alger, les villages kabyles, etc...), cette ancienne pratique de construction a été relancé et redécouverte aujourd'hui en profitant de nouvelles techniques et en portant un nouveau terme « La bioclimatique », Etymologiquement, le mot bioclimatique est composé d'un préfixe, bio qui fait référence à la vie et à la biologie et donc au sens large à la nature, avec climatique faisant référence aux conditions climatiques d'un lieu (DE HERDE A., LIEBARD A., 2005).

II. 2.1. Principes de base de l'architecture bioclimatique

La conception bioclimatique des bâtiments varie d'un lieu à l'autre suivant le climat et le site d'implantation. La figure suivante Figure. [II.3] montre les principes de base de l'architecture bioclimatique qui sont généralement les suivants :

- ✓ Capturer le rayonnement solaire.
- ✓ Stocker l'énergie ainsi capté.
- ✓ Distribuer cette chaleur dans l'habitat.
- ✓ Réguler cette chaleur.
- ✓ Éviter les déperditions dues au vent.

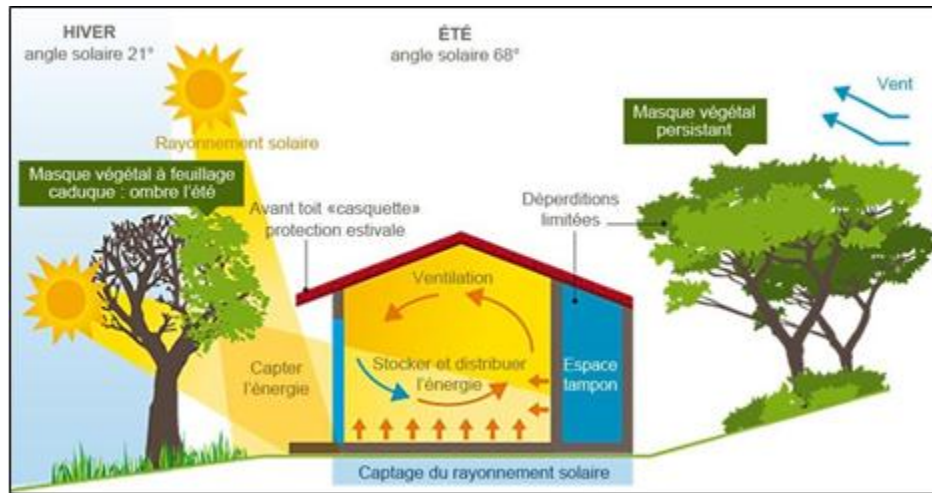


Figure [II.3] : Les principes de base de l'architecture bioclimatique adaptés aux besoins saisonniers (Chaleur en hiver, fraîcheur en été) (Source : site web : A2j-isolation)

II. 2.2. Outils graphiques de l'analyse bioclimatique

Il s'agit de plusieurs outils qui aident le concepteur à avoir un bâtiment qui s'inscrit dans une démarche bioclimatique, en localisant précisément la zone de confort et ses caractéristiques, dans un lieu déterminé en considérant ses paramètres climatologiques (ADEME, 2002).

a. Diagramme d'OLGYAY

C'est un diagramme bioclimatique qui considère deux variables fondamentales pour le confort : la température et l'humidité, ainsi que d'autres mesures correctives comme la vitesse du vent, le rayonnement et l'évaporation.

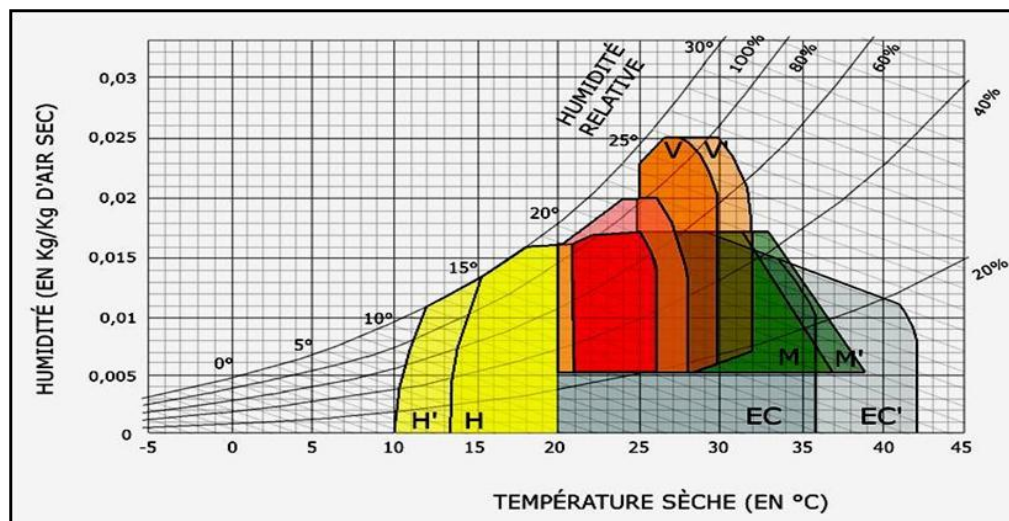


Figure [II.4] : Le diagramme d'Olgay
(Source : FERNANDEZ P., LAVIGNE P., 2009)

b. La gamme du confort de DEDEAR et BRAGER

Cette gamme est un outil permettant de déterminer la température du confort (température neutre) à l'intérieur d'un bâtiment à ventilation naturelle en fonction de la température extérieure

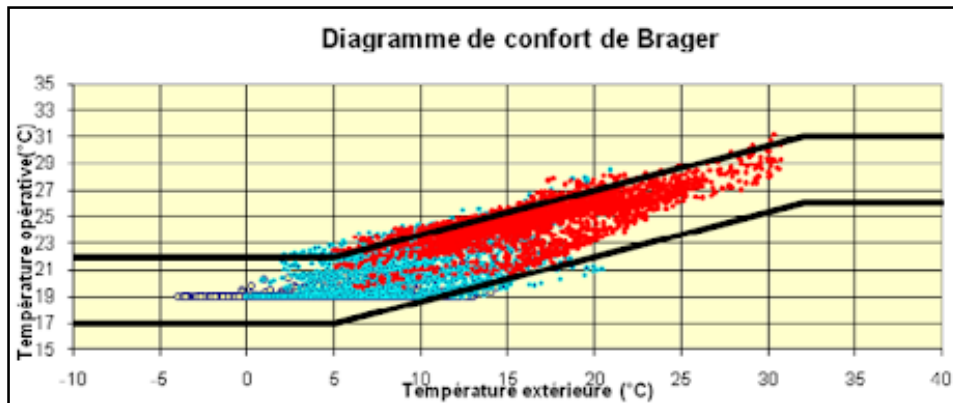


Figure [II.5] : La gamme de confort de DeDear

(Source : DEOUX S, DÉOUX P, 2004)

c. Le diagramme d'EVANS

Il suggère différentes stratégies permettant d'instaurer un seuil satisfaisant du confort selon la température moyenne mensuelle et l'amplitude thermique, il représente 4 zones du confort : (A) zone du confort pour les activités sédentaires, (B) zone du confort pour dormir, (C) zone du confort pour les mouvements intérieurs, (D) zone du confort pour les mouvements extérieurs.

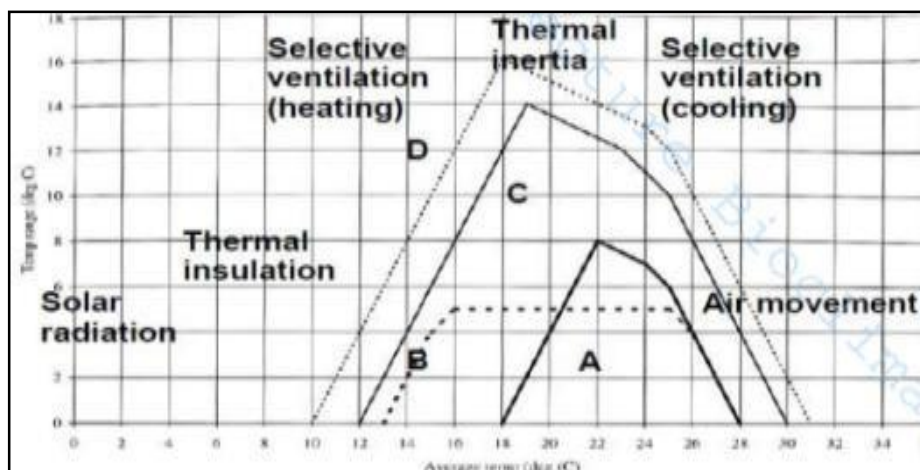


Figure [II.6] : Le diagramme d'Evans

(Source : EVANS, 2007)

II.3.Climat

Les définitions du climat sont nombreuses, une définition plus large est donnée par l'encarta « l'ensemble des phénomènes météorologique qui se produisent au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle », le climat désigne les conditions générales du temps et ce que l'on prévoit à cet égard. On peut envisager cette notion comme une condition locale ou l'appliquer à de plus vastes régions ou à la planète entière. « Le climat est le résultat de plusieurs années de tous les phénomènes atmosphériques observés dans un endroit particulier » (encarta, 2003).

II. 3.1. Climats dans le monde

La climatologie est une science récente qui donne une description et une explication de la répartition des climats. La classification la plus fréquente admise est celle de Vladimir Koppen, météorologue soviétique du début du siècle ; elle est établie d'après des seuils thermiques et pluviométriques Figure [II.7] : Koppen divise le monde en plusieurs grandes zones climatiques qu'il symbolise chacune par une lettre de l'alphabet comme suit :

- **Climat de Type A** : est le climat tropical humide, caractérisé par de fortes précipitations et une température toujours supérieure à 18°C.

Parfaitement représenté au niveau de l'équateur, se dégrade au fur et à mesure que l'on se rapproche des tropiques jusqu'à devenir un climat aride.

- **Climat de Type B** : est le climat désertique : le total des précipitations annuelles est inférieur à 250 mm, la chaleur très forte et l'évaporation est intense.

- **Climat de Type C** : est le climat tempéré : en général celui des régions comprises aux latitudes moyennes ; les critères sont une amplitude thermique annuelle modérée, une moyenne du mois le plus froid supérieure à -3°C, le plus chaud supérieur à 18°C. Ce climat connaît quatre saisons bien tranchées.

- **Climat de Type D** : est le climat continentale : froid avec des longs hivers neigeux ; la température moyenne du mois le plus froid est inférieure à -3°C, mais la température moyenne du mois le plus chaud est à peine supérieure à 10°C.

- **Climat de Type E** : est le climat polaire : la température moyenne du mois le plus chaud est toujours inférieure à 10°C.

- **Climat de Type F** : est le climat de Montagne en raison de l'altitude, des données comparables à celles du climat polaire (KEITH L., 1985).

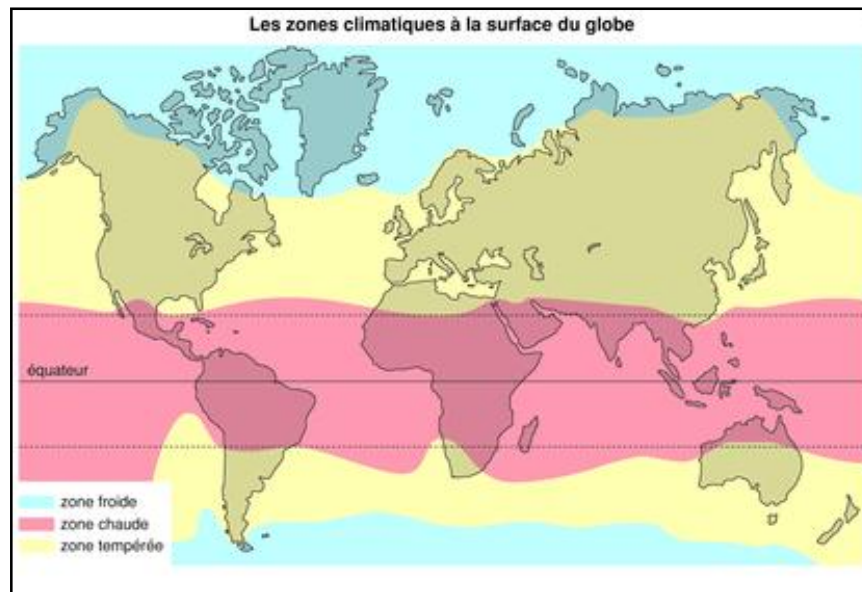


Figure [II.7] : Zones climatiques dans le monde

(Source : www.atmosphère.mpg.)

II. 3.2.Climat en Algérie

Le climat de l'Algérie est varié, car le pays a une très grande superficie (quatre fois celle de la France) : la partie nord possède un climat méditerranéen, alors que le reste du pays possède en majorité un climat désertique, cependant entre ces deux grands types de climats, existent des climats de transition, notamment le climat semi-aride qui correspond à un climat méditerranéen avec une sécheresse ne se limitant plus uniquement à la saison estivale mais à une bonne partie de l'année mais aussi un climat méditerranéen aux influences montagnardes, un peu plus continental. Néanmoins, l'Algérie est un pays de la zone subtropicale où le climat dominant est chaud et sec. Le centre de climatologie de l'Algérie est sous la responsabilité de l'Office national de météorologie.

II. 3.3.Classification du climat en Algérie

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales figure [II.8]

- **Zone A** : littoral marin est un climat particulièrement tempéré, dû à la l'action modératrice de la mer. Caractérisé par des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds et humides avec de faibles amplitudes.
- **Zone B** : arrière littoral montagne, il est plus froid en hiver, où l'altitude et l'éloignement

de la mer entraînent une baisse de température et des amplitudes diurnes et annuelles. Les étés sont chauds et moins humides.

- **Zone C** : hauts plateaux ; il est relativement homogène, à tendance aride et très continentale. Ses hivers sont plutôt froids et longs qu'à la même altitude dans la zone A et B. Les températures sont très basses avec une fréquence de neige. Ses étés sont chauds et secs.

- **Zone D** : présaharien et saharien quant à lui est caractérisé par l'intensité du rayonnement solaire et une faible humidité, d'où le caractère du climat aride. L'absence de nuages favorise une forte amplitude de température. (MAZOUZ S., 2004).

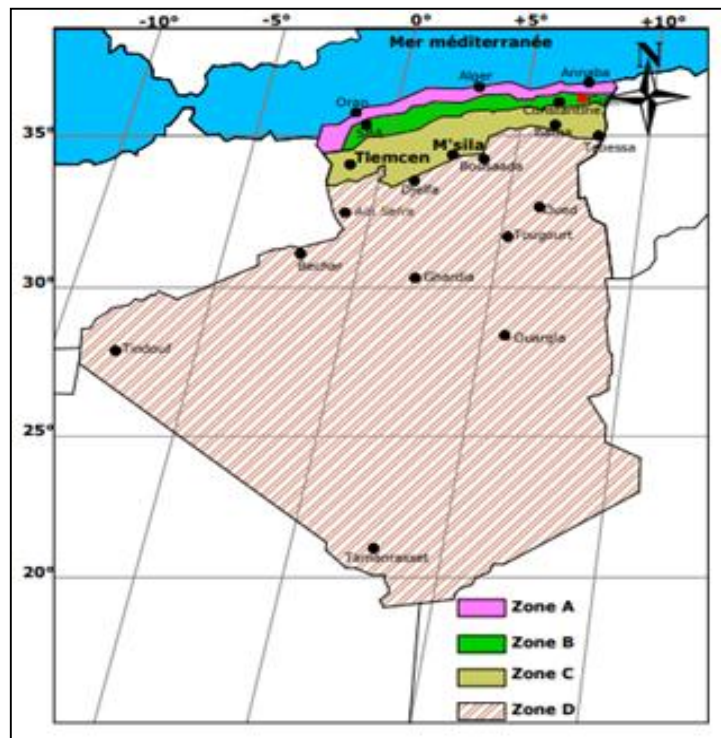


Figure [II.8] : classification du climat en Algérie

(Source : MAZOUZ. S. 2004 ; « Eléments de conception architecturale », réadapter par l'Auteur.)

II.4.Principaux paramètres climatiques à prendre en considération lors de la conception architecturale :

II.4.1. Soleil

Est la source de tout réapprovisionnement énergétique quotidien qui crée le vent, la pluie et réchauffe la terre. Ces paramètres climatiques avec le soleil constituent des éléments essentiels à considérer en toute phase amont de conception des bâtiments. Ceci nécessite en

premier lieu d'établir une étude détaillée de chaque paramètre à part (SALOMON, 1994).

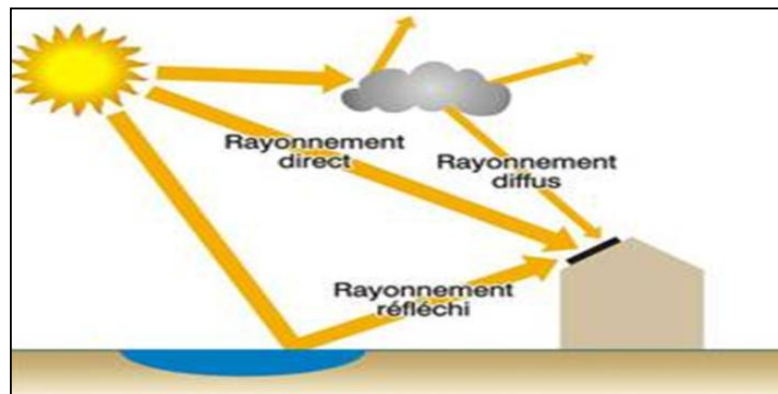


Figure [II.9] : Le rayonnement solaire

(Source : SALOMON, 2000, L'agence méditerranéenne de l'environnement AME)

II.4.2. Humidité

Si la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air (en provenance des surfaces d'eau et de la transpiration des êtres vivants) est très variable, elle ne peut cependant dépasser un certain maximum. Celui-ci étant fonction de la température. Le plus souvent, il y a moins de vapeur d'eau dans l'air que ces quantités maximales. Le rapport entre la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air et la quantité maximale qu'il peut contenir à une température donnée s'appelle l'humidité relative, exprimée en %. On distingue aussi l'humidité absolue en g/m^3 . Une autre façon d'évaluer l'humidité de l'air est de calculer le point de rosée. Exprimé en ($^{\circ}C$), ce dernier est la température à laquelle la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air est égale à la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir à cette température. Les valeurs de l'humidité relative nécessaires pour le concepteur sont les moyennes maximales et minimales mensuelles ainsi que les valeurs extrêmes (DEVUYST P., 1979).

II.4.3. Vent

Le vent est un mouvement d'air horizontal, né par les différences de pressions d'un lieu à l'autre. Défini par sa direction, sa fréquence et sa vitesse. D'autres facteurs affectent sa distribution comme la rotation de la terre, la variation journalière de la température et la topographie du lieu. Le vent est un paramètre essentiel dont il faut tenir compte. Par exemple l'impression du froid ressentie par le corps humain à $20^{\circ}C$. (HUFTY A., 1976).

II.4.4. Pression

La pression atmosphérique en un point donné est déterminée par la densité des diverses couches de l'atmosphère située selon une même verticale. La pression est mesurée en millibars, à l'aide d'un baromètre. La distribution horizontale de la pression est variable. Elle joue un rôle fondamental en météorologie, car elle est directement liée aux mouvements atmosphériques horizontaux, c'est à dire au vent. Selon, la direction verticale, la pression décroît quand l'altitude augmente. Ainsi, on a une décroissance de 1 m pour une élévation de 8 m au voisinage du sol. Bien que le taux de décroissance ne soit pas constant, il est plus important quand l'air est froid que lorsque l'air est chaud (Étude météorologie, 2004).

II.4.5. Végétation

Le monde végétal, et les arbres en particulier sont fondamentaux pour l'équilibre de la planète. Ce sont les arbres et les plantes qui ont peu à peu transformé l'atmosphère de notre planète, en absorbant le gaz carbonique et en rejetant de l'oxygène... Élément vivant, l'arbre s'impose par sa verticalité, sa beauté, sa symbolique et son utilité s'enracine dans la mémoire collective des hommes. La végétation clarifie et met en valeur l'espace urbain. Elle assure la protection contre les vents, les radiations solaires et l'éblouissement. Elle influence aussi le climat local, où les recherches montrent qu'il y a une différence de température de 3,5°C entre la ville et la banlieue. Surtout que la minéralisation des sols et la réduction du couvert végétal perturbent le bilan hydrique et raréfient l'eau sous toutes ses formes et privent la ville du refroidissement naturel par la consommation de chaleur latente (REYSSET P., 1997).

Conclusion

Le climat joue un rôle déterminant dans la définition de la notion de confort et la détermination de la forme architecturale de la construction. Depuis l'antiquité, l'architecte essaie toujours de chercher à intégrer le climat dans sa conception et delà en tirer profit : que ce soit un rafraîchissement dans les pays chauds ou un réchauffement dans les territoires froids, l'architecture bioclimatique est considérée comme une solution adéquate, visant l'adaptation de l'être humain avec son environnement, parfois rigoureux. Elle permet de réduire les dépenses d'énergie consacrée à la climatisation des habitations en utilisant les ressources naturelles du climat afin d'offrir une possibilité d'améliorer le cadre de vie. Réaliser et assurer un confort maximum en toutes saisons et minimiser la consommation d'énergie qui pèsera très lourd, à travers le temps, sur les revenus des ménages et l'économie des pays.

Chapitre III



STRATEGIES PASSIVES DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

Introduction

L'objectif d'une conception passive est d'exploiter différents gisements naturels disponibles afin d'obtenir un meilleur confort pour les occupants du bâtiment tout en réduisant les besoins énergétiques futurs. Pour une conception passive, la sobriété énergétique constitue la priorité devant l'efficacité et l'adoption d'énergie renouvelables. Quoiqu'il en soit l'environnement, cette stratégie s'articule autour de plusieurs piliers dont les principaux sont les suivants : limiter les pertes et les apports de chaleur, favoriser la ventilation naturelle, exploiter les possibilités d'utilisation de l'éclairage naturelle et respecter les limites de confort interne du bâtiment.

III .1. Conception solaire passive

On définit la conception solaire passive comme un standard de construction évoluant autour de certains critères permettant d'atteindre une température ambiante confortable à toute saison sans nécessiter l'utilisation d'un système de chauffage et de climatisation. En réalité, dans certains climats, l'utilisation d'un système de chauffage d'appoint sera nécessaire durant les grands froids d'hiver. (REGION W., 2003).

III.1.1.Stratégie de chauffage solaire passif

Les stratégies de chauffage passif utilisent en particulier les composants du bâtiment pour collecter, stocker et distribuer les gains de chaleur solaire, afin de réduire les besoins en chauffage des locaux. Ils ne nécessitent pas l'utilisation d'équipements mécaniques car le flux de chaleur est naturel (rayonnement, convection et conduction) et le stockage thermique est dans la structure elle-même. En outre ces stratégies offrent des possibilités d'éclairage du jour et des vues sur l'extérieur grâce aux fenêtres. Tous les éléments du bâtiment (y compris les fenêtres) doivent être bien isolés et le plan doit être compact afin d'éviter toute perte de chaleur. Les bâtiments devraient être massifs avec des murs et des toits isolés, et prévoir une ventilation naturelle pour permettre le gain et la perte de chaleur. Ces bâtiments sont généralement de masse thermique élevée, bien ombragés, couplés au sol et compacts en plan. L'efficacité de chauffage et de rafraîchissement d'un bâtiment peut être améliorée en réduisant son rapport surface/volume. Ceci peut être accompli en minimisant les murs extérieurs et les toits pour produire une forme de maison plus compacte figure [III.1] (ALMUSAED A., 2011).

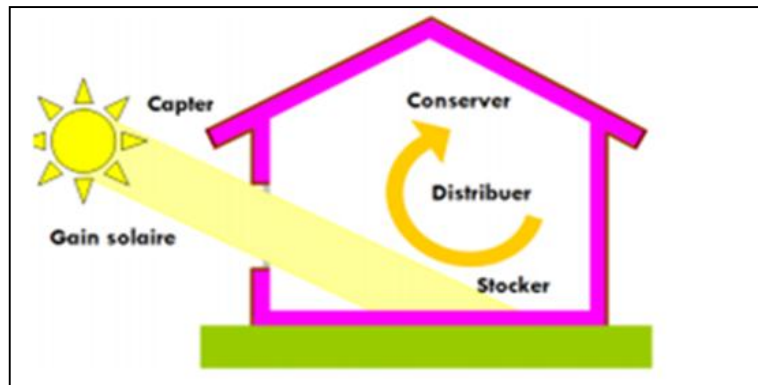


Figure [III.1] : Stratégies de chauffage solaire passif.
 (Source : <http://www.belblock.be/fr/inertie-thermique.html>)

III.1.1.1. Captage solaire

Le but du système de collecte ou de captage, est de permettre à la lumière du soleil de pénétrer dans le bâtiment pour chauffer l'espace. Le cas échéant, chauffer la masse de stockage. Le sous-système de stockage comprend généralement des parties du sol ou des murs intérieurs du bâtiment.

III.1.1.2. Stockage

Les éléments de stockage représentent la masse thermique et toutes les formes de matériaux dans lesquels les chaleurs peuvent être stockées. Le but du stockage est d'emmagasiner la chaleur solaire collectée jusqu'à ce que les occupants du bâtiment en aient besoin. Dans la plupart des cas, la chaleur est recueillie pendant la journée et utilisée la nuit. L'énergie stockée est libérée de la masse de stockage et distribuée dans tout le bâtiment pour compenser l'utilisation de l'énergie de chauffage. (JOSEPH M-G. AHEARN A. 1991).

III.1.1.3. Distribution

La distribution de chaleur se produit généralement après la collecte et le stockage de l'énergie solaire. Le but de la distribution est que la chaleur solaire atteigne les endroits où elle peut être utile. Elle dépend directement de la conception du bâtiment et du système de chauffage, où le défi pour les architectes est de réduire autant que possible le besoin de distribution. Le mode le plus efficace est de concevoir la disposition des espaces de vie de telle sorte que l'énergie solaire est recueillie et stockée dans ou à proximité de l'espace de vie où il sera utilisé comme zone thermique. Si cela n'est pas possible, cette distribution peut être assurée par un circuit de ventilation forcée. La chaleur doit également être régulée en fonction des différentes pièces de l'habitation et de leur utilisation. (JOSEPH M-G. AHEARN A. 1991).

III.1.1.4. Contrôle

Le contrôle du système de chauffage passif peut être très différent du contrôle d'un système HV ou HVAC. Dans de nombreux bâtiments passifs, le contrôle est réalisé grâce à l'utilisation de dispositifs d'ombrage, ou d'autres moyens pour réguler la lumière du soleil entrant dans le bâtiment. Les bâtiments passifs plus complexes peuvent également avoir des thermostats pour contrôler les ventilateurs et les moteurs qui régulent le débit d'air ou les événements de contrôle. Dans de nombreux bâtiments passifs, les mécanismes de contrôle sont manuels, c'est-à-dire que les gens contrôlent le bâtiment (JOSEPH M-G. AHEARN A. 1991).

III.1.2. Stratégie du froid en été

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement, Figure III.2



*Figure [III.2] : Stratégies de chauffage solaire passif.
(Source : <http://www.belblock.be/fr/inertie-thermique.html>)*

III.1.2.1. Protéger

Protéger le bâtiment, et particulièrement ses ouvertures de l'ensoleillement direct afin de limiter les gains directs revient à ériger des écrans, qui le mettent à l'ombre. Ces écrans peuvent être permanents, amovibles ou saisonniers (végétation). Afin d'éviter l'échauffement du bâtiment au droit des parois opaques, un niveau d'isolation suffisant doit empêcher la chaleur de s'accumuler dans la masse. En climat chaud, il faut particulièrement veiller à éviter les apports de chaleur provenant des parois et des toitures chauffées par le soleil, en accroissant leur isolation ou leur inertie, en offrant des surfaces réfléchissantes au soleil ou encore en limitant les infiltrations d'air chaud dans le bâtiment (ALMUSAED A., 2011).

III.1.2.2. Minimiser les apports internes

Minimiser les apports internes vise à éviter une surchauffe des locaux due aux occupants et aux équipements tels que les équipements électriques, la densité d'occupation des locaux et l'éclairage artificiel, ce dernier peut être facilement minimisé en favorisant l'éclairage naturel (ALMUSAED A., 2011).

III.1.2.3. Dissiper les surchauffes

La dissipation des surchauffes peut être réalisée grâce à la ventilation naturelle, en exploitant les gradients de température par le biais d'exutoires produisant un "effet de cheminée". La pression du vent et la canalisation des flux d'air peuvent également être mises à profit pour évacuer l'air surchauffé du bâtiment (ALMUSAED A., 2011).

III.1.2.4. Refroidir les locaux

Le refroidissement des locaux peut facilement être assuré par des moyens naturels. Une première solution consiste à favoriser la ventilation nocturne, afin de déstocker la chaleur emmagasinée la journée ou à augmenter la vitesse de l'air par effet Venturi ou par tour à vent. Un autre moyen consiste à refroidir l'air par des dispositifs naturels tels que des plans d'eau, des fontaines, de la végétation, des conduites enterrées, (ALMUSAED A., 2011).

III.1.2.5. Rafraîchissement passif en climat chaud

Dans les pays à climat chaud, les besoins énergétiques du rafraîchissement peuvent atteindre deux ou trois fois ceux du chauffage, sur une base annuelle. L'utilisation des principes de base du transfert de chaleur, couplée au climat local, et l'exploitation des propriétés physiques des matériaux de construction, pourraient permettre le contrôle des conditions de confort à l'intérieur des bâtiments. Même dans les zones où la température ambiante maximale moyenne est d'environ 31.7 °C. Les conditions de confort à l'intérieur des bâtiments peuvent être atteintes grâce à une conception de bâtiment appropriée qui rend souvent injustifiée l'utilisation des climatiseurs dans les habitations. On estime qu'une augmentation de 9 Mtep (Millions de tonnes d'équivalent pétrole) de la contribution solaire potentielle totale par an, (toute l'utilisation solaire potentielle est exploitée) est possible dans tous les pays de l'Union Européen, si le rafraîchissement passif est appliqué dans les habitations. Aujourd'hui, le rafraîchissement passif, dans est assurée par le transfert d'énergie de l'espace ou de l'air abondant dans l'espace, pour atteindre un niveau de température et d'humidité inférieur à celui de l'ambiance naturelle (ALMUSAED A., 2011).

III .2. Stratégies environnementales

III .2.1. Choix du site

Le site est l'environnement proche d'un bâtiment. L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte. Elle détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions et les possibilités d'aération la localisation d'un bâtiment joue un grand rôle dans la conception bioclimatique dont le site peut contribuer à l'amélioration du confort des occupants.

Les objectifs principaux d'un concepteur en bioclimatique sont d'exploiter les potentialités du site, contourner ses contraintes défavorables et accorder les ambiances dans le bâtiment au microclimat du lieu. Selon Pierre FERNANDEZ, << réussir l'insertion du bâtiment revient à exploiter le potentiel du site et procéder à l'analyse de l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques du ce dernier comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation, l'ensoleillement et le vent>> il est de la responsabilité du concepteur de projet de vérifier la pertinence de ce choix en veillant à ce que le terrain réponde à une série de critères, telle que l'accessibilité ou la facilité de raccordement aux réseaux (eau, électricité, égouts). Il faut également que la topographie et la géologie du sol soient compatibles avec la construction d'un bâtiment.

III .2.2. Implantation du bâtiment

La notion de confort est reliée directement par l'implantation de l'édifice, cette implantation est le point de départ de toute conception bioclimatique, elle détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions et les possibilités d'aération, ainsi, les qualités de l'habitat telles que : les communications, les vues, les rapports de voisinage...etc. Ainsi, de Vitruve aux tenants du régionalisme en passant par VIOLLET LE DUC, est affirmée la nécessité d'une bonne implantation du bâtiment dans son site et d'une organisation spatiale adaptée. Ce souci est lié à la première fonction du bâtiment, qui consiste à abriter des rigueurs du climat, et du concepteur, qui est de favoriser dans le bâtiment les ambiances les plus aptes à l'exercice de l'activité qui y est prévue. (GIVONI B., 1978).

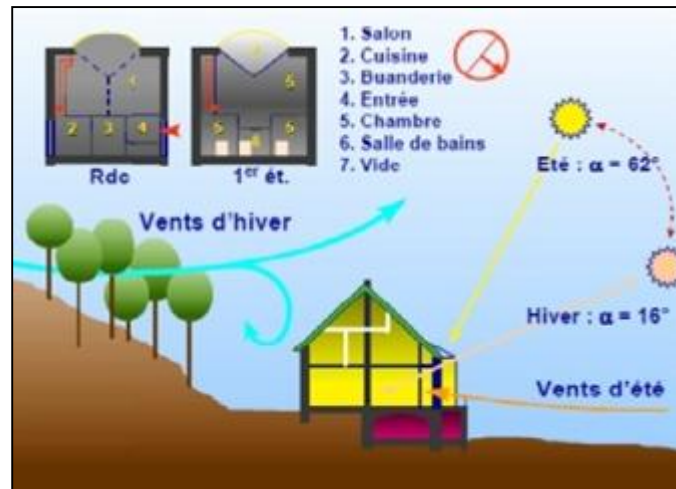


Figure [III.3] : Relation du bâtiment avec son site d'implantions

(Source : DE HERDE et LIEBARD.A; op.cit.)

III .2.3. Orientation des bâtiments

L'orientation du bâtiment joue un rôle important sur sa performance énergétique. Une bonne étude des contraintes permet de bien orienter le bâtiment, et de le rendre performant et confortable, permettant ainsi de contrôler son efficacité énergétique et réduire la consommation du chauffage, de climatisation et d'éclairage. Dans son livre l'homme, l'architecture et le climat, GIVONI B. a exprimé que plusieurs facteurs influent sur le choix de l'orientation, tels que : la vue dans différentes directions, la position du bâtiment par rapport aux voies, la topographie du site, la position des sources de nuisance, et la nature de climat. Ce dernier a une influence importante sur l'ambiance intérieure du bâtiment en considérant ensoleillement, éclairage, ventilation, et le confort.

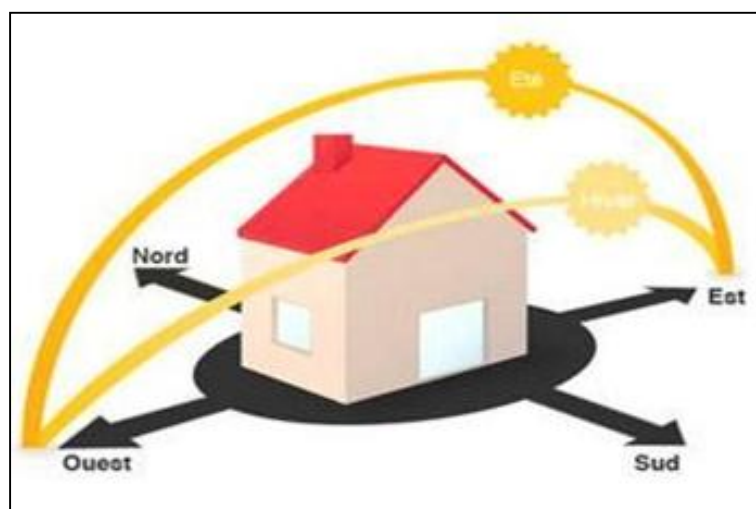


Figure [III.4] : Orientation selon l'ensoleillement de la saison,

(Source : www.maisonaenergiepositive.cm)

- ✓ L'orientation Sud, ou proche du Sud doit être recherchée pour la façade principale de tout habitat.
- ✓ En hiver, elle est la plus ensoleillée et en été la moins ensoleillée et la mieux protégée par de protections solaires.
- ✓ L'orientation Est ou Ouest, ou proche de l'Est où Ouest est déconseillé pour la façade principale de tout habitat. En été l'insolation est très forte est difficile à protéger néanmoins, l'orientation est admissible en y adjoignant des dispositions de protection.

L'orientation Nord est à éviter sauf pour les zones climatiques à forte insolation, des dispositions de protections solaires sont à prévoir en été pour les basses latitudes (LABRECHE S., 2014)

III .2.4. La végétation

La végétation autour d'un bâtiment est un élément important : cela signifie que l'on choisira plutôt un site riche en verdure ou que l'on créera de la végétation dans un site où elle est absente. Le rôle du microclimat, et de ses possibilités de brise locale ou d'écoulement d'air induit, est fondamental pour déterminer les conditions de bien être dans un environnement bâti. Mise à part l'ombre créée, la végétation transpire de l'eau qui peut provoquer un effet de rafraîchissement passif par évaporation (DE HERDE A., LIEBARD A., 2005).

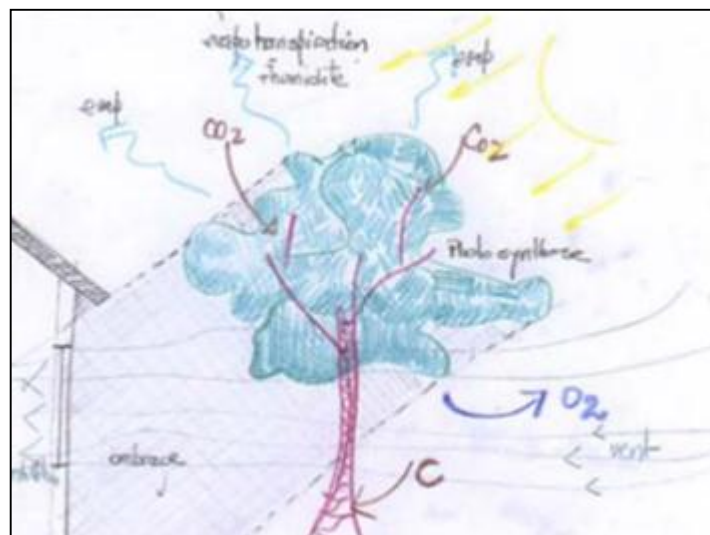


Figure : [III.5] :l'impact de la végétation sur l'environnement

(Source: www.wikipedia.com)

III.3. Stratégies architecturales

III .3.1. Forme (compacité)

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. La forme du bâtiment a une forte influence sur la consommation, à travers le coefficient de forme (la compacité), elle est définie comme rapport de la surface exposée au volume protégé de ce bâtiment. Plusieurs études ont montré que la perte ou la conservation de la chaleur à partir de l'enveloppe du bâtiment est liée à ce rapport. En terme technique, ce sont des formes qui ont un faible « coefficient de forme ». Ce facteur noté par « CF ». Une très bonne compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contacts. En effet, la mitoyenneté et l'habitat collectif favorisèrent la réduction des déperditions (SCHL Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2014).

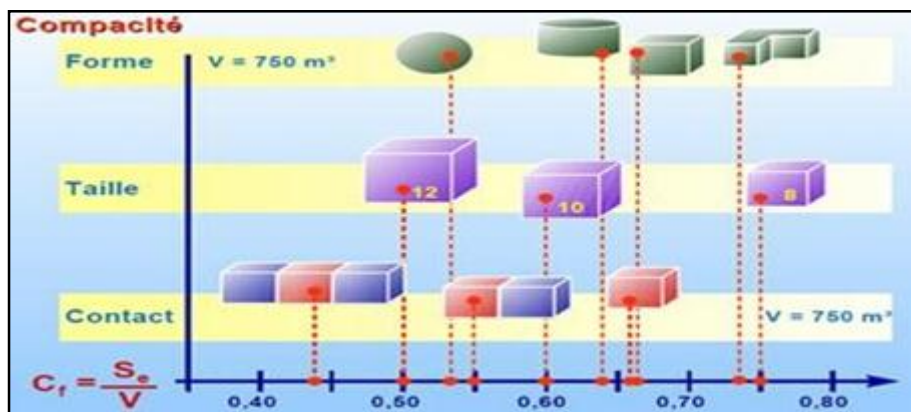


Figure [III.6] : Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres volumes sur la compacité de forme simples.

(Source : www.asder.asso.fr)

III .3.2.Stratégies liées à l'enveloppe

III .3.2.1.Matériaux de construction

L'enveloppe de la construction fait office de frontière entre l'intérieur et l'extérieur. Les qualités constructives des matériaux sont des critères déterminants de sélection ainsi que leur coût, leur durée de vie, leurs besoins en entretien, leur disponibilité sur le marché, et de l'esthétique. A cela s'ajoutent les contraintes environnementales de réduction de leur empreinte écologique. Il s'agit donc de trouver le meilleur équilibre entre ces différents critères, parfois contradictoires. L'emploi de matériaux à base de ciment est un exemple parlant. Leurs caractéristiques constructives sont bienfaisantes, ils sont accessibles dans la plupart de partie du monde à un coût relativement modéré et sont appréciés par la population. Mais la production du ciment est vorace en énergie, polluante et source de gaz à effet de

serre. La qualité des ambiances dans un projet est reliée directement avec les matériaux de construction, si on prend par exemple l'architecture vernaculaire, on trouve qu'elle est toujours cherchée à adapter le bâtiment aux conditions climatiques par l'utilisation des matériaux locaux. Où le choix des matériaux de construction bioclimatique est une étape délicate (FERNANDEZ P. et LAVIGNE P. 2009).

III .3.2.2. Isolation thermique

La demande énergétique annuelle d'un bâtiment pour le chauffage et le refroidissement est affectée dans une certaine mesure par la stabilité thermique du bâtiment lui-même. On entend par la stabilité thermique du bâtiment est la capacité à maintenir la température intérieure dans un certain intervalle, compte tenu des oscillations de température extérieures normales et soit avec une alimentation en énergie constante de l'installation, soit sans aucune action de l'installation. Cette stabilité thermique du bâtiment dépend des réponses thermiques dynamiques de tous les composants de l'enveloppe du bâtiment (murs extérieurs, cloisons internes, plafonds et sols) aux variations de température externes et intérieure .Les réponses dynamiques sont déterminées par les propriétés thermiques des matériaux, les quantités totales de matériaux utilisés et leur disposition spécifique dans les structures. Plusieurs auteurs ont étudié l'effet des diverses caractéristiques de conception des murs extérieurs massifs, avec une certaine quantité d'isolation, sur les charges de chauffage et de refroidissement dans les bâtiments commerciaux et résidentiels. Pour les murs multicouches, trois configurations de base ont été envisagées : l'isolation à l'intérieur ou à l'extérieur de la couche massive et l'isolation entre deux couches massives. Beaucoup de résultats de l'analyse paramétrique approfondie ont montré explicitement que les murs avec l'isolation à l'extérieur ont toujours mieux réagi que ceux avec l'isolation à l'intérieur (KOSSECKA E., KOSNY J. 2002).

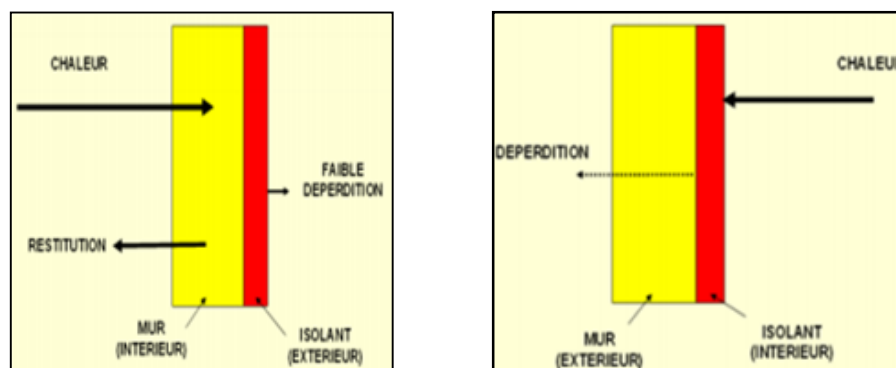


Figure [III.7] :L'isolation des murs par l'intérieur et l'extérieur

(Source : auteure)

- **Matériaux isolants**

Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement sont classés en 3 grandes familles selon l'origine de leur matière première :

- ✓ **Matériaux biosourcés** : nous trouvons la laine de mouton les fibres de bois, le chanvre, panneaux de paille, la ouate de cellulose, liège, la cellulose.
- ✓ **Matériaux minéraux** : nous trouvons la laine minéral, les fibragglos, terre cuite, la vermiculite, le verre cellulaire, la perlite.
- ✓ **Matériaux synthétiques** : tels que le polystyrène (expansé et extrudé), les polyuréthanes, mousser sol ou fenol. (Guide technique, 2011)

III .3.2.3. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle est l'élément indispensable à la réussite de tout bon projet passif, faire en sorte qu'il n'y ait qu'une seule issue pour l'air vicié et qu'une seule entrée pour l'air neuf afin de favoriser entre ces deux flux les échanges thermiques. En effet, L'air chaud stagné en haut et l'air froid en bas : c'est la stratification de l'air par la différence de température et de pression entre l'intérieur et l'extérieur provoquent un tirage naturel. Ce système est plus efficace en hiver qu'en été, car les différences de température et de pression sont plus importantes. Dans les maisons à plusieurs niveaux, on a intérêt durant les nuits d'été, à ouvrir les fenêtres au rez-de-chaussée et au premier étage. L'air chaud aura tendance à monter et à sortir par les fenêtres du haut pendant que l'air froid rentrera par les fenêtres du bas. L'air frais va circuler dans l'ensemble du bâtiment (KABOUCHE A., 2012).

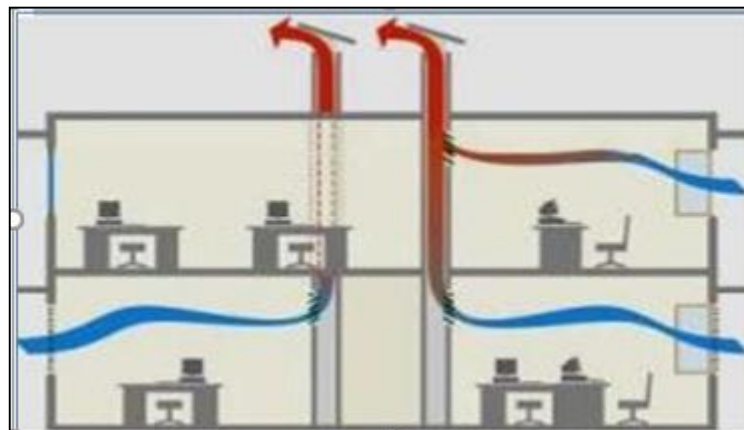


Figure [III.8] : La ventilation naturelle

(Source : DE HERDE P. et LIEBARD.A.)

- **Puits canadien**

Le puits canadien est un système qui utilise l'énergie géo solaire, c'est l'énergie solaire absorbée et stockée dans les couches terrestres superficielles. Il s'agit d'une installation souterraine qui ne dépend pas au climat extérieur vu la stabilité de température sous terre.

Selon la saison, le but du puits canadien est le traitement de l'air avant son entrée à la maison par le préchauffage ou le rafraîchissement de l'air neuf à l'aide d'un système de ventilation par l'intermédiaire d'un conduit d'amener d'air enfoui dans le sol. En enfouissant une gaine d'aspiration d'air d'une longueur et d'un diamètre suffisant à cette profondeur, quelle que soit la température extérieure, au bout de la gaine, elle avoisinera les 12° en été et environ 6° en hiver (AVEMS, 2010).

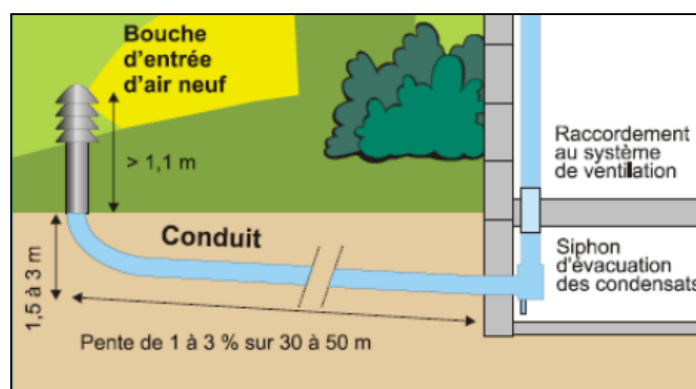


Figure [III.9] : principe de fonctionnement d'un puits provençal

(Source : *Les puits canadiens/provençaux, guide d'information.pdf*. Julien heintz2008.)

III .3.2.4.Eclairage naturel

La lumière, du jour, est un élément important. L'architecture qui ne peut pas exister sans lumière, du moment où on peut substituer l'éclairage artificiel par la lumière naturelle. Il n'est pas exagéré de dire que le vrai donneur de l'architecture n'est pas l'architecte lui-même, mais la lumière, et que l'architecte n'est que la forme d'un façonnier. Une stratégie d'éclairage naturel réussie est celle qui maximise les niveaux de lumière du jour à l'intérieur du bâtiment, mais optimise la qualité de l'environnement lumineux pour les occupants. La conception de l'éclairage naturel ne concerne pas seulement la maximisation des niveaux de lumière. Qui peuvent peut-être extrêmement inconfortable pour ses occupants. Le mot clé dans la conception de l'éclairage naturel est le contrôle, non seulement des niveaux de lumière, mais aussi de la direction et de la distribution de la lumière (OMER, A. M. 2008).

a. Objectifs de l'éclairage naturel

Les systèmes d'éclairage naturel novateurs ont quatre objectifs principaux : augmenter les niveaux de lumière du jour dans les pièces, améliorer l'uniformité de la lumière du jour,

contrôler la lumière directe du soleil et réduire l'éblouissement. Dans les bâtiments non domestiques, l'éclairage peut être un grand consommateur d'énergie. La lumière du jour doit donc être considérée comme une partie importante de la conception solaire passive à basse énergie. Des chercheurs ont identifié des économies potentielles substantielles (généralement de l'ordre de 20 à 40% de l'utilisation de l'éclairage) liées à l'exploitation de la lumière du jour dans ces bâtiments (PHILLIPS D., GARDNER C., 2012).

b. Stratégie d'éclairage naturel

Cette stratégie consiste en :

- ✓ **Pénétration** : collecte de la lumière naturelle à l'intérieur du bâtiment.
- ✓ **Distribution** : réduction de la lumière dans les espaces ou focalisation.
- ✓ **Protection** : réduire la lumière par des dispositifs d'ombrage externes.
- ✓ **Contrôle** : contrôle de la pénétration de la lumière par des écrans mobiles pour éviter l'inconfort visuel (OMER, A-M, 2008)

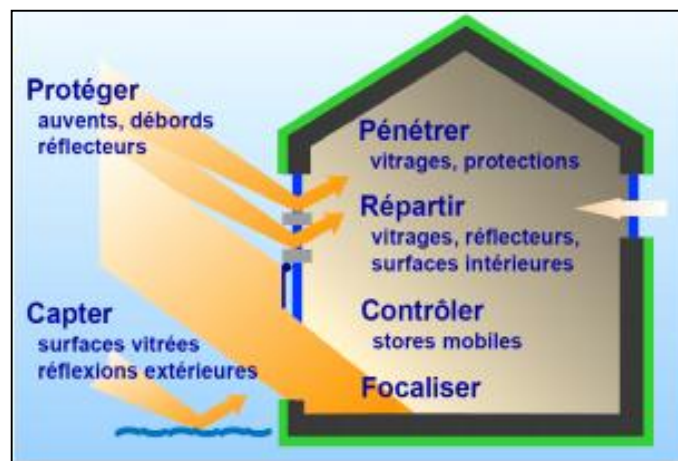


Figure [III.10] : Stratégie de l'éclairage naturel

(Source : <http://www-energie2.arch.ucl.ac.be/>)

c. Éléments d'éclairage naturel

- **Ouvertures** : toute surface vide dans l'enveloppe du bâtiment est considérée comme une ouverture. Certaines ouvertures sont principalement destinées à la circulation, comme les portes, tandis que les fenêtres et les puits de lumière sont souvent associés à la lumière et à la ventilation.
- **Vitrage** : La lumière naturelle pénètre généralement dans un espace à travers une ouverture vitrée qui peut avoir plusieurs fonctions. Une compréhension des propriétés du vitrage est nécessaire pour pouvoir choisir le produit de vitrage approprié. Le choix de

Le vitrage a une influence sur la consommation énergétique, il permet de laisser passer le plus de lumière naturelle possible afin de réduire le recours à un éclairage artificiel durant la journée. Sans pour cela entraîner des problèmes d'éblouissement, l'utilisation de la lumière naturelle peut ainsi être optimisée. Le vitrage doit d'une part contrôler le rayonnement entrant afin de limiter, voire d'éviter les dépenses en énergie de refroidissement en été. D'une autre part il faut veiller à ne pas trop limiter les apports solaires afin de pouvoir encore bénéficier de cette énergie gratuite en hiver (REGION W., 2003).

III .3.2.5. Atrium

Est un espace clos ouvert verticalement à plusieurs étages et recouvert au sommet. Il peut créer une contribution très significative aux économies d'énergie dans le bâtiment qui le contient en procurant une source importante d'éclairage naturel, parfois profondément à l'intérieur du bâtiment, qui remplace l'éclairage artificiel.

En période hivernale l'atrium révèle un aspect bioclimatique, jouant le rôle d'un système passif régulant ainsi les variations des températures, grâce au rayonnement solaire qui traverse la couverture vitrée. Pendant la période estivale, l'incorporation de la ventilation naturelle permet une baisse des températures d'air et par la suite, un rafraîchissement des ambiances interne de sorte qu'elles s'égalisent avec les températures extérieures (AYSE M-G., 2006).

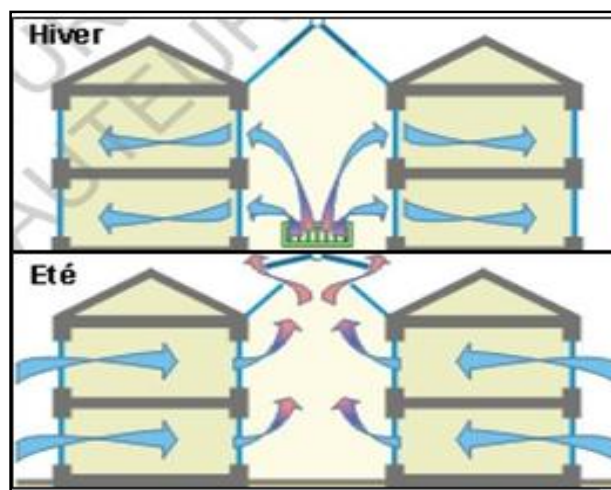


Figure [III.11] : Les mouvements de l'air dans l'atrium

(Source <https://www.energieplus-lesite.be/>)

III .3.2.6.Patio

C'est un espace de transition définie comme « cour intérieure fermée d'une maison individuelle ; il est en principe de plan carré, et souvent bordé d'une Galerie d'accès aux différents locaux d'habitation ». Le rôle énergétique du patio vise à comprendre les effets

microclimatiques qui peuvent s'y produire suivant ses proportions et ses configurations propres. En fait, ces connaissances de base sont liées aux phénomènes qui se produisent dans le patio quelle que soit sa forme, ses proportions, sa clôture, son orientation et ses matériaux (BEN AMEUR O., 2016).

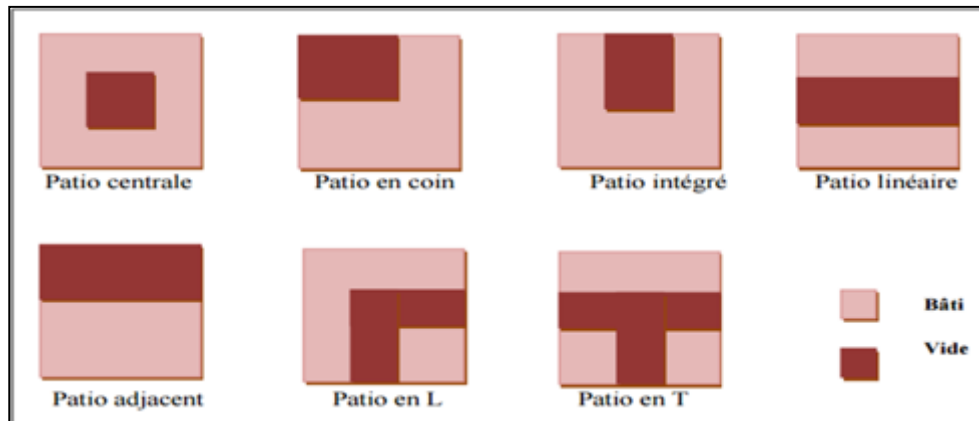


Figure [III.12] : Différentes formes de patio

(Source : Google Image)

III.3.2.7.Toiture

La toiture prend en considération deux paramètres qui sont : la pluviométrie et les vents dominants. Sa position et sa pente doivent être optimisées pour avoir une diminution des nuisances causées par le vent tout en se protégeant efficacement de la pluie. L'idéal est une toiture à faible pente végétalisée.

Le bâtiment est conçu comme un gros capteur solaire pour l'hiver avec des vitrages verticaux au sud, cela contribue à le protéger des surchauffes, car en été, une grande partie des rayons du soleil est réfléchié parce que leur angle d'incidence est trop élevé. Malgré que toute la quantité d'énergie captée, est trop importante, il faut donc s'en protéger par des avancées de toit avec une juste proportion, elles permettront de laisser entrer largement le soleil d'hiver, et de laisser dehors celui d'été. Ces protections sont dites "passives", car elles fonctionnent sans effort et sans surveillance. Plus le soleil est haut, plus il fait chaud et plus elles protègent le bâtiment. Aussi, le bâtiment est à l'ombre, mais il n'est pas dans le noir (SEBASTIEN J., 2011).

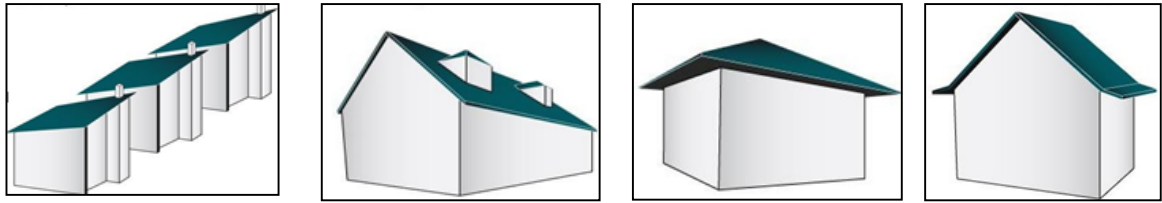


Figure [III.13] : Différentes formes de toiture

(source : Ooreka, <https://toiture.ooreka.fr/comprendre/toiture-pente-forme>)

➤ Toiture Végétale

L'intégration d'une toiture végétale dans un bâtiment peut avoir des impacts à l'échelle du bâtiment lui-même comme l'augmentation de l'efficacité énergétique du bâtiment ou la prolongation de la vie utile de la membrane d'étanchéité de la toiture mais aussi à des échelles plus grandes, comme celle d'une ville entière par exemple (ZERGAT, M-H., 2014).

III .3.2.8. Protection solaire

Les bâtiments contemporains à façades largement vitrées sont souvent sujets à la réception d'intenses rayonnements solaires, qui peuvent être souhaitables en période de froid, mais conduisant à des risques d'éblouissement et de surchauffe, en période chaude. Les dispositifs de protection solaire viennent au secours du confort thermique et visuel en réduisant les surchauffes et les risques d'éblouissement, notamment par affectation de la quantité du rayonnement incident, modification et contrôle des températures intérieures. Les architectes ont mis en œuvre des formes et des objets architecturaux destinés à contrôler l'ensoleillement ; toutefois, leur performance est étroitement liée à la géométrie, à l'orientation et à la latitude du lieu (A.F.M.E Agence Française, 1988).

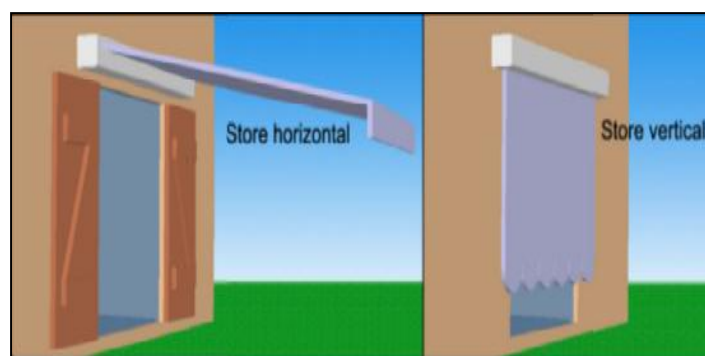


Figure [III.14] : la protection solaire par les stores horizontaux et verticaux

(Source : <https://www.google.com/search?q=la+protection+solaire+par+les+stores+horizontaux+et+verticaux>)

III .3.2.9. Mur trombe

C'est un mur de couleur sombre placé à 10 cm derrière un vitrage faisant face au sud disposant d'orifice à passage d'air, dans ses deux extrémités supérieures et inférieures.

• Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du mur trombe repose sur l'effet de serre résultant de l'énergie solaire captée par le plan de verre et piégée dans le vide existant entre le vitrage et le mur. L'air chaud est transmis à l'intérieur par convection naturelle, à travers les orifices supérieures, l'air frais est tiré à travers les prises d'air inférieures pour être chauffé à nouveau et accéder à l'intérieur rapportant des calories pour chauffage hivernal. Cette convection naturelle peut continuer après le coucher de soleil tant que la surface extérieure du mur de stockage thermique et encore chaude. La nuit, quand la surface extérieure commence à refroidir la convection, est inversée, les prises d'air supérieures doivent alors être fermées, le local sera chauffé par la chaleur absorbée puis libérée par la masse thermique du mur. (BADECHE M., 2008).

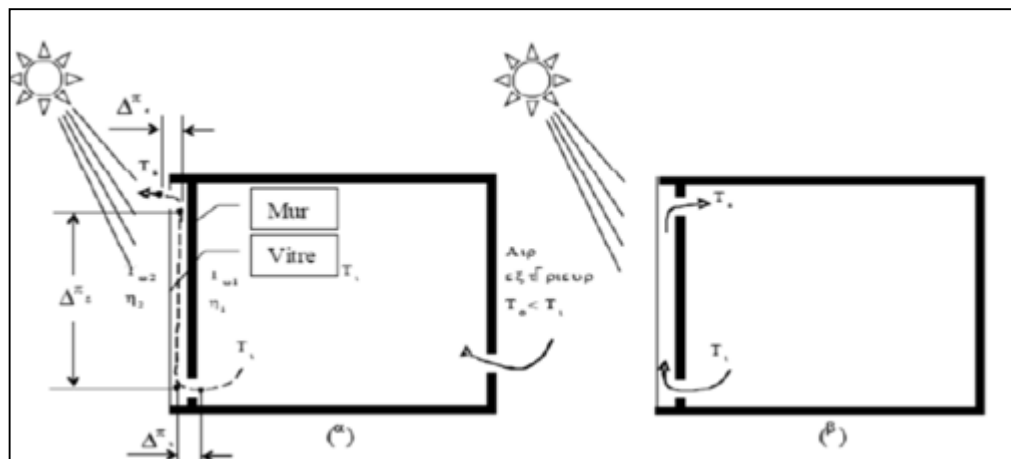


Figure [III.15] : Schéma Mur Trombe

(Source : KHALDI.S ; 2013 ; étude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire)

III.3.2.10.Serres et vérandas

La serre est un dispositif solaire passif qui permet l'accumulation et la redistribution de l'énergie solaire sous forme de chaleur dans le bâtiment. Elle doit être encastrée dans le bâtiment et orientée au plein sud. Avec double hauteur, elle sera encore plus efficace. Les vitrages extérieurs doivent être doubles et les vitrages entre la serre et le logement sont simples. Les parois et le sol doivent être conçus avec des matériaux à forte inertie pour stocker l'énergie produite par la serre et la restituer pendant la nuit. Les matériaux de construction doivent être en couleur foncée pour capter le mieux des rayons solaires d'hiver, puisqu'une serre bien conçue offre environ 25% des besoins en chauffage. Il est préférable d'implanter une végétation à feuilles caduques sur le côté Sud pour une protection solaire efficace. En plus de ça, la serre ajoute une touche esthétique à la maison (RUELLE F., 2007).



Figure [III.16] : Véranda et Serre

(Source : *Le confort d'été dans les maisons et bâtiments à basse consommation d'énergie BBC ou passifs*, FLORIAN STOFFEL.com)

III.4.Analyse d'exemple : Le prototype

La maison prototype est du type F3 avec une surface de 80m². Son implantation est dans le village de Souidania à la commune de la wilaya d'Alger, Son climat est caractérisé par un hiver frais et un été chaud et humide. Cette maison contient deux chambres, la première est orientée vers le sud-ouest et l'autre vers le nord-ouest. Le séjour est ouvert vers le sud par une grande fenêtre avec une porte- fenêtre du côté est pour augmenter l'éclairage naturel. La cuisine est disposée vers l'est. La salle de bain et les toilettes sont exposées au nord. Ce prototype est classé comme une maison solaire passive par son orientation vers le sud et la grande inertie thermique de son enveloppe avec les caractéristiques du solaire actif par l'installation des panneaux photovoltaïques et le plancher solaire chauffant.



Figure [III.17] : Vue et plan du prototype

Source : DERRADJIL ;(2012)

a. Caractéristiques énergétiques de la maison

Pour assurer l'objectif majeur pour la réalisation de ce prototype (économiser la consommation énergétique au maximum en offrant le confort nécessaire au occupants, la conception du prototype a pris en considération les solutions suivantes :

- ✓ L'utilisation du BTS, construit à partir d'un matériau local qui est le béton de la terre stabilisée.
- ✓ L'utilisation d'une isolation thermique verticale et horizontale.
- ✓ Le choix d'une orientation adéquate des ouvertures afin de profiter des rayons solaires d'hiver et de s'en protéger en été et l'utilisation du double vitrage.
- ✓ Le remplacement des lampes ordinaires par des lampes à basse consommation d'énergie en favorisant l'éclairage naturel.
- ✓ Le traitement des ponts thermiques qui représente 20% des déperditions.
- ✓ L'intégration au climat de cette maison est par l'utilisation d'une ventilation naturelle. et profiter des rayons solaires d'une manière passive.
- ✓ La protection de la façade ouest contre les vents froids hivernaux et les surchauffes d'été par une végétation naturelle (DJERADI, M-A, 2012)

b. Caractéristiques constructives de la maison

Les concepteurs du prototype ont appliqué les réglementations DTR C3-2, Réglementation thermique des bâtiments d'habitation ; règle de calcul des déperditions calorifiques et le DTR C3-4, pour le calcul des apports calorifiques des bâtiments, pour chauffer cette maison passivement, le concepteur a pris en compte deux facteurs essentiels pour la conception passive. Le premier est la grande inertie thermique des parois lourdes en BTS. L'autre facteur est l'orientation adéquate par l'ouverture vers le sud pour en profiter du soleil d'hiver (CHENAK A., 2009).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité certains aspects passifs telles que l'orientation de bâtiment, la compacité, la position des fenêtres et le type de son vitrage, les protections solaires, le mur trombe, sont bénéfiques pour le consommateur parce qu'elles allègent ses facteurs énergétiques (de gaz et de l'électricité), pour son confort, ainsi que pour la protection et la préservation de l'environnement contre la pollution et les émissions des gaz à l'effet de serre. Sans oublier l'impact socio-économique, elles représentent un gain considérable au niveau des ressources financières parce que les stratégies passives sont généralement considérées bon marché (qualité-prix) consommant peu d'énergie et facile à l'usage. Le chauffage et la climatisation passifs s'appuient sur plusieurs paramètres et solutions passifs

dont quelques-uns sont montrés ainsi que d'autres paramètres comme l'inertie thermique, masse thermique...etc. Parler de l'architecture passive, c'est avant tout se référer à l'homme et à son bien-être.

Chapitre IV



PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

Introduction

Le secteur de la Santé fait partie des pôles de consommation importants du secteur tertiaire. Le domaine de la santé comporte une grande variété de types d'établissements : établissements de convalescence et de repos; établissements de réadaptation fonctionnelle...etc. La variété des spécialités dans le domaine de la santé conduit à considérer une grande diversité de consommations énergétiques dans les différents postes de consommation que sont entre autres le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la vapeur, le rafraîchissement...etc.

Dans ce chapitre nous allons aborder notre cas d'étude fait en deux parties : la première partie est la simulation en utilisant le logiciel ECOTECT 2011, et la deuxième partie concerne des calculs effectués à la main, les deux parties ont pour objectif l'obtention de l'impact de l'utilisation de l'isolation, le changement de type de vitrage et l'ajout d'un mur trombe afin d'assurer le confort à l'intérieur de l'espace étudié, ainsi d'atténuer la consommation énergétique et arriver à l'objectif d'un bâtiment confortable.

IV.1. Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude consiste en :

- L'impact des stratégies passives tel que l'isolation, type de vitrage, et le mur trombe, sur la consommation énergétique et sur le confort intérieur dans une salle de soins

IV.2. Motivation de choix du cas d'étude

Pour vérifier nos hypothèses de recherche, nous avons pris comme cas d'étude «salle de soins Chekfa- Jijel » pour les raisons suivantes :

- Elle est implantée dans un climat méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et humide en été.
- La sensation de l'inconfort dans la salle de soins durant les périodes hivernales et estivales.
- l'absence d'isolation dans la salle de soins.
- La forte utilisation de chauffage et de l'électricité dans la salle de soins est créée une consommation énergétique excessive ce qui provoque la non performance du bâtiment.

IV.3. Fiche Technique d la salle de soin

- **Projet** : salle de soins Chekfa
- **Situation** : Se situe dans la commune de CHEKFA, quartier ADOUIR dans un milieu isolé loin des équipements publics.
- **B.E.T**: LOUNIS Far.
- **Surface**: 250 m².



*Figure [IV.1]: salle de soins Chekfa
(Source : auteur)*

IV.4.Présentation du cas d'étude

La salle se soins se caractérise par une forme de base rectangulaire. Elle a deux salles de consultation, salle de dentiste, pharmacie, bureau avec archive et un local.



*Figure[IV.2]: situation de la salle de soins
(Source : Auteur)*

IV.5.Présentation de l'espace simulé

L'espace simulé dans Notre étude est la salle de dentiste de dimensions (4.13×4.4×3.06m) situé au RDC, il comporte deux murs extérieurs, et deux murs intérieurs.

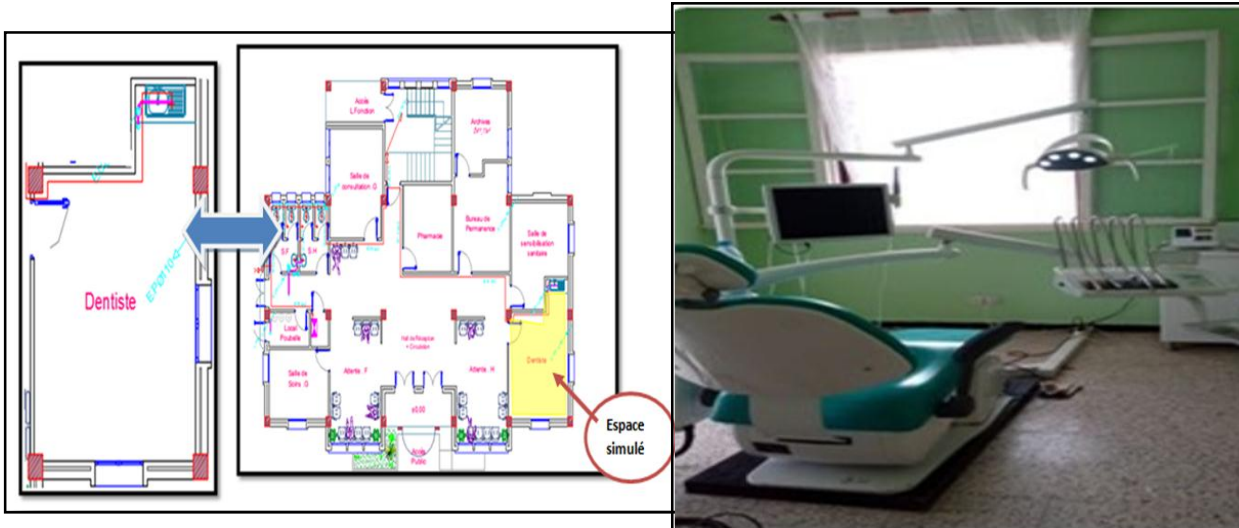


Figure [IV.3]: espace simulé dans la salle de dentiste
(Source : Auteur)

IV.6. Le climat

A partir des données météorologiques de la wilaya de Jijel enregistrées au niveau de la station météo Jijel- Achouat, les caractéristiques du climat sont illustrées ci-dessus :

IV.6.1. La pluviométrie

La période pluvieuse dure du mois d'octobre jusqu'au mois de février, les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre et Janvier; ce qui confirme que cette région est soumise au climat pluvieux et froid en hiver et chaud en été.

Tableau [IV.1] : Précipitation moyennes mensuelles –période 2008-2017

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
P /mm	281	54.8	1.8	53.6	2.0	38.2	0.0	0.2	34.8	59.8	210	231

Source : station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel.

IV.6.2. La température

La période chaude commence à partir du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre avec un maximum marqué durant le mois d'Aout (27.9 °C). La période qui s'étale du mois de Novembre au mois d'Avril correspond à la période relativement froide avec un minimum durant le mois de Janvier (10.9°C).

Tableau [IV.2] : Température moyennes mensuelles –période 2008-2017

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
C°	10.9	13.7	14.8	16.3	20.3	24.9	27.0	27.9	23.5	19.7	15.0	12.0

Source : station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel

IV.6.3 Vents dominants

La région de Jijel est généralement traversée par des vents du nord-ouest et nord-est fréquents du mois d'octobre au mois d'avril, chargés d'humidité, par contre les vents sud sont très rares et ne fréquentent la région qu'en été et particulièrement au mois de juillet et d'août.

Tableau [IV.3] : Vent moyennes mensuelles –période 2008-2017

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
m/s	3.5	3.0	2.6	2.6	2.5	2.6	2.4	2.5	2.5	2.04	3.1	2.8

Source : station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel.

IV.6.4. Humidité

Les valeurs moyennes d'humidité sont en général très élevées toute l'année et leurs amplitudes saisonnières sont relativement faibles, son minimum est de 68,9% observé en mois de Septembre et son maximum est de 79.1% en mois de décembre.

Tableau [IV.4] : Humidité moyennes mensuelles –période 2008-2017

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
%	74.8	74.1	73.6	74.0	73.1	72.8	69.4	69.6	68.9	75.2	76.1	79.1

Source : station météo –aéroport Ferhat Abbas –Jijel

IV.7. Présentation des phases de l'étude

IV.7.1.Simulation

La simulation est un outil utilisé par le chercheur pour étudier les résultats d'une action sur un élément sans réaliser l'expérience sur l'élément réel. La simulation numérique est une série de calculs effectués sur un ordinateur et reproduisant un phénomène physique. Elle aboutit à la description du résultat de ce phénomène, comme s'il s'était réellement déroulé. Dans notre cas d'étude nous avons utilisé le logiciel ECOTETCT 5.50v analyses 2011 ainsi que le logiciel METEONORM7, pouvant réagir à des modifications de paramètres et modifier ses résultats en conséquence.

IV.7.2.Etapes de simulation

Pour étudier le confort et le bilan énergétique de la salle de soins, il a été nécessaire de suivre plusieurs étapes sur deux cas différents :

- Le premier cas concerne l'état existant de la salle de soins: une simulation du cas de base a permis l'étude du confort à l'intérieur de la salle et le calcul de la consommation énergétique avant l'application de matériaux isolant, vitrage à haute performance et le mur trombe.

- Le deuxième scénario : concernant le 2^{ème} cas l'étude est similaire à celle du premier cas mais avec l'intégration des éléments de rénovation à la fin une comparaison est faite entre les résultats obtenus.
 - **Importation des plans** : les plans de la salle de soins sont dessinés à l'aide de logiciel AUTOCAD, et importés vers ECOTECH sous format DXF.
 - **Modélisation du bâtiment** : la modélisation en ECOTECH obéit à la logique des zones thermiques telles que chaque zone a ses propres caractéristiques (température, humidité, la vitesse de l'air, taux d'occupation...) et composée de partitions (murs, fenêtres, planchers.) et pour chaque partition un matériau doit être affecté dans la bibliothèque des matériaux assez riche, personnalisable est intégrée dans le logiciel).
 - **Déroulement de la Simulation** : l'évaluation de la consommation énergétique se fait par le choix : du type d'isolation, type de vitrage et l'installation du mur trombe
 - **Analyse et interprétation des résultats finaux en fonction des données** : discussion des résultats initiaux du cas de base. Discussion des résultats après rénovation tel que l'influence de cette dernière sur le comportement énergétique. Ce qui permet de choisir les solutions les plus efficaces pour chaque mesure et de ce fait la composition de notre cas optimisé.

IV.7.3. Calculs : cette étape concerne des calculs basé des formules règlementaires

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons cernés toutes les parties nécessaires pour lancer une analyse d'un cas d'étude, à partir de l'identification de l'environnement dans lequel il s'inscrit (climatologie, situation...), la détermination du l'enveloppe d'échantillon, et l'indication des outils d'investigation. Tout ça pour assurer au mieux la relation entre l'enveloppe et son environnement, dont la réponse sur ce rapport s'effectuera dans le chapitre qui suit, par l'évaluation des ambiances internes d'une salle de soins proposée au paravent.

Chapitre V



RESULTATS ET INTERPRETATIONS

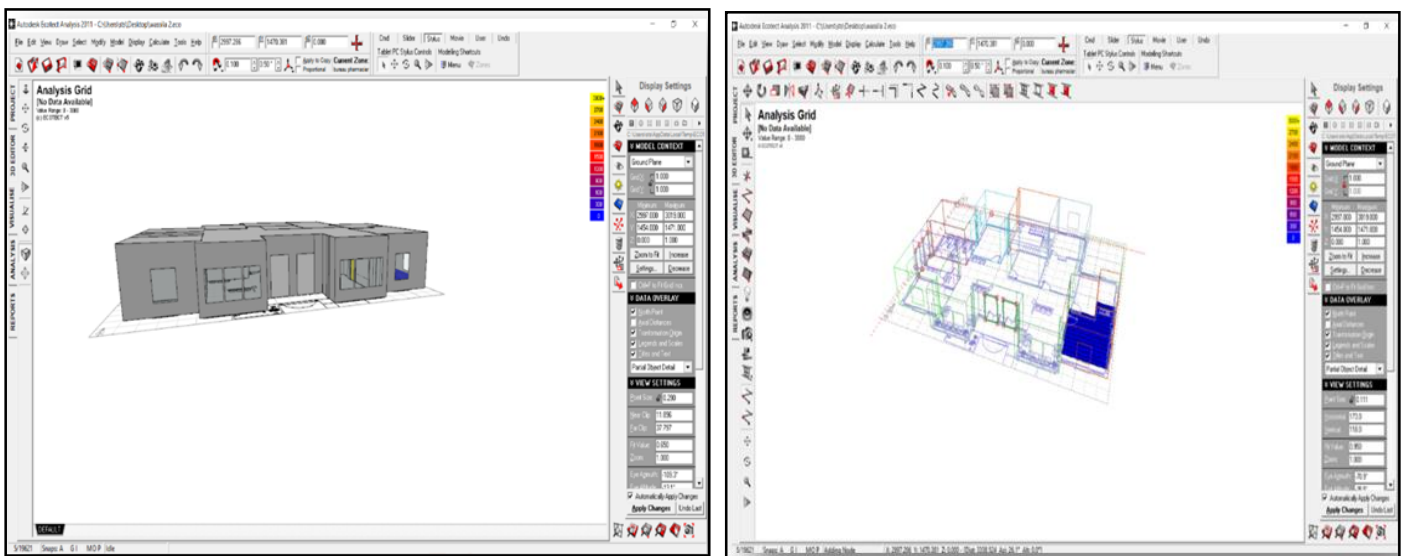
Introduction

Le présent chapitre est structurés de deux parties, en premier lieu nous avons interprétés et discuté les résultats confirmés par le logiciel de l'évolution de la température intérieure de la salle de soins, ainsi que la consommation énergétique pour le cas déjà existant, ensuite pour le cas rénové en période hivernale, La deuxième partie consiste à évaluer les flux thermiques à travers les parois. Ce travail a pour objectif de trouver l'impact de l'isolation thermique, du type du vitrage et du mur trombe (stratégies passives) sur la transmission de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment puis le traitement de la réduction de la consommation énergétique.

V.1.Présentation des scénarios

V.1.1.Le premier scénario : (en fonction des matériaux existants)

Cette étape consiste à régler le logiciel ECOTECT avec les données caractéristiques du cas de base (le cas initial) et les données météorologiques de JIJEL, ainsi que l'affectation des matériaux après nous avons faits les calculs pendant la journée du 10 janvier 2020.



Figure[V.1]: volume de simulation de la salle sur ECOTECT

(Source : auteur)

Mur extérieur : composé de six couches

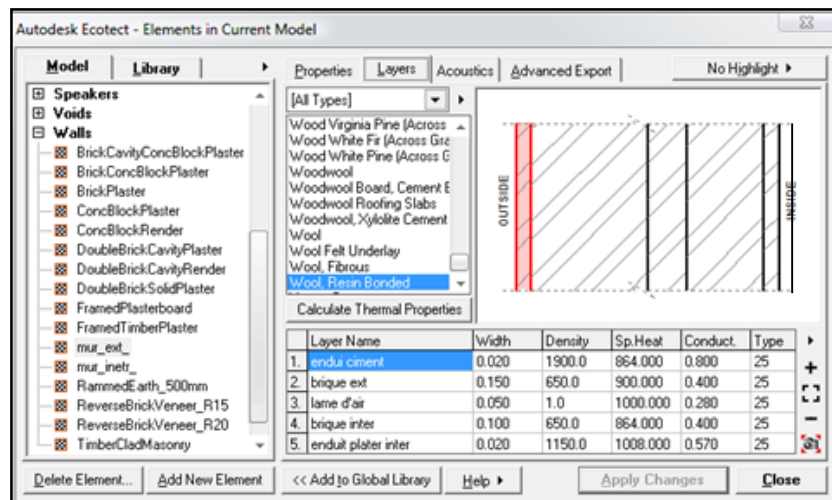


Figure [V.2]: Composition de mur extérieure.
(Source : Auteur)

Fenêtre : simple d'épaisseur de 0.6 cm.

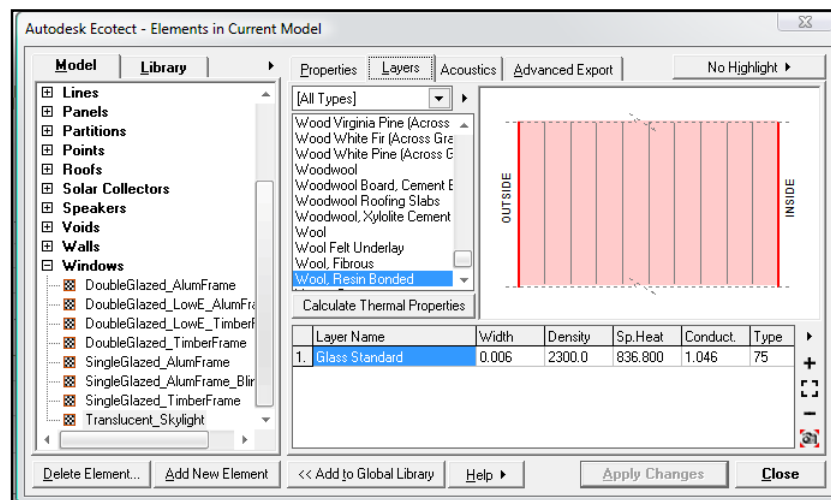


Figure [V.3]: caractéristiques de la fenêtre existante
(Source : Auteur)

V.1.2. Deuxième scénario : (cas rénové)

Cette étape consiste à faire une rénovation de salle de dentiste étudié par l'ajout d'isolation, d'un mure trombe et le changement de type de vitrage afin d'assurer de bonnes conditions thermique à l'intérieur de la salle de dentiste, et garantir une bonne gestion de la consommation énergétique.

V.1.2.1. Motivation choix de l'isolant

a/ La laine de mouton : est un produit isolant issu de matières premières de nature et de qualité variables selon les régions puisqu'elle est d'origine naturelle animale. Elle est utilisée pour l'isolation thermique comme pour l'isolation acoustique du bâtiment.

➤ Les caractéristiques de la laine de mouton

Tableau [V.1]: caractéristique de la laine de mouton.

Les caractéristiques	La valeur
La conductivité thermique	De 0.035 à 0.042 (W/m. K).
La masse volumique	De 13 à 35 (Kg/m3).
La chaleur spécifique varie	De 1000 à 1800 (J/Kg.K).
Le coefficient de diffusion à la vapeur d'eau	De 1 à 2

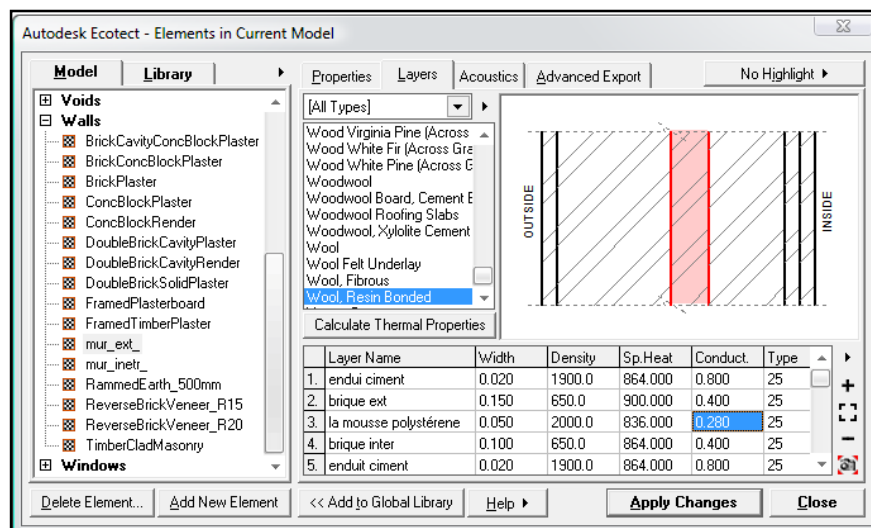
Source : Gallauziaux Thierry , 2019

➤ Les avantages de la laine de mouton

- Bon pouvoir hygroscopique.
- La laine peut absorber 33% de son poids en eau.
- Très bon isolant thermique.
- Ne dégage pas de flamme ni des gaz toxiques en cas d'incendie.
- N'est pas dangereux pour la santé

-1^{er} cas de la mousse Polystyrène

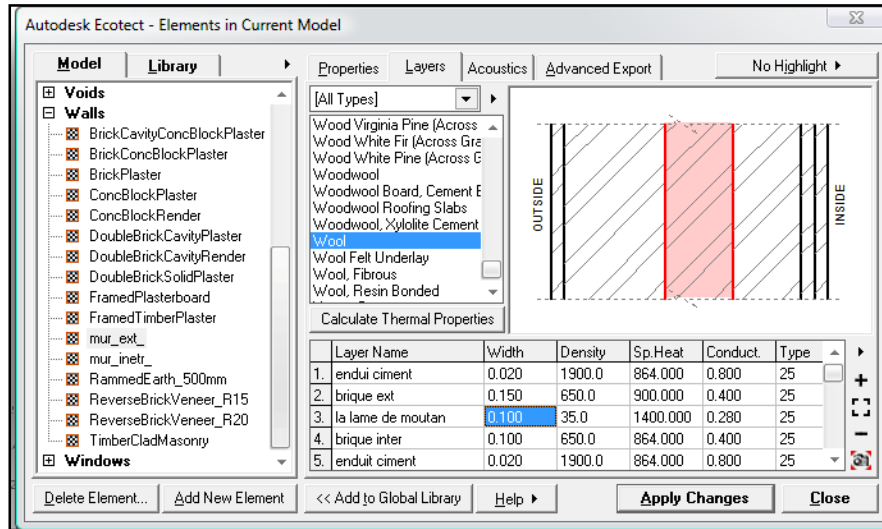
Mur extérieur : l'isolation de la paroi est réalisée par la mousse polystyrène, afin d'augmenter la résistance thermique des murs extérieurs.



Figure[V.4]: caractéristiques mur extérieur cas amélioré

(Source : auteur)

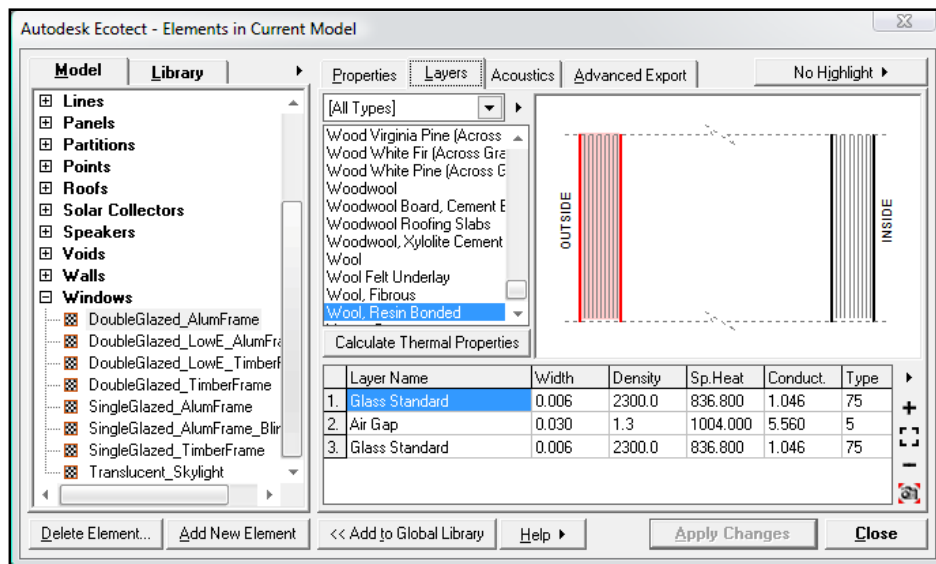
-2^{eme} cas de la laine de mouton



Figure[V.5]: caractéristiques mur extérieur cas amélioré

(Source : auteur)

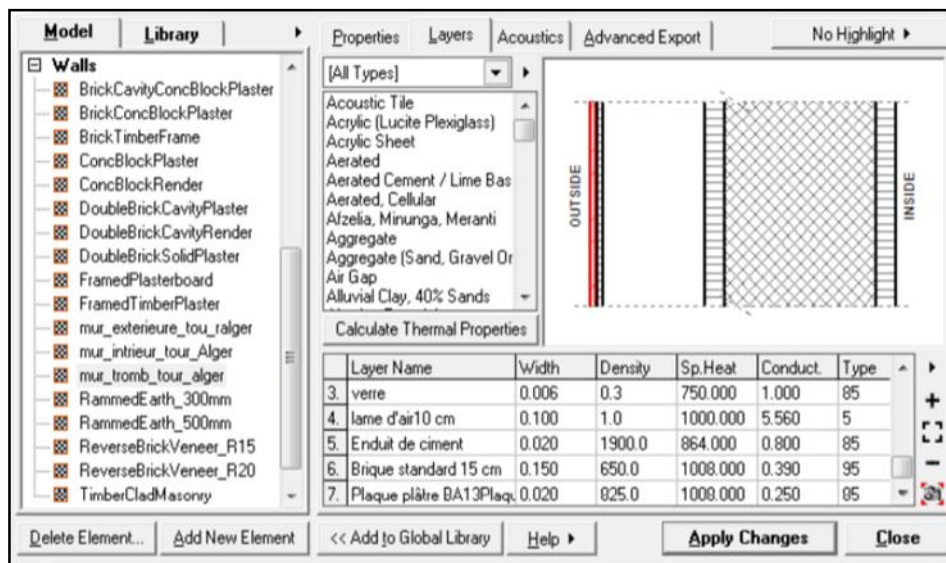
-fenêtre: le changement de simple vitrage avec le double vitrage.



Figure[V.6]: caractéristiques fenêtre cas amélioré

(Source : auteur)

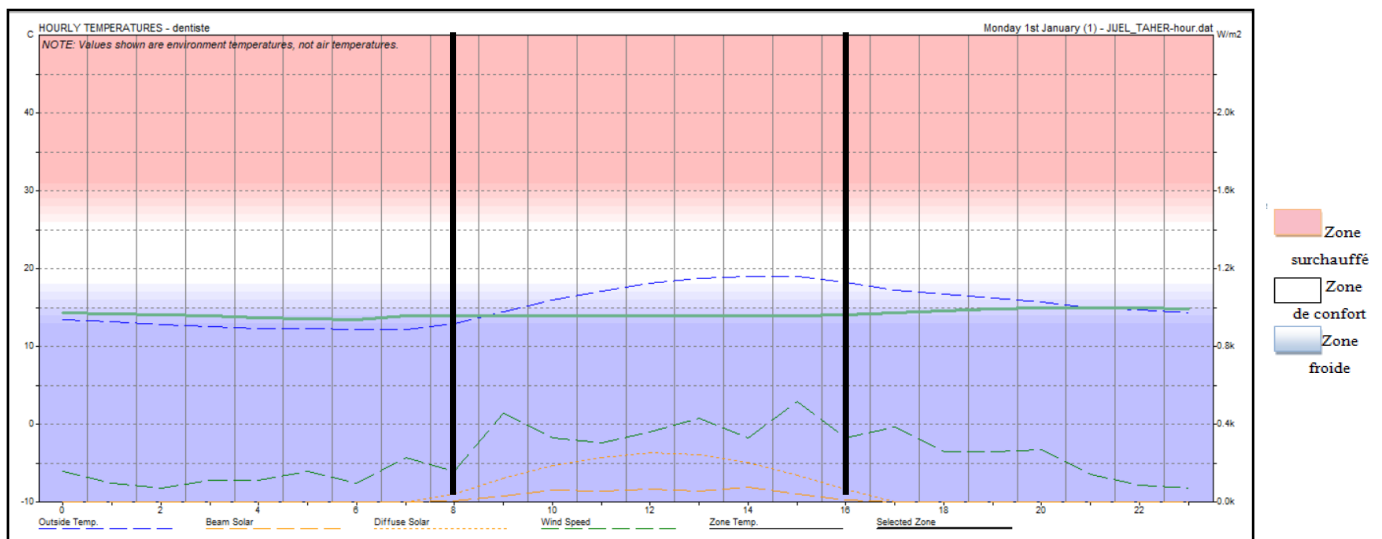
-Ajout du mur trombe



Figure[V.7] : caractéristique du mur trombe

(Source : auteur)

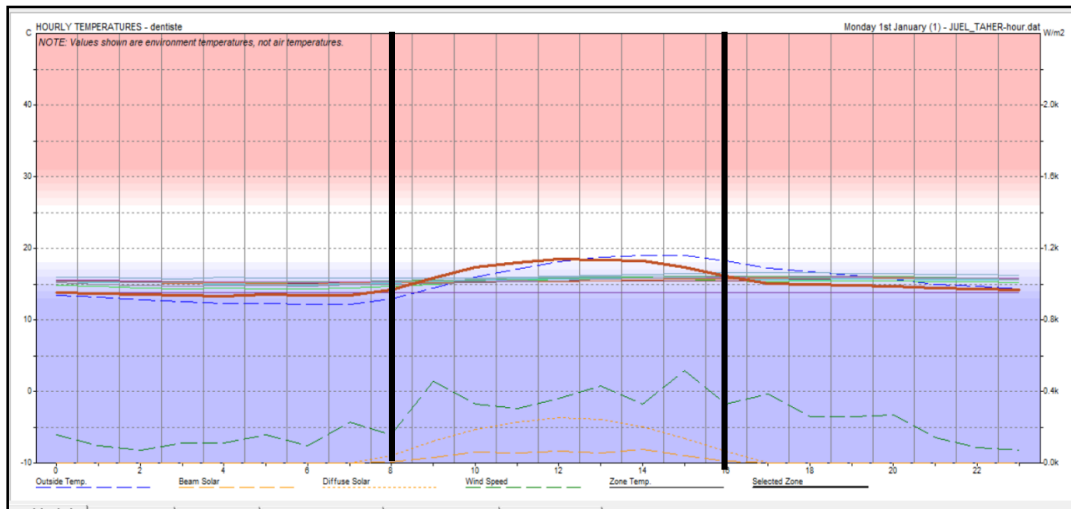
V.2.Résultat avant et après rénovation



Figure[V.8]: Evolution de la température intérieure horaire de la salle 10 janvier cas existante

(Source : auteure)

- La salle de dentiste : 1^{er} cas la mousse polystyrène



Figure[V.9]: Evolution de la température horaire de la salle le 10 janvier cas amélioré
(Source : Auteurs)

Le diagramme montre que la température intérieure dans la salle est au 1er scénario est 15°. Au 2ème scénario le diagramme montre une élévation de température jusqu'à 18°C, grâce à l'ajout de la mousse polystyrène et le changement de vitrage.

- **La salle de dentiste** : 2ème cas de la laine de mouton

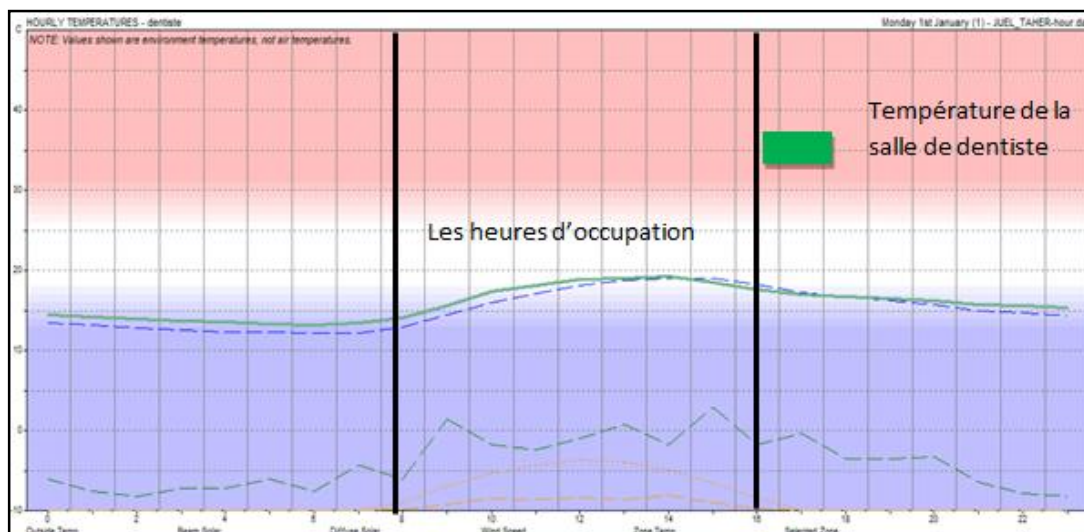


Figure [V.10]: évolution la température horaire de la salle le 10 janvier cas amélioré
(Source : Auteurs)

Le diagramme montre une élévation de température jusqu'à 20°C grâce à l'ajout de la laine de mouton à la place de la mousse polystyrène

-Remarque

Nous notons à partir des diagrammes ci-dessus que lors de l'utilisation de la mousse polystyrène la température monte à 18°C et lors de l'utilisation de la laine de

mouton la température monte à 20°C et donc on conclut que la laine de mouton est le meilleur isolant et c'est ça la justification de notre choix de ce isolant.

- **La salle de dentiste : 3ème cas avec mur trombe**

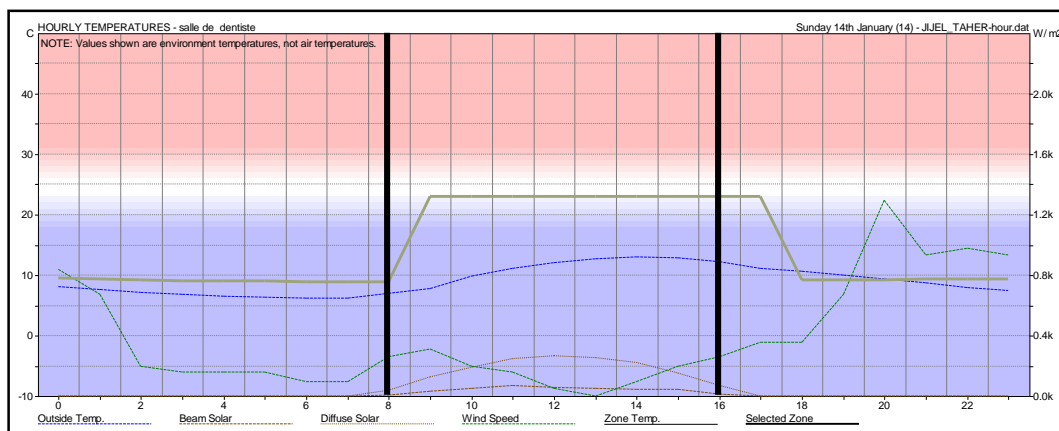


Figure [V.11]: évolution la température horaire de la salle le 10 janvier cas amélioré

(Source : auteur)

Le diagramme montre une élévation de température jusqu'à 23°C, grâce à l'ajoute de mur trombe.

Remarque

Nous concluons à partir de ce résultat que le mur trombe est parmi les stratégies ayant un rôle important dans la réalisation du confort et la réduction de la consommation d'énergie.

-Consommation énergétique

Avant rénovation

Suivant les graphes présentés on remarque que la consommation énergétique (de chauffage) dans la salle de dentiste atteint une valeur de 19000 Wh en milieu de mois de janvier. Dans le même espace et après on remarque que la consommation de chauffage a considérablement diminuée.

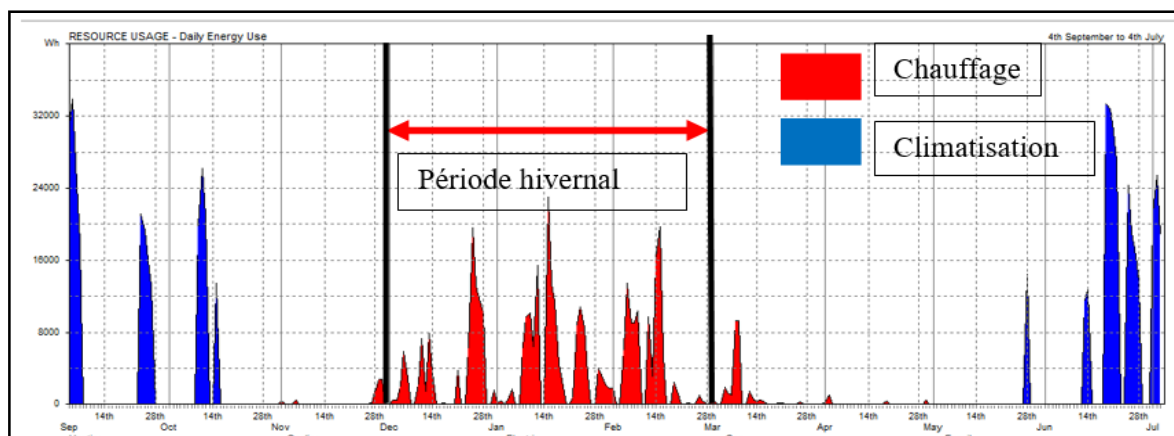


Figure [V.12]: Diagramme de la consommation énergétique pour la salle de dentiste (cas existant). (Source : auteur)

Après rénovation

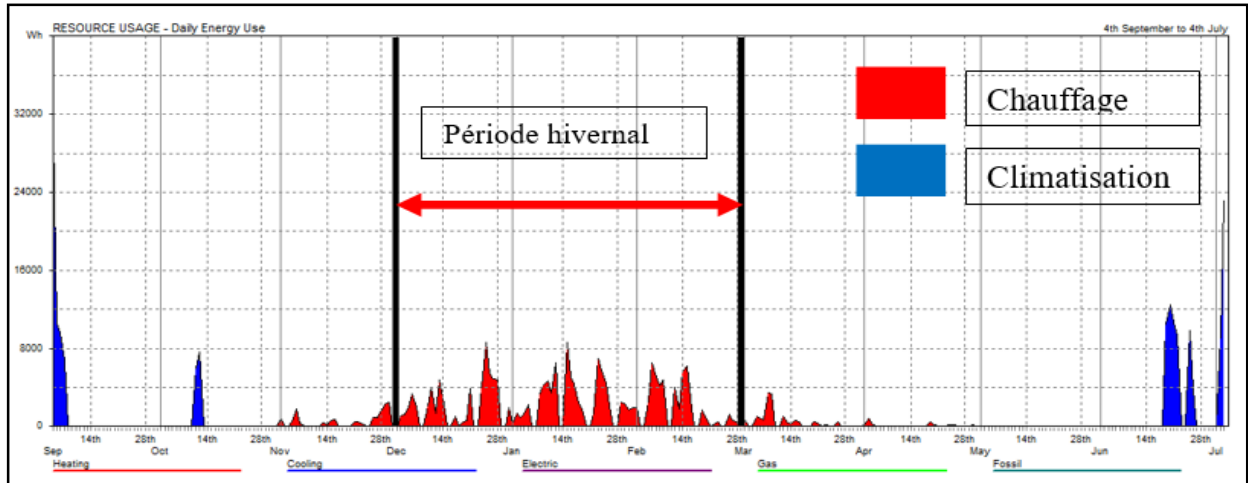


Figure [V.13]: Diagramme de la consommation énergétique pour la salle de dentiste (cas rénové).

(Source : Auteur).

V.3. Formules théoriques de calcul

Les calculs seront déroulés selon 3 étapes

1/ Calcul de la densité du flux q en utilisant la formule: $q = Q/S = \Delta T/Rt$

Dont : ΔT : c'est la différence entre T_i ; la température intérieure et T_e ; la température extérieure

2/ Calcul des Température aux l'interfaces : qui dépend de chaque couche et leur disposition, en utilisant la formule suivante $T_n = T_{n-1} - q * R_n$.

3/ On est effectué une étude complémentaire consternent l'effet de l'isolation le choix du type et leur emplacement, en deux parties :

a. L'étude par le coefficient de transfère de chaleur K pour le choix de bon isolant, ce fait à l'aide du pourcentage suivant connaitre de quel pourcentage se diminue les pertes :

$$(K1-K2) / K1 \times 100.$$

b. On est étudié l'influence de l'isolant sur les déperditions de chaleurs par le calcul des températures aux interfaces avec l'utilisation de la formule suivant : $T_n = T_{n-1} - q * R_n$

V.3.1. Recherche de l'effet d'isolation

L'objectif principal de ce calcul est l'évaluation des déperditions thermiques à travers les parois composantes de la salle de dentiste et l'effet de l'isolation sur ces déperditions

L'humidité relative et la température des milieux intérieur et extérieur sont respectivement :

- Milieu intérieur : $T_i = 20^\circ\text{C}$, $\phi_i = 90\%$
- Milieu extérieur : $T_e = 6^\circ\text{C}$, $\phi_e = 80\%$
- Vitesse de l'air moyenne : 8000m/s

L'humidité relative de l'air représente le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau contenu dans l'air et la pression de la vapeur saturante. Ce rapport change si la température à la paroi change, bien que l'humidité absolue de l'air n'ait pas changé.

Paroi extérieure

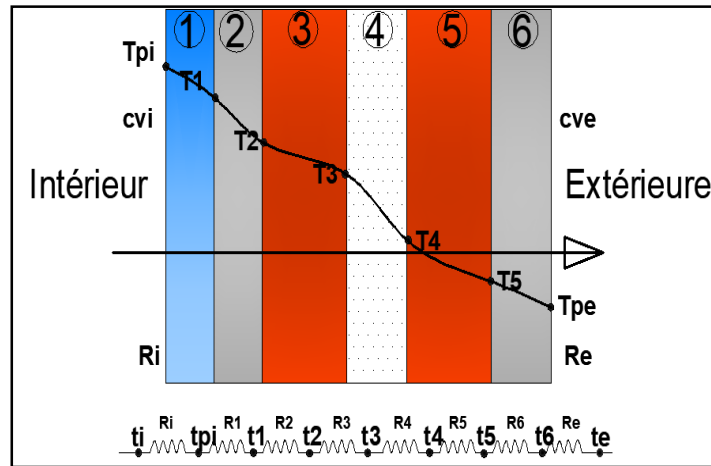


Figure [V.14]: composants du mur extérieur

(Source : Auteur)

1-Calculde coefficient de transfert de chaleur K : pour calculer le coefficient de transfert de chaleur il faut d'abord calculer la résistance thermique correspondante ou chaque couche de la paroi se comporte comme une résistance thermique

$$R_{totale} = R_{int} + R_{ext} + \sum_{i=1}^8 R_i \quad \text{où} \quad R_i = \frac{e}{\lambda}$$

La résistance thermique totale : $R_{tot} = 1,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

On ne considère que K est le coefficient de transmission thermique surfacique de la paroi extérieure avec isolation :

$$K = \frac{1}{R_{tot}} = 0.96153 \text{ w/m}^2.\text{k}$$

-Les couches sont classées de l'intérieur vers l'extérieur :

2- Calcul de K' sans isolation

$$k' = \frac{1}{R'} \quad \text{où} \quad R' = R_t - R_{is} = 1.04 - 0.16 = 0.88, \quad K' = 1.13636 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

La résistance thermique devient : $R_{isolant} = R_{\text{laine de mouton}}$ avec une épaisseur de $e=5\text{cm}$ d'où : $R_{t2} = (R_t - R_4 + R_{is}) = 2.308 \rightarrow k_2 = \mathbf{0.433}$

-Valeurs de la résistance thermique en fonction de l'épaisseur de l'isolant*Tableau[V.2]: résistance thermique de la laine de mouton*

Laine de mouton $\lambda = 0.035$	Épaisseur (cm)				
	5	10	15	20	30
R_{th} (m²K/W)	1.428	3.737	4.2857	5.714	8.571
K (W /m²K)	0.433	0.2676	0.193	0.151	0.116

*Source : Auteur***3-L'effet de l'épaisseur de la laine de mouton sur le coefficient K :**

$$\frac{K' - K_2(5)}{K'} = \frac{1.136 - 0.433}{1.136} = 75.48\%$$

De la même manière on cherche cet effet pour les autres épaisseurs

$$K_2(10) = 1/R_2(10), R_2(10) = R_{t2} - R(5) + R(10) = 2.308 - 1.428 - 2.875 = 3.737$$

$$k_2(10) = 0.2676 \text{ donc } K' - K(10) / K' = 1.136 - 0.2676 / 1.136 = 76.44\%$$

$$K_2(15) = 1/R_2(15), R_2(15) = R' + R(15) = 0.88 + 4.2857 = 5.1657$$

$$K_2(15) = 0.193 \text{ donc } K' - K_2(15) / K' = 83.01\%$$

$$K_2(20) = 1/R_2(20), R_2(20) = R' + R(20) = 0.88 + 5.714 = 6.594$$

$$K_2(20) = 0.151 \text{ donc } K' - K_2(20) / K' = 86.70\%$$

$$K_2(30) = 1/R_2(30), R_2(30) = R' + R(30) = 0.88 + 8.571 = 9.451$$

$$K_2(30) = 0.116 \text{ donc } K' - K_2(30) / K' = 89.78\%$$

Donc on peut conclure que l'emplacement de la laine de mouton au sein de la paroi peut diminuer les pertes de chaleur à travers cette dernière de presque 90%, cela est dû au taux faible de la conductivité thermique de cet isolant. En prenant en considération le poids de l'isolant, une épaisseur de 10 cm est suffisante, pour une réduction des pertes de presque 77%.

4-Calcul des températures aux interfaces

- Avec la lame d'air

On calcule d'abord la densité thermique :

$$q = \frac{\Delta T}{R_t} = \frac{20 - 6}{1.4} = 15.71 \text{ (w/ m}^2\text{)}$$

$$t_{pi} = t_i - q \times R_i = 20 - 15.71 \times 0.11 \quad \mathbf{t_{pi} = 18.271 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$t_{pe} = t_5 - q \times R_6 = 4.664 - 15.71 \times 0.025 \quad \mathbf{t_{pe} = 4.271 \text{ }^\circ\text{C}}$$

d'une manière générale

$$t_{i+1} = t_i - q \times R_i$$

$$t_1 = t_{pi} - q \times R_1 = 18.271 - 15.71 \times 0.035, \text{ de même}$$

$$t_1 = 17.721 \text{ °C} \quad t_2 = 17.328 \text{ °C} \quad t_3 = 13.400 \text{ °C} \quad t_4 = 10.556 \text{ °C}$$

$$t_5 = 4.664 \text{ °C}$$

-verification

- $t_e = t_{pe} - q \times R_e = 4.664 - 15.71 \times 0.06 \longrightarrow t_e = 3.721 \text{ °C}$
- $t_{pe} = t_e + q \times R_e = 6 + 15.71 \times 0.06 \longrightarrow t_{pe} = 6.942 \text{ °C}$

2-Avec la laine de mouton :

$$q = \Delta T / R_2 (10) = 14 / 3.737, \quad q = 4.150 \text{ w/ m}^2$$

$$T_{pi} = t_i - q \times R_i = 20 - 4.150 \times 0.11 \quad \mathbf{t_{pi} = 19.543 \text{ °C}}$$

$$T_{pe} = t_e + q \times R_e = 6 + 4.150 \times 0.06 \quad \mathbf{t_{pe} = 5.751 \text{ °C}}$$

$t_1 = 19.397 \text{ °C}$, $t_2 = 19.293 \text{ °C}$, $t_3 = 18.359 \text{ °C}$, $t_4 = 17.695 \text{ °C}$, $t_5 = 16.213 \text{ °C}$, $t_{pe} = 6.942 \text{ °C}$.

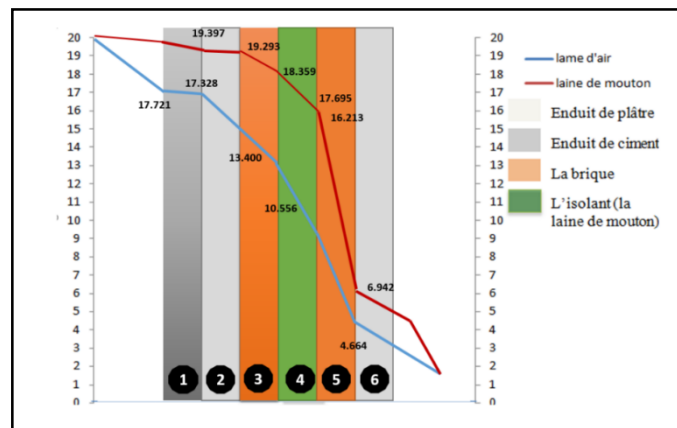


Figure [V.15]: Evolution des températures aux interfaces
(Source : Auteur)

Interprétation

D'après ces résultats, nous avons remarqué que la température de la face intérieure de la paroi isolée avec la lame d'air est inférieure à celle isolée par la laine de mouton, en ce qui concerne les autres températures aux interfaces, leur courbe montre une chute libre de la température, ainsi que l'écart de la température aux côtés de l'isolant (lame d'air), par contre l'évolution de la température pour la paroi isolée avec la laine de mouton, on remarque d'après l'allure une chute timide et les trois premières couches tiennent chaud, et cela grâce au pouvoir thermique de la laine de mouton.

6-Position de laine de mouton

En rénovation, on peut poser l'isolant sur la face extérieure de la paroi, les températures aux interfaces au niveau de l'isolant deviennent donc :

$$T_3 = 18.359 \text{ °C}$$

$$T4 = t3 - q \cdot R5 = 18.359 - 4.150 \times 0.375, \quad T4 = 16.802 \text{ C}^\circ.$$

$$T5 = T4 - q \cdot R6 = 16.802 - 4.150 \times 0.025, \quad T5 = 16.698 \text{ C}^\circ.$$

L'écart a de valeur : $T5 - t4 = 16.698 - 16.802, \quad \Delta T = 0.104 \text{ c}^\circ.$

En comparant T3 (position 1) avec T4 (position 2).

$$T3 = 18.359^\circ, \quad T4 = 17.695 \text{ C}^\circ.$$

$$T5 \text{ (position 1)} = 16.213^\circ, \quad T5 \text{ (position 2)} = 16.698 \text{ C}^\circ.$$

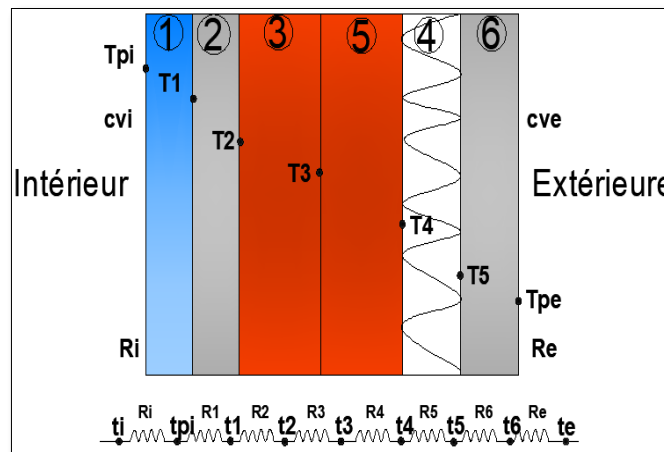
L'écart de température entre le milieu intérieur et l'isolant est de valeurs suivantes :

***position 1 :**

$$\Delta t1 = t_i - t4 = 20 - 17.695, \quad \Delta t1 = 2.305^\circ \text{C} \dots\dots\dots \text{I}$$

***position 2 :**

$$\Delta t2 = t_i - t5 = 20 - 16.213, \quad \Delta t2 = 3.787^\circ \text{C} \dots\dots\dots \text{II}$$



Figure[V.16]: Position extérieure de l'isolant
(Source : Auteur)

Du point de vue thermique la deuxième position de l'isolant est préférable car l'écart de température est plus important et donc les pertes de chaleur vers l'extérieur sont plus faibles par rapport à la première position, de ce fait on peut conclure que pour une même résistance thermique composante la paroi, la position de l'isolant joue un rôle très important pour minimiser les déperditions thermiques et pour améliorer la diffusion de l'air donc l'isolation par l'extérieur est préférable, elle évite la réduction des espaces intérieurs, la création des ponts thermiques, qui favorise la transmission de la chaleur vers l'extérieur en grande quantité.

V.4. Calcul des déperditions de chaleur :

Plusieurs paramètres engendrent et favorisent des déperditions thermiques de l'ambiance intérieure vers celle de l'extérieur en période hivernale. Notre objectif est de réduire et même d'annuler les pertes de chaleur à travers le mur extérieur, notre première réflexion tombe sur l'équation de calcul

$$Q = \frac{\Delta T \times S}{Rt} \dots\dots\dots \text{III}$$

Tant que la matière existe la surface et la résistance ne s'annulent jamais $S \neq 0$, $Rt \neq 0$ et donc c'est l'écart de température qui doit être nul, $\Delta T=0$ et cela n'est pas possible, donc nous raisonnons que ce flux de chaleur ne s'annule, cependant elle peut tendre vers le zéro si la résistance thermique est plus importante, autrement dit que $Rt \gg \Delta T$

Pour notre cas d'étude et afin de rénover le local de santé, la solution la plus facile et pratique est de renforcer la paroi par le rajout un isolant par l'extérieur ou par l'intérieur. En effet ces deux techniques présentent des avantages et des inconvénients.

V.4.1. Bilan thermique de la salle de soins

L'évaluation des déperditions thermique du local est faite suivant la réglementation thermique Algérienne, la réglementation thermique des bâtiments présentée dans le Document Technique Réglementaire (D.T.R. C3-2), considérant que D sont les déperditions totales du volume considéré, égale à l'addition des déperditions thermiques par transmission Dt et les déperditions thermiques par renouvellement d'air Dr

$$D = Dt + Dr \quad [W/^{\circ}C]$$

V.2.1.a. Déperditions thermiques par transmission

Les déperditions thermiques par transmission d'un volume à travers son enveloppe sont données par :

$$Dt = Ds + Dli + Dsol + Dinc \quad [W/^{\circ}C]$$

Avec :

Ds : représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

Dli : représente les déperditions surfaciques à travers les liaisons.

Dsol : représente les déperditions surfaciques à travers les parois en contact avec le sol

Dinc : représente les déperditions surfaciques à travers les parois en contact les locaux non chauffés.

La salle de dentiste comporte trois parois extérieures y compris la dalle, et trois intérieures y compris le sol de surface 24.54 m² avec une hauteur de 3.06 m.

Le calcul de Ds à travers les parois extérieures, contenant des fenêtres considérées des parois

Hétérogènes est en fonction du coefficient de transmission moyen.

$$K_{moy} = \frac{\sum K_i \times A_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots IV$$

-Mur extérieur orientation Nord

Kmur= 0,961 W/m². K

Smur =S paroi – S fenêtre= (60.282) - (1.4×1,4) ×2= 54.682 m²

Sporte= 2,2m², S nette= 52.482m²

La réglementation propose un $K_{vn} = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour un vitrage simple.

$$K_{moy} = (0,961 \times 52,482 + 5 \times 5,6) / 60,282 = 1,301 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Donc : D1 (paroi extérieurs avec fenêtre) :

$$D1 = 1302,31 \text{ W}$$

-Mur extérieur orientation ouest

$$D2 = 0,961 \times 60,282 \times 3,06$$

$$D2 = 177,26 \text{ W}$$

Plancher

$$R_t = \sum R_i = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_e$$

$$R_t = 0,09 + 0,025 + 0,009 + 1,0256 + 0,00152 + 0,0222 + 0,1777 + 0,035 + 0,05 = 1,436 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$K = 0,6963 \text{ W/m}^2\text{K} \quad D_{\text{toit}} = K \times S \times \Delta t = 0,6963 \times 60,282$$

$$D_{\text{toit}} = 41,97 \text{ W}$$

Porte :

$$D_p = K \times S_p \times \Delta t = 2 \times 1,04 \times 2,2 \times 5$$

$$D_p = 22,88 \text{ W}$$

Paroi intérieure

$$D_{\text{mur}} = S_{\text{nette}} \times K_{\text{mur}} \times \Delta t, \quad S_{\text{nette}} = 37,763 \text{ m}^2$$

$$R_t = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_e = 0,11 + 0,035 + 0,25 + 0,257 + 0,11$$

$$R_t = 0,762 \text{ m}^2\text{K/W} \quad K = 1,312 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$D_{\text{mur int}} = 33,66 \times 5 \times 1,312 \quad D_{\text{mur}} = 221,4828 \text{ W}$$

V.4.1.b. Déperditions à travers les ponts thermiques

Les liaisons à la jonction des parois et entre les murs et les menuiseries, communément sont appelés ponts thermiques. Ils constituent des sources supplémentaires de déperditions, ces liaisons, points faibles thermiques, sont souvent à l'origine de désordres dans la construction. Les déperditions à travers une liaison autrement dit pont thermique sont calculées en fonction du coefficient de transmission linéique de la liaison. Suivant la réglementation ; dans le cas d'un calcul pièce par pièce, les pertes calorifiques par transmission affectées à chaque volume doivent être majorées de 20%. De ce fait :

$$D(\text{pont thermique}) = 0,2 \times D_{\text{tot}}$$

$$D_{\text{pt}} = 0,2 \times 1765,8428 = 353,16856 \text{ W}$$

V.4.1.c. Déperditions par renouvellement d'air

Les Déperditions par renouvellement d'air sont évaluées suivant la relation suivante :

$$D_r = 1,16 \times \sum (a_i \times l_i) \times R \times H \times (T_i - T_e) \times Z_e \dots \dots \dots V$$

$\sum (a_i \times l_i)$ est la perméabilité des fenetre et portes au vent, son évaluation est la suivante :

$$(a \times l) \text{ porte} = 40 \times (2,2 \times 2 + 1,04 \times 2) = 259,2 \text{ m}$$

$$(a \times l) \text{ fen\^etre} = 3 \times (1,4 \times 2 + 1,4 \times 4 + 1,46 \times 2) \times 2 = 33,6 \text{ m}$$

Pour une région normale et site protégé $H = 0,24$ $Z_e = 1$ il n'y pas de fen\^etre d'angle

$$D_r = 1192.66 \text{ W}$$

-Apports thermiques

Les apports internes de chaleur représentent essentiellement des quantités de chaleur produites à l'intérieur des locaux dus aux occupants et aux appareils électriques. Ils sont calculés par les formules suivantes :

Tableau[V.3]: puissance thermique dégagée par les habitants

Type de bâtiments	Occupation [m2/personne]	Présence [h/j]	Puissance [W]
Logement	60	12	70
Bureau	20	6	60
Ecole	10	4	70
Salle de dentiste	15	4	80

Source : selon SIA380/1

Tableau puissance thermique dégagée par les habitants, selon SIA380/1

-Les occupants : $P_{occupants} = N \times \frac{p \cdot h}{24} = A \times \frac{p \cdot h}{24 \cdot D} = 15 \times \frac{80 \times 8}{24} = 400W$

N : est le nombre d'occupants dans la zone chauffée.

P : est la puissance dégagée par occupant.

h : est le temps de présence par jour.

A : est la surface brute de plancher chauffé.

D : est la surface disponible par occupant.

-Les appareils : $P_a = P_{el} \times f_e = 2.53678 \times 79.17 = 200.837W$

Tableau [V.4] : la consommation annuelle des appareils par type de bâtiments

Type de bâtiments	Consommation annuelle [MJ/M2]	Facteur de correction (fe)
Logement	80-100	0.7
Ecole	80	0.9
clinique	40	0.8

Source www.asder.asso.fr

V.4.2.Evaluation de la puissance de chauffage

Le bilan thermique d'hiver du local a été fait en considérant les conditions les plus défavorables comme données de base, de ce fait le résultat trouvé nous permet d'évaluer la puissance de chauffage à installer, et prévoir l'équipement thermique adéquat.

La puissance « Q » nécessaire pour établir le confort dans le local dépend du type de système de chauffage utilisé. Pour un système de chauffage par radiateur, elle est donnée par la relation suivante : $Q = (T_{bi} - T_{be}) \times [1 + \max(C_r, C_{in})] \times D_t + [(1 + C_r) \times D_r]$

T_{bi} et T_{be} sont respectivement la température intérieure et extérieure de base C_r est le ratio

estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries. Cin est le coefficient de surpuissance.

$$Q = (21-2) \times [1+0.20] \times 1765.8428 + [1+0.20] \times 1192.66 = 41692.40784W.$$

Conclusion

Afin de conclure ce chapitre, il s'agit de prendre en considération les résultats obtenus lors de la simulation et des calculs.

Les établissements sanitaires en Algérie sont inconfortables et provoquent une consommation énergétique intensive. Cela est dû aux défauts de réalisation qui augmentent les déperditions thermiques.

La simulation de la salle de dentiste dans son cas existant montre qu'il y a un manque de confort. L'orientation de bâtiment, les matériaux de constructions, la lame d'air avec l'utilisation du simple vitrage sont les principaux éléments responsables sur l'inconfort, donc les occupants s'orientent vers l'utilisation de chauffage et consomment plus d'énergie. Enfin, notre proposition consiste à améliorer les points faibles de la salle de dentiste. Il s'agit d'isoler les parois extérieures par un isolant efficace (la laine de mouton), l'utilisation du double vitrage et l'ajout d'un mur trombe. Cela nous a garanti une amélioration des ambiances intérieures en assurant des économies sur le chauffage par rapport à un établissement sanitaire ordinaire.



**CONCLUSION
GÉNÉRALE**

Conclusion générale

L'économie d'énergie est l'une des priorités les plus importantes dans les pays. Pour cette raison, des mesures d'efficacité énergétique sont de plus en plus mises en œuvre dans tous les secteurs.

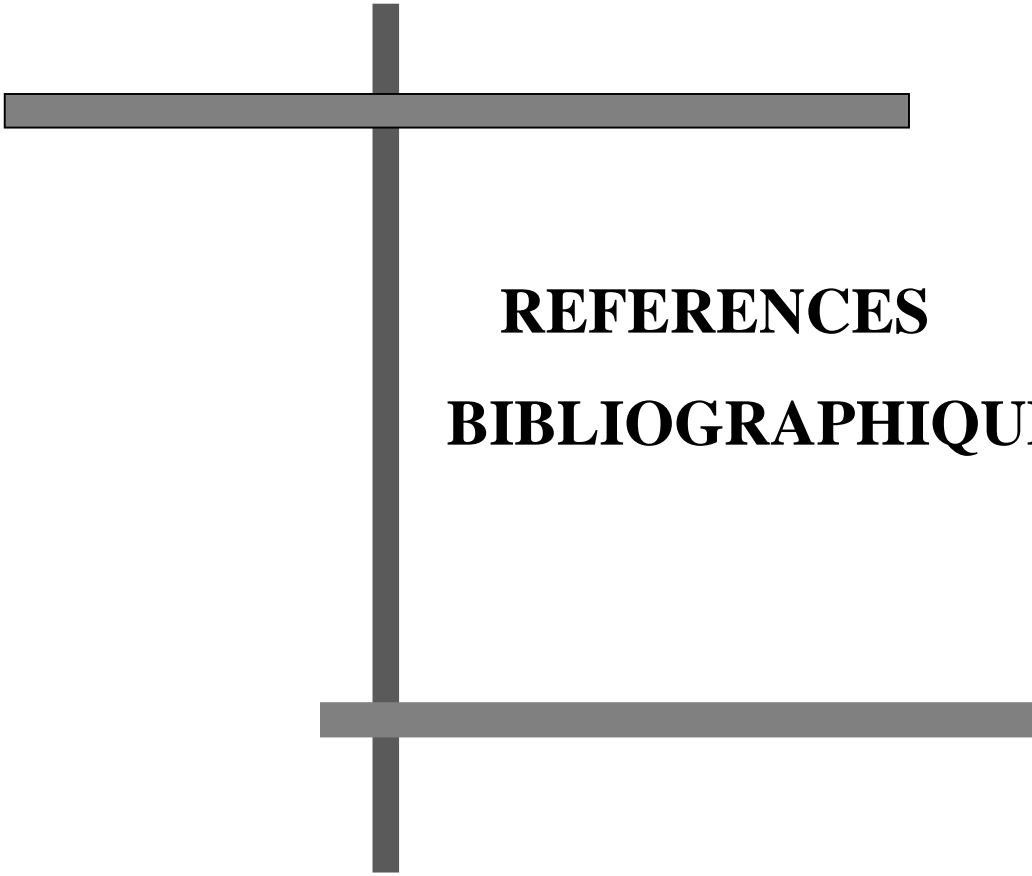
Dans ces travaux, il est prouvé qu'une importante demande énergétique due au chauffage et au refroidissement des espaces à conditionner est requise pour maintenir un confort acceptable.

Le bâtiment économe en énergie, est l'une des solutions qui permet de réussir une performance énergétique globale particulièrement élevée, la conception de ce modèle de bâtiment repose sur plusieurs techniques parmi les quelles, les stratégies passives telles que les matériaux de construction, l'isolation thermique, l'implantation et l'orientation du bâtiment. Afin de confirmer que ces stratégies sont efficaces pour atteindre le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique, nous avons étudié l'effet de l'isolation thermique, et du mur trombe. À partir des résultats obtenus, nous avons pu conclure que l'application des stratégies passives est efficace pour le secteur du bâtiment, et peut réaliser sa performance énergétique.

L'évaluation des conséquences de ses stratégies a pour but d'assurer le confort intérieur par l'utilisation d'outils conventionnels qui permettent de réaliser une analyse avec le logiciel ECOTECH traités en dernier chapitre. Bien que l'importance de l'efficacité énergétique soit largement reconnue, beaucoup reste à faire pour diffuser les solutions permettant d'y parvenir, où le rôle de l'architecte et du thermicien est de pouvoir concilier entre les exigences de l'homme et son environnement.

Pour que notre recherche ait une continuation, nous recommandons le couplage entre :

- L'augmentation de la surface vitrée pour permettre la pénétration des rayons solaires directs en hiver ainsi que l'utilisation d'un double vitrage pour éviter les déperditions thermiques
- Avoir une protection solaire à travers des parties vitrées en période chaude est nécessaire par une simple avancée de la toiture qui est efficace pour la façade sud, avec des protections mobiles des ouvertures.
- Une isolation thermique efficace peut garantir une meilleure stabilité des fluctuations des températures et ainsi améliorer le confort intérieur.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- A.F.M.E Agence Française pour la Maîtrise de l'énergie, 1988, *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur*. Edisud.
- ADEME, 2002 *Guide de l'éco-construction*, Agence régionale de l'environnement en Lorraine.
- AGDEDN, 2010, *humidité dans le bâtiment origines et solutions, Maitrise de l'énergie et énergies renouvelables*, [en ligne] www.ageden.org énergies renouvelables.
- Akchiche Z., 2011, *étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique* ». Energétique et Procédés. Mémoire de magistère. Université Kasdi Merbah Ouargla. [En ligne]
- ALMUSAED A., 2011, *Biophilic and Bioclimatic Architecture*. [en ligne] <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-energie-solaire.aspx>.
- AVEMS, 2010, *Guide de la ventilation naturelle et hybride, conception, dimensionnement, mise en oeuvre et maintenance*.
- AYSE M-G., 2006, *an estimation approach for thermal performance of atrium buildings*, Institute of science and, Istanbul technical university.
- BADECHE M., 2008, *Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique dans la région de Constantine*, Thèse de magister, université Mentouri, Constantine.
- BEN AMEUR O., 2016, *Etude de l'impact du rafraichissement des fontaines d'eau dans les maisons a patio, cas des zones sahariennes*, Université Khider Mohamed-Biskra.
- BOJIE M. YIK F., 2005, *Cooling energy evaluation for high- rise residential buildings in Hong Kong Energy and Buildings*.
- BOUHIDEL N-H., Cours protection environnementale et développement durable (PEDD).
- C.NGÔ, 1999, *quelles énergies pour demain* », Commissariat à l'énergie Atomique Européen.
- CHENAK A., 2009, *Efficacité énergétique dans le bâtiment ; projet pilote Med-Enec*, revue des énergies renouvelables, Bulletin semestriel N° 15 – 16, Alger.
- CHICHE P., HERZEN M. KELLER L. NILSSON M., 2009, *Architecture & conception énergétique*, JPM publications SA, Lausanne, [en ligne]:<http://www.lausanne.ch/fr>.
- DE HERDE A. LIÉBARD A., 2005, *traité de l'architecture et d'urbanisme bioclimatique : concevoir, édifier et aménagé avec le développement durable*, le moniteur, paris, France.
- DE-HAUT. P., 2007. *Chauffage, isolation et ventilation écologique*, Ed Eyrolles, Paris.

- DERRADJI L., 2012, *Etude expérimentale du comportement thermique d'une maison prototype en Algérie*.
- DEVUYST P., 1979, *Météorologie et prévision du temps*, édition Eyrolles, Paris.
- DJERAD M-A., 2012, *Architecture ksourienne (Algérie) entre signe et signifiant*, l'architecture vernaculaire.
- DEOUX S, ET DÉOUX P, 2004, *le guide de l'habitat sain : habitat qualité, santé pour bâtir une santé durable*, éd. REV, et AUGM, ANDRORRE MEDIECO.
- EMMANUEL K., *Energie solaire*, [en ligne] :
<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-energie-solaire.aspx>
- Encarta, 2003, *l'impact des procédés constructifs durables sur la qualité énergétique des bâtiments*.
- Étude de l'office nationale de météorologie, 2004, [en ligne]
<http://www.météorologie élémentaire>
- EVANS, 2007, *Cours de Corrosion et Protection des Métaux*, Pour les étudiants de première année Master Option : Génie des Matériaux
- FERNANDEZ P., LAVIGNE P., 2009, *Concevoir des bâtiments bioclimatiques, fondement méthodes*, Edition le moniteur, paris.
- FOURA S., 2008, *Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie*, Thèse de doctorat, université Mentouri, Constantine.
- FUCHS F-M. RAYMOND B., 2010, *Échanges thermiques d'une paroi*, Techniques de construction, Paris.
- Géraldine M., *Article Normes RT 2020 qu'est-ce qui va changer ?*, [en ligne] :
www.lenergetoutcompris.fr
- GIVONI B, 1978, *L'homme, l'architecture et le climat*, Moniteur, Paris.
- Guide technique, *Guide des matériaux isolants pour une isolation efficace et durable*, 2011 [en ligne] energievie.info
- HEINTZ J., 2008, *Les puits canadiens/ provençaux, guide d'information.pdf*.
- HUFTY A., 1976, *Introduction à la climatologie*, édition Presses, Universitaires de Paris, France. [En ligne], <http://www. Météorologie élémentaire>.
- JOSEPH M-G. AHEARN A., December 1991, *Passive Solar Handbook. Introduction to Passive Solar Concepts*, vol. 1.

- KABOUCHE A., Juin 2012, *Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires*, Mémoire magistère, Université Mentouri de Constantine.
- KEITH L., 1985, *notre planète la terre*, Hatier, Fribourg, Suisse.
- KHALDI S., 2013, *étude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire*, thèse magister, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- KOSSECKA E. KOSNY J., 2002, *Influence of insulation configuration on heating and cooling loads in a continuously used building*, *Energy Build*, vol. 34, no. 4.
- La connaissance des énergies CDE, Mars 2017, [en ligne]
(<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>).
- La Plate-forme Maison Passive ASBL, [en ligne] www.maisonpassive.be
- LABRECHE S., 2004, *Forme Architecturale Et Confort Hygrothermique Dans Les Bâtiments Educatifs Cas Des Infrastructures D'enseignements Supérieurs En Régions Arides*, Université Mohamed Khider Biskra.
- Le confort d'été dans les maisons et bâtiments à basse consommation d'énergie BBC ou passifs, [en ligne] www.FLORIAN STOFFEL.com
- LIEBARD A. & HERBE A-D. 2005, *Traite D'architecture Et D'urbanisme Bioclimatiques*, Paris, Moniteur, Observ'ER, Architecture & climat.
- MAOUJ Y., *La recherche & le développement dans le domaine de l'efficacité énergétique; état des lieux et perspectives dans le bâtiment en Algérie* », CNERIB.
- MARK T. WESTRA S. KUYVENHOVEN, 2002, *L'énergie fait tourner le monde*.
- MAZOUZ S., Juillet 2004, *Eléments de conception architecturale*, Alger: Edition O.P.U.
- MAZZARI M., 2012. « Etude et évaluation de confort thermique des bâtiments à caractère public ». Mémoire de magistère en architecture, Tiziouzzou, université Mouloud Mammeri.
- Observer l'environnement de la planète : Le temps, le climat, l'eau, OMM N°796.
- Observer l'environnement de la planète : Le temps, le climat, l'eau, OMM N°790.
- OMER A-M., 2008, *Renewable building energy systems and passive human comfort solutions*, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, no. 6.
- Organisation météorologique mondiale, 1994, Genève, Suisse.
- PHILLIPS D. GARDNER C., 2012, *Daylighting: Natural light in architecture*.
- REGION W., 2003, *Type de vitrage, Réinventons l'énergie* [en ligne]
<http://www.fermalux.be/>

- REYSSET P., 1997, *aménager la ville, collection écologie urbaine : coéditée par foncier conseil et les paris* : éditions Sang de la terre.
- ROBERT J. et FABAS L., 2008, *Guide de la maison économe*.
- RUELLE F., 2008, *La standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles*, Mémoire, Université Libre de Bruxelles.
- SALOMON, 2000, *L'agence méditerranéenne de l'environnement AME*.
- SCHL (Société canadienne d'hypothèques et de logement), 2014, *guide Impact de la forme architecturale sur la performance énergétique potentielle des collectifs d'habitation*, Canada.
- SCHNEIDER E., Guide de la RT 2012 *analyse et solutions, septembre 2012*, [en ligne] www.schneider-electric.fr
- SEBASTIEN J., 2011, *Performance énergétique d'une toiture végétale au centre-ville de Montréal*, L'École de technologie supérieure, Montréal, Canada.
- SENNIT C-A., 2007. *L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel - une analyse des politiques des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée*, IDDRI, Paris.
- SOLNER, 2014, *l'architecture bioclimatique en climat tropical humide : conception thermique*.
- THIERRY. R, 2012, « *les ponts thermiques dans les bâtiments performants, mutuelle des architectes français assurances, Les fiches d'informations techniques de la MAF*». sur la RT 2012, Enertech.
- ZERGAT M-H., 2014, *Effet de la forme de toiture sur le confort thermique*, université kasdimerbah-ouargla.

Site internet :

- <http://mavoiescientifique.onisep.fr> Emmanuel Kant, *Energie solaire*, su
- [http://www. Météorologie élémentaire](http://www.Météorologie élémentaire).
- <http://www. Systèmes actifs schéma.com>
- <http://www.belblock.be/fr/inertie-thermique.html>
- <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-energie-solaire.aspx>
- <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>
- <http://www.fermalux.be/> REGION WALLONE, 2003, Type de vitrage, Réinventons l'énergie

- <http://www.fiabitat.com/dou-vient-la-maison-passive>
- <http://www.jeveuxsauverlaplanete.fr>
- <http://www-energie2.arch.ucl.ac.be/>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Confort>
- <https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html>
- <https://toiture.ooreka.fr/comprendre/toiture-pente-forme>
- <https://www.energieplus-lesite.be/>
- <https://www.google.com/search?q=la+protection+solaire+par+les+stores+horizontaux+et+verticaux>
- <https://www.google.com/search?q=la+protection+solaire+par+les+stores+horizontaux+et+verticaux>
- www.asder.asso.fr
- www.greenlineblog.com
- [www. Systèmes actifs schéma.com](http://www.systemesactifs-schema.com)
- www.A2j-isolation.com
- www.asder.asso.fr
- www.atmosphère.mpg.de
- www.Batiweb.com
- www.Etiquette de performance énergétique.Schéma.com
- www.greenlineblog.com
- www.maisonaenergiepositive.cm
- www.performance-energetique.lebatiment.fr
- www.wikimedia.org



ANNEXES

Annexe 1 : ISO7730

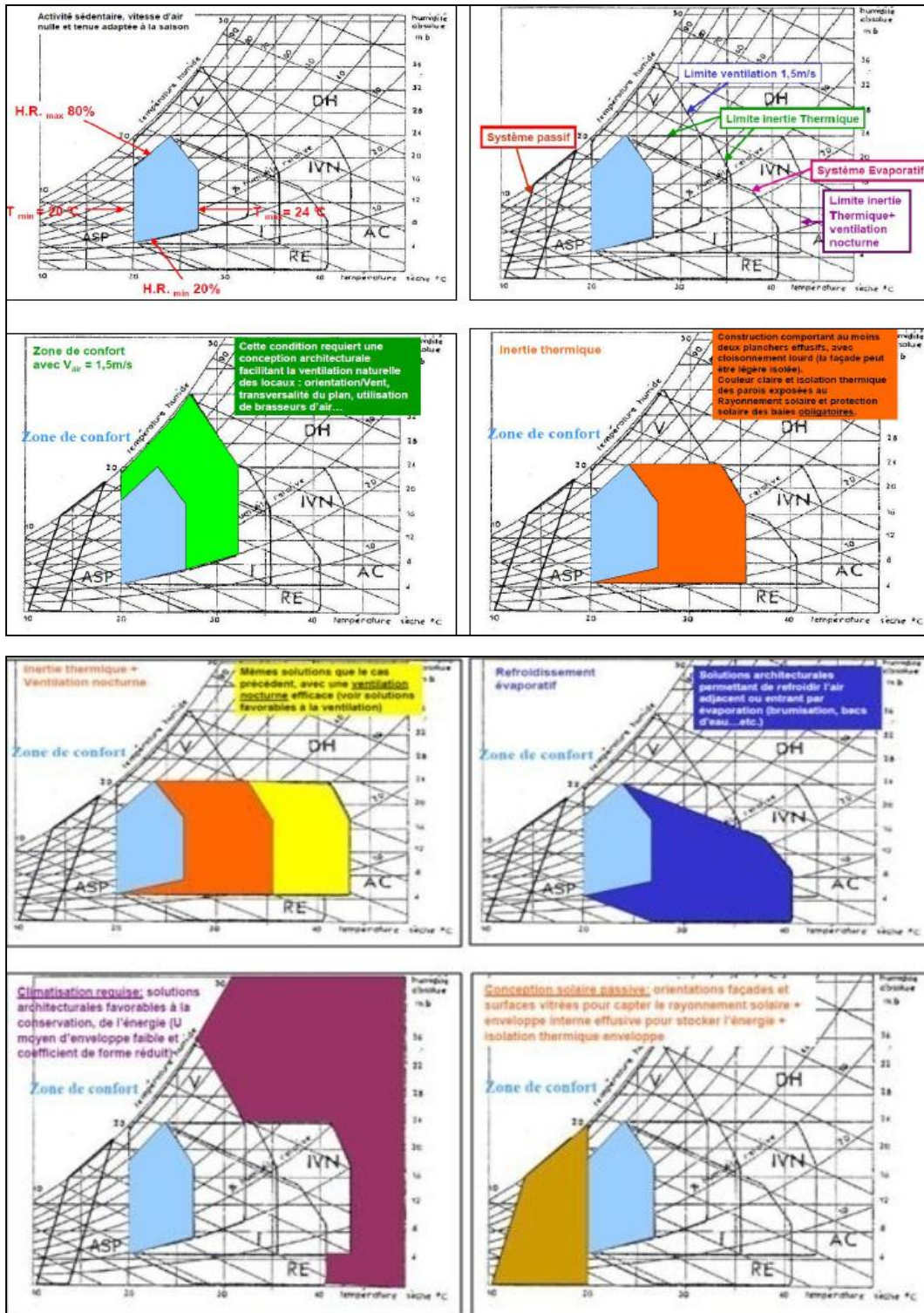
L'ISO 7730 : 2005 présente des méthodes de prévision de la sensation thermique générale et du degré d'inconfort (insatisfaction thermique) général des personnes exposées à des ambiances thermiques modérées. Elle permet de déterminer analytiquement et d'interpréter le confort thermique, par le calcul des indices PMV (vote moyen prévisible) et PPD (pourcentage prévisible d'insatisfaits) et par des critères de confort thermique local, donnant les conditions des ambiances thermiques considérées acceptables du point de vue du confort thermique général et les conditions représentant les inconforts locaux.

Annexe 2 : les zones de confort hygrothermique

t_a °C	humidité relative								
	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
38	42	43	47	54	61	68	75	82	89
37	40	42	45	49	54	59	64	70	76
36	39	40	43	47	51	56	61	67	73
35	37	38	42	45	48	51	54	57	61
34	36	37	41	43	47	49	52	55	58
33	34	36	38	42	44	47	50	52	55
32	33	34	37	39	42	45	47	50	52
31	31	33	35	38	40	43	45	48	50
30	31	31	34	36	38	41	43	46	48
29	29	30	32	34	37	38	41	44	46
28	28	29	31	33	35	37	39	41	45
27	27	28	29	31	33	35	37	39	41
26	26	27	28	29	31	33	35	37	39
25	25	26	27	28	30	32	33	35	37
24	24	25	26	27	28	30	32	33	35
23	23	23	24	25	27	28	30	32	33

* = Beyond the Earth atmosphere's ability to hold water vapor.

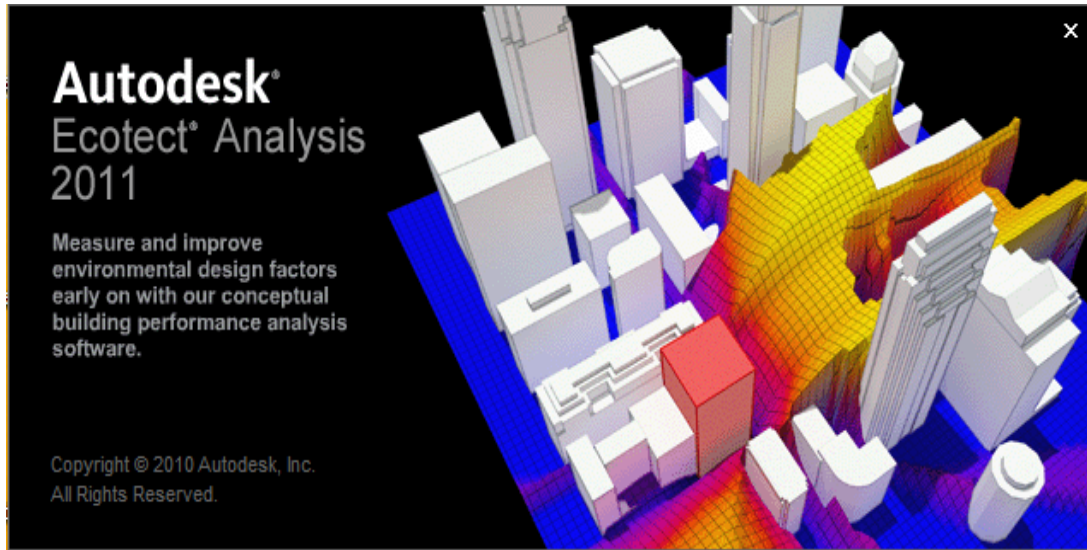
Annexe3: diagramme de Givoni



Source : BELMAAZIZ Mohamed, 2011, 2012

Annexe 4 : Présentation de logiciel de simulation (ECOTECT)

ECOTECT (V5.50) est un logiciel de simulation complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. C'est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Il a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design.



Source : Auteur

Annexe 5 : Présentation de logiciel METEONORM

Le logiciel METEONORM permet de disposer pour ECOTECT, des données climatiques fiables chaque heure et durant une année. Si on ne dispose pas d'une station météorologique, METENORM peut calculer par interpolation entre différentes stations les conditions climatiques d'un lieu.



Source : Auteur

Annexe 6 : Types de vitrage

Type de vitrage	Épaisseur [mm]	Poids [Kg/m ²]	U _{vitrage} [w/m ² k]	Facteur solaire g	Facteur lumineux	R _{atr} (1)	R _a (2)	
	2	5	5,9	0,88	0,91	-	-	
	3	7,5	5,8	0,87	0,90	24	27	
simple vitrage	4	10	5,8	0,85	0,90	27	29	
ordinaire ou trempé	5	12,5	5,8	0,84	0,89	28	29	
ou armé ou durci	6	15	5,7	0,82	0,89	29	30	
	8	20	5,7	0,80	0,87	30	31	
	10	25	5,6	0,78	0,86	31	32	
	12	30	5,6	0,75	0,85	32	34	
	15	37,5	5,5	0,72	0,84	33	35	
simple vitrage clair	6	15	5,7	0,50	0,32	29	30	
réfléchissant bronze	6	15	5,7	0,44	0,18	29	30	
	gris	6	15	5,7	0,42	0,15	29	30
	rose	6	15	5,7	0,51	0,25	29	30
	vert	6	15	5,7	0,36	0,26	29	30
Simple vitrage feuilleté	33.1	6	15,5	5,7	0,79	0,89	30	31
	44.1	8	20,5	5,7	0,77	0,87	31	32
	55.1	10	25,5	5,6	0,75	0,86	32	33
	66.1	12	30,5	5,6	0,73	0,85	32	34
Double vitrage	4+6+4	14	20	3,3	0,75	0,81	27	29
	4+8+4	16	20	3,1	0,75	0,81	27	29
	4+12+4	20	20	2,9	0,76	0,81	27	30
	6+12+6	24	30	2,8	0,72	0,79	30	32
	6+15+6	27	30	2,7	0,72	0,79	28	32
	8+12+8	28	40	2,8	0,68	0,77	31	32
Vitrage à basse	4+12+4	20	20	1,8	0,64	0,76	27	30
émissivité	4+15+4	23	20	1,5	0,63	0,76	27	30
(ou à haut rendement)	6+12+6	24	30	1,7	0,61	0,74	30	32
avec lame d'air	6+15+6	27	30	1,5	0,61	0,74	28	32
Vitrage à basse	4+12+4	20	20	1,4	0,64	0,76	28	34
émissivité	4+15+4	23	20	1,3	0,63	0,76	28	34
(ou à haut rendement)	6+12+6	24	30	1,4	0,61	0,74	31	36
avec argon	6+15+6	27	30	1,3	0,61	0,74	29	36
Double vitrage à	6+12+33.1	24	30,5	2,8	0,71	0,79	32	36
isolation acoustique	8+6+33.1	20	35,5	3,2	0,68	0,78	34	37
renforcée	6+12+44.1	26	35,5	2,8	0,7	0,78	33	37
	8+6+44.1	22	40,5	3,2	0,67	0,77	35	38
	8+12+44.1	28	40,5	2,8	0,67	0,77	35	38
	10+12+44.1	30	45,5	2,8	0,65	0,76	37	41
Vitrage chromogène	On	11	27,5	5,7	0,63	0,75	35	36
	Off	11	27,5	5,7	0,64	0,74	35	36
Triple vitrage	4+8+4+8+4	28	30	2,1	0,67	0,73	?	?
Vitrage réfléchissant	6+12+6	24	30	2,8	0,4	0,7	30	32

Source : institut wallon asbl, types de vitrage

Annexe 7 : Déroulement des calculs:

Les calculs seront déroulés selon 4 étapes :

1. Calcule de la densité du flux q on utilisant la formule : $q = Q/S = \Delta T/R_t$ Dont : ΔT : c'est la différence entre T_i ; la température intérieur et T_e ; la température extérieur

2. Calcule des Température aux l'interfaces ; qui dépend de chaque couche et leur disposition, on utilisant la formule suivante $T_n = T_{n-1} - q \cdot R_n$ qu'on a extraite de la formule précédente.

1. L'étude par le coefficient de transfère de chaleur K pour le choix de bon isolant ; dont on est exprimé les caractéristiques de chaqu'un : pour le polystyrène et de même pour le liège ; le tout ce

fait a l'aide du pourcentage suivant connaitre de quel pourcentage se diminue les pertes : $(K1 - K2)/K1 * 100$.

2. On est étudié l'influence de l'isolant sur les déperditions de chaleurs par le calcul des températures aux interfaces avec l'utilisation de la formule suivant : $T_n = T_{n-1} - q * R_n$ (Les résultats et la méthode de calculs voir les annexes).

Résumé :

Toutes les études faites précédemment ont montré que la réalisation des bâtiments sains, confortables et à basse consommation énergétique est notamment due à l'application des mesures passives visant à concevoir le bâtiment pour le rendre naturellement plus confortable avant de recourir aux mesures actives qui pallient les insuffisances à l'aide d'installations techniques. La consommation d'énergie d'un bâtiment dépend essentiellement de l'efficacité de la ventilation, de l'éclairage naturel et de l'isolation thermique ; cette dernière est mesure principale d'économie d'énergie de chauffage et de climatisation, protège le bâtiment des rigueurs du climat extérieur, stabilise le climat intérieur, augmente la température des surfaces intérieures des parois extérieures, donc elle améliore le confort et réduit les risques de moisissures. De ce fait notre recherche s'est focalisée sur une étude comparative du pouvoir thermique des isolants, où la lame d'air a été remplacée par le polystyrène et la laine de mouton au niveau des parois extérieures d'une salle de soins. À l'issue d'une simulation numérique par le logiciel Ecotect et le calcul du bilan thermique par la méthode algérienne réglementaire (D.T.R.C-3-2), les résultats obtenus ont montré l'efficacité de ces deux types d'isolants pour la rénovation des bâtiments déjà existants, où la laine de mouton reste le meilleur matériau isolant naturel pour son pouvoir hygroscopique et sa contribution à la protection de l'environnement.

Mots clés : confort thermique, stratégies passives, isolation thermique.

Abstract:

All previous studies have shown that the construction of healthy, comfortable and energy-efficient buildings is due in particular to the application of passive measures to design the building to make it naturally more comfortable before resorting to active measures that address deficiencies with technical installations. The energy consumption of a building depends mainly on the efficiency of ventilation, natural lighting and thermal insulation; the latter is the main measure of energy saving heating and air conditioning, protects the building from the rigors of the external climate, stabilizes the indoor climate, increases the temperature of the interior surfaces of the exterior walls, thus improving comfort and reducing the risk of mold. As a result, our research focused on a comparative study of the thermal power of insulation, where the air blade was replaced by polystyrene and sheep's wool on the outer walls of a treatment room. Based on a numerical simulation by Ecotect software and the calculation of the thermal balance by the Algerian regulatory method (D.T.R.C-3-2), the results obtained showed the effectiveness of these two types of insulation for the renovation of existing buildings, where sheep's wool remains the best natural

insulating material for its hygroscopic power and its contribution to the protection of the environment.

Keywords: thermal comfort, passive strategies, thermal insulation.

ملخص:

وقد أظهرت جميع الدراسات السابقة أن إنشاء المباني الصحية والمريحة والفعالة من حيث الطاقة يرجع بشكل خاص إلى تطبيق تدابير سلبية لتصميم المبنى لجعله أكثر راحة بشكل طبيعي قبل اللجوء إلى التدابير النشطة التي تعالج أوجه القصور مع المنشآت التقنية. استهلاك الطاقة في مبنى يعتمد أساساً على كفاءة التهوية، والإضاءة الطبيعية والعزل الحراري. هذا الأخير هو المقياس الرئيسي لتوفير الطاقة التدفئة وتكييف الهواء، ويحمي المبنى من قسوة المناخ الخارجي، واستقرار المناخ الداخلي، ويزيد من درجة حرارة الأسطح الداخلية للجدران الخارجية، وبالتالي تحسين الراحة والحد من خطر العفن. ونتيجة لذلك، ركزت أبحاثنا على دراسة مقارنة للطاقة الحرارية للعزل، حيث تم استبدال شفرة الهواء بالصوف البوليسترين والخراف على الجدران الخارجية لغرفة المعالجة. واستناداً إلى المحاكاة العددية التي قامت بها برمجيات Ecotect وحساب التوازن الحراري بواسطة الطريقة التنظيمية الجزئية (D.T.R.C-3-2) أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية هذين النوعين من العزل في تجديد المباني القائمة، حيث يبقى صوف الأغنام أفضل مادة عازلة طبيعية لقوتها الهيكروكوبية ومساهمتها في حماية البيئة.

الكلمات الرئيسية: الراحة الحرارية، استراتيجيات سلبية، العزل الحراري