



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

Université Saâd Dahlab, Blida-1
Faculté de Technologie
Département des Énergies Renouvelables

Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de
Master Académique
Filière : Energies Renouvelables
Option : Energies Renouvelables et Habitat Bioclimatique

Présenté par : **AMIOUR Yahia**

BOUBEDNIKH Oussama

Thème :

**L'effet de la nature des matériaux isolants sur
l'efficacité énergétique des bâtiments**

Soutenu devant le jury composé par :

Monsieur DOMAZ Toufik	Professeur	USDB	Président
Monsieur LAFERI Djamel	MCB	USDB	Examineur
Monsieur ABDELEHADI Mohamed	MCB	USDB	Encadreur

Année universitaire : 2020 /2021

REMERCIEMENTS

*Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** de nous avoir guidés et donné la force et la volonté pour atteindre notre objectif*

Mes sincères remerciements vont :

*- à Monsieur **DOMAZ Toufik**,*

Pour avoir accepté de présider ce jury ;

*- à Monsieur **LAFERI Djamel**,*

Pour avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail avec attention ;

*- à nos promoteurs, Monsieur **ABDELEHADI Mohamed***

*Et Madame **OUKACI Soumia**,*

Pour toutes leurs orientations pertinentes et pour leur disponibilité.

DEDICACES

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père, Hocine ;

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman, Noura, que j'adore ;

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon frère Mohamed Rida et ma belle sœurs Zohra, sans oublié ma grand-mère Oum-El Saâd, ma tante Nawal et tout ma famille. Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements ;

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur, vous Yahia, Yasser et Abderrahime.

OUSSAMA

DEDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut ... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour et le respect ...

Je dédie ce modeste travail :

À ma très chère mère «**HOURIA**» et à mon très cher père «**RACHID**» qui n'ont cessé de me combler par leur amour, leur soutien, leur tendresse et leur encouragement. Qui se sont toujours sacrifiés pour me voir réussir

À mes chers frères **Abderrahime** et **Abderrahmane**. À ma belle-sœur **Amina**

À tous les membres de ma famille, surtout ma tante Malika, son mari Omar et ses enfants Ihabe, Ikram et Maissa.

À mon binôme Oussama, et à mes collègues d'étude, et frères de cœur, toi Oussama, Yasser et Abderrahime.

À tous mes amis d'enfance, à tous mes amis de carrière d'études, à tous mes amis proches un par un.

À une personne qui jamais me laisse qui toujours me donne le courage à toi Amina Grdh.

YAHIA.

RESUME

المخلص

يعد العزل الحراري أحد الحلول لتقليل استهلاك الطاقة في المباني. إنه استثمار فعال تقنيًا أو اقتصاديًا. في العمل التالي سوف ندرس طبيعة المواد العازلة وأثرها في تقليل الطاقة المستهلكة في المباني سواء طاقة التدفئة أو تكييف الهواء. في نهاية هذا العمل نستنتج أن طبيعة المواد العازلة لها دور في كفاءة الطاقة للمباني كما نلاحظ أن المناخ يؤثر على كفاءة المواد العازلة وكذلك على المباني. أيضًا، يعمل العزل الحراري على تحسين فئة الطاقة في المباني.

كلمات مفتاحية

سكن بيو مناخي ، العزل حراري ، كفاءة طاقة المباني ، مواد عازلة ، تغير مناخي

Abstract

Thermal insulation is one of the solutions to reduce energy consumption in buildings. It is a technically or economically efficient investment. In the following work we will study the nature of insulating materials and its impact on reducing the energy consumed in buildings, either heating or air conditioning energy. At the end of this work we conclude that the nature of the insulating materials has a role in the energy efficiency of buildings also we notice that the climate affects the efficiency of insulating materials as well as on buildings. Also, thermal insulation improves the energy class of buildings.

Key words

Bioclimatic Habitat, Thermal Insulation, Energy Efficiency of Buildings, Insulating Materials, Climate Change.

RESUME

Résumé

L'isolation thermique est l'un des solutions pour réduire la consommation des énergies dans les bâtiments. Il est un investissement efficace techniquement ou économiquement. Dans le travail suivant nous allons étudier la nature des matériaux isolant et son impact sur la diminution de l'énergie consommée dans les bâtiments soit l'énergie de chauffage ou de climatisation. A la fin de ce travail on conclure que la nature des matériaux isolant a un rôle dans l'efficacité énergétique des bâtiments aussi on remarque que le climat affecte sur l'efficacité des matériaux isolants comme sur les bâtiments. Aussi, l'isolation thermique améliore la classe énergétique des bâtiments.

Mots clés

Habitat Bioclimatique, Isolation Thermique, Efficacité Energétique des Bâtiments, Matériaux Isolants, Changement climatique.

SOMMAIRE

Introduction	1
1 CHAPITRE 1 : <i>Généralités</i>	3
1.1 Les modes de transfert de chaleur.....	3
1.1.1 Conduction.....	3
1.1.2 Convection.....	3
1.1.3 Rayonnement	3
1.1.4 Evaporation.....	3
1.2 Les propriétés thermiques des matériaux.....	4
1.2.1 L'inertie thermique	4
1.2.2 La diffusivité thermique (a)	4
1.2.3 Effusivité	4
1.2.4 Conductivité thermique (λ).....	4
1.2.5 Capacité thermique (chaleur spécifique)	4
1.3 L'architecture bioclimatique	5
1.3.1 L'implantation du bâtiment	5
1.3.2 L'orientation du bâtiment	5
1.3.3 La distribution intérieure	5
1.3.4 L'isolation thermique	6
1.3.4.1 L'Isolation intérieur	6
1.3.4.2 L'Isolation extérieur.....	7
1.4 Les déperditions dans l'habitat	7
1.4.1 Les Déperditions surfaciques par transmission	8
1.4.2 Les Déperditions par renouvellement d'air	8
1.4.3 Les ponts thermiques	8
1.5 Le Climat	8
1.5.1 Les principaux éléments climatiques.....	9

SOMMAIRE

1.5.2	Les zones climatiques en Algérie	9
1.6	Le confort Thermique	10
1.6.1	Les paramètres du confort thermique	10
1.6.1.1	La température de l'air(Ta).....	10
1.6.1.2	L'humidité relative de l'air (HR)	10
1.6.1.3	La vitesse de l'air	10
1.6.1.4	Le rayonnement	11
1.6.2	Les indices de confort thermique.....	11
1.6.2.1	Le Vote Moyen Prévisible(PMV).....	11
1.6.2.2	Pourcentage Prévisible D'insatisfaits(PPD)	12
2	CHAPITRE 2 : <i>Etude Bibliographique</i>	13
2.1	Introduction.....	13
2.2	Des études statistiques sur les journaux	27
2.3	Des études sur les publications par régions	27
2.4	Des études sur les publications par années	28
3	Chapitre 3 : <i>Construction Des Bâtiments Bioclimatique</i>	30
3.1	TYPE DE BATT	30
3.1.1	Bâtiment industriel	30
3.1.2	Bâtiment tertiaire	30
3.1.3	Bâtiment mixte	31
3.2	Les différents matériaux de construction	31
3.2.1	La brique.....	31
3.2.2	Le béton	31
3.2.3	Le parpaing :	32
3.2.4	Le bois	32
3.2.5	La pierre.....	32

SOMMAIRE

3.3	Conception bioclimatique	32
3.3.1	Pour une conception énergétiquement efficace	33
3.4	CONCEPTION DE L'ENVELOPPE ET DE L'ARCHITECTURE	34
3.5	Stratégies de conception	34
3.5.1	EN HIVER (stratégie du chaud)	34
3.5.2	EN ETE (stratégie du froid)	35
3.5.3	LA STRATEGIE DE LA LUMIERE NATURELLE	36
3.6	Maison passive	36
3.6.1	Maison « basse énergie »	37
3.6.2	Maison « zéro énergie »	37
3.7	Classe énergétique des bâtiments :	37
3.7.1	La définition de la classe énergétique d'une habitation	38
3.7.2	L'interpréter de la classe énergétique d'une habitation	38
3.8	Adaptation des matériaux de construction avec le climat en France	39
3.8.1	Des risques communément définis, mais spécifiques à chaque projet de construction et/ou rénovation !	40
3.8.2	Mieux intégrer l'adaptation au changement climatique dans la planification de la conception et de la mise en œuvre des bâtiments, dans une perspective de cycle de vie	40
4	Chapitre 4 : <i>L'impact des matériaux isolants sur les bâtiments</i>	43
4.1	Matériaux isolants	43
4.2	Classification des matériaux isolants	43
4.2.1	Les matériaux isolants inorganiques	43
4.2.2	Matériaux isolants organiques	43
4.2.3	Matériaux isolants métalliques	43
4.3	Formes de matériaux isolants	44
4.3.1	Des matériaux isolants liquides	44

SOMMAIRE

4.3.2	Matériaux isolants flexibles.....	44
4.3.3	Matériaux isolants solides	44
4.4	Qualité des isolants thermiques	44
4.4.1	Résistance au feu	44
4.4.2	Résistance à la chaleur.....	45
4.4.3	Résistance mécanique.....	45
4.4.4	Étanchéité à l'air.....	45
4.4.5	Absorption d'eau	45
4.4.6	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	46
4.5	L'Isolation des vitrages.....	46
4.6	Types courants de matériaux d'isolation thermique.....	46
4.6.1	Polystyrène expansé	46
4.6.2	Laine de roche	46
4.6.3	Panneaux de Liège.....	47
4.6.4	Laine de mouton	47
4.7	L'efficacité des matériaux isolants	47
4.7.1	L'efficacité de Polystyrène expansé	47
4.7.2	L'efficacité de lame d'air	48
4.7.3	L'efficacité de l'isolation réfléchissante	48
4.7.4	Les fibres végétales	49
4.7.5	Les déchets de cuir et de menuiserie	49
4.7.6	La fibre de verre	49
4.8	Le changement climatique	50
4.9	Réchauffement climatique	50
4.10	La relation entre les bâtiments et le changement climatique	50
4.11	L'effet de changement climatique sur la consommation d'énergies des bâtiments	

SOMMAIRE

4.11.1	En hiver	51
4.11.2	En été	52
4.12	Conclusion.....	52
5	CHAPITRE 5 : <i>Simulation et Résultats</i>	54
	Partie A : Présentation de projet.....	54
5.1	Site	54
5.2	L'appartement étudié	54
5.3	Logiciel utilisé	57
5.3.1	Alcyon	57
5.3.2	Météonorm.....	57
5.3.3	Pleiades	57
5.4	Les étapes de simulation	57
5.5	La méthodologie de travail	58
5.5.1	La composition des parois après l'amélioration	58
5.6	Devisions des pièces sur les zones	59
5.7	Les scénarios utilisés dans la simulation.....	60
	Partie B : Les résultats de simulation	62
5.8	Les résultats sans consigne de thermostats	62
5.8.1	La saison hivernale	62
5.8.1.1	Remarque	66
5.8.2	La saison estivale.....	67
5.8.2.1	Remarques.....	70
5.1	Les résultats par consigne de thermostat.....	71
5.1.1	Cas d'épaisseur d'isolant égale à 6cm.....	71
5.1.1.1	Remarques.....	72
5.1.2	Cas d'épaisseur d'isolant égale à 10cm.....	72

SOMMAIRE

5.1.2.1 Remarques.....	73
5.2 L'étiquette énergétique	74
5.3 Conclusion	75
CONCLUSION GENERALE	76

LISTE DES TABLEAUX

Figure 1 : distribution des espaces selon le trajet solaire. [14].....	6
Figure 2 : Variation de la température dans une paroi isolée. [15]	6
Figure 3 : Répartition des déperditions d'une maison familiale standard non isolée. [16] ...	7
Figure 4 : le PPD en fonction de PMV d'après la norme ISO 7730. [17].....	12
Figure 5 : nombre de publication en fonction des pays.	28
Figure 6 : nombres des publications en fonction des années.....	29
Figure 7 : la stratégie du chaud. [24]	35
Figure 8 : La stratégie du froid. [24]	35
Figure 9 : La stratégie de l'éclairage naturel. [24]	36
Figure 10 : Classe énergétique des bâtiments. [53].....	37
Figure 11 : les risques d'adaptation au changement climatique. [29]	40
Figure 12 : plan de l'habitat étudié en 3D.	54
Figure 13 : plan de l'habitat étudié 2D.	55
Figure 14 : le scénario d'occupation.....	60
Figure 15 : le scénario de chauffage.	61
Figure 16 : le scénario de climatisation.	61
Figure 17 : variation de température dans le cas sans isolation saison froid.....	62
Figure 18 : variation de température dans le cas polystyrène 6cm saison froid.....	63
Figure 19 : variation de température dans le cas liège 6cm saison froid.....	63
Figure 20 : variation de température dans le cas laine de roche 6cm saison froid.	64
Figure 21 : variation de température dans le cas polystyrène 10cm saison froid.....	64
Figure 22 : variation de température dans le cas liège 10cm saison froid.....	65
Figure 23 : variation de température dans le cas laine de roche 10cm saison froid.	65
Figure 24 : variation de température dans le cas sans isolation saison chaud.	67
Figure 25 : variation de température dans le cas polystyrène 6cm saison chaud.	67
Figure 26 : variation de température dans le cas liège 6cm saison chaud.	68
Figure 27 : variation de température dans le cas laine de roche 6cm saison chaud.	68
Figure 28 : variation de température dans le cas polystyrène 10cm saison chaud.	69
Figure 29 : variation de température dans le cas liège 10cm saison chaud.	69
Figure 30 : variation de température dans le cas laine de roche 10cm saison chaud.	70
Figure 31 : les besoins total pour chaque cas d'isolation.	71
Figure 32 : les besoin total pour chaque cas d'épaisseurs.....	73
Figure 33 : l'étiquette énergétique de cas isolé et non isolé.....	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques.	11
Tableau 2 : classification des publications	26
Tableau 3 : nombre de publication en fonction des pays.	27
Tableau 4 : nombres des publications en fonction des années.	28
Tableau 5 : caractéristiques de la planche basse.....	55
Tableau 6 : caractéristiques de la toiture.	56
Tableau 7 : caractéristiques du mur extérieur.....	56
Tableau 8 : caractéristiques du mur intérieur.	56
Tableau 9 : composition de mur extérieure amélioré.	58
Tableau 10 : composition de planche bas amélioré.....	59
Tableau 11 : composition de toiture amélioré.	59
Tableau 12 : variation de ΔT_a la saison froide dans tous les cas.....	66
Tableau 13 : variation de ΔT a la saison chaude dans tous les cas.....	70
Tableau 14: les besoins de chauffage et de climatisation a l'épaisseur=6cm.	71
Tableau 15 : les besoins de chauffage et de climatisation a l'épaisseur=10cm.	72
Tableau 16 : la classe énergétique de l'appartement dans tous les cas d'études.	74

Introduction

Depuis la présence de l'humanité, l'homme toujours cherchait le confort dans sa vie et essayer de se protéger des aléas de climat par construire un habitat qui offre le confort durant toute l'année.

Et progressivement l'homme est amélioré les conditions de confort surtout dans les lieux d'habitat soit un confort thermique, visuel, acoustique... etc. il est utilisé tous les moyennes disponibles pour assures le confort.

Pour le confort thermique aujourd'hui on consomme une quantité d'énergies importante, dans l'Algérie « le secteur du bâtiment, C'est un secteur non productif mais énergivore, puisque il consomme 41% de l'énergie finale, devançant le secteur agricole et le secteur industriel.» (APRUE2019).

Et pour produit cette énergie on base sur les sources d'énergies non renouvelables comme les carburant, gaz, fossile, carbone... qui ont des effets négatifs sur l'environnement ils créent l'effet de serre et ils sont responsables du changement climatiques de la terre.

Et depuis la crise énergétique mondiale en 1973 le monde est cherché des solutions pour minimise la consommation énergétique. Et en 1987, à l'occasion de la Commission mondiale sur l'environnement ils adoptent la notion de développement durable, Il est défini comme « un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

Après tous ces évènements les gouvernements mondiaux a commencé éditer des lois et des décrets pour appliquer la diminution de la consommation énergétique, par exemple :

En Algérie :

- DTR C32 : règles de calcul des déperditions thermique (1997).
- loi 09.99 : relative à la maîtrise de l'énergie (1999).

International :

- RT : 1974 – RT : 1988 ; en France.
- RT : 1976 en Allemagne.
- RT : 1975 en Canada. (RT : réglementation thermique)

INTRODUCTION GENERALE

Tous ces lois et réglementaires n'ignorent pas la condition d'assurer le confort de l'utilisateur (l'homme), Chaleur en hiver, fraîcheur en été, sont les éléments de confort pour le bien être de l'occupant. Construire avec le climat ou bien la construction intelligente parmi les solutions pour minimiser la consommation énergétique des bâtiments qui doit tenir compte : l'orientation des bâtis, la distribution intérieure, le choix de matériaux de construction, le confort d'été...

Dans l'Algérie la plupart des habitats sont des habitats collectif, « L'habitat collectif contemporain a non seulement échoué dans la réalisation des performances quantitatives, mais il a également montré des insuffisances sur le plan qualitatif, ce qui provoque le problème d'intégration climatique et implique une consommation énergétique considérable. »[1]

Une autre solution disponible pour diminuer l'énergie consommée par le secteur de bâtiments c'est de faire l'isolation thermique qui a le but d'amortir et subir même un retard de déplacement de la chaleur de l'intérieure vers l'extérieur en hiver et de l'extérieur vers l'intérieur en été, pour assurer une bonne isolation il faut bien choisir le matériau isolant qui a une bonne efficacité.

1 CHAPITRE 1 : Généralités

1.1 Les modes de transfert de chaleur

1.1.1 Conduction

La conduction c'est la propagation de l'énergie thermique à travers les matières qui sont en contact physique directe sans déplacement des molécules. La conduction à lieu dans tout matériau solide, quand il y a une différence de température entre les molécules de deux diffère matériaux qui sont en contact physique ou bien les molécules d'un seul matériau.

1.1.2 Convection

C'est le changement de chaleur entre une surface et un fluide, Elle dépend de la température et de la vitesse de l'air, le transfert de la chaleur se fait par les molécules du fluide (émis ou absorbe).

1.1.3 Rayonnement

C'est le transfert de l'énergie thermique entre deux surfaces par onde électromagnétiques, ces surfaces sont séparées par n'importe quel milieu qui est transparent pour les ondes électromagnétiques.

1.1.4 Evaporation

L'évaporation transporte la chaleur latente et constitue toujours une perte de chaleur pour l'organisme. L'intensité de cette évaporation est fonction de l'humidité de l'air, la vitesse de l'air et la perméabilité à la vapeur d'eau du corps.

1.2 Les propriétés thermiques des matériaux

1.2.1 L'inertie thermique

L'inertie d'un matériau est sa capacité à stocker de la chaleur. Le cas d'un bâtiment est sa capacité à stocker de la chaleur dans ses murs, ses planchers... Plus l'inertie d'un bâtiment est forte, plus il se réchauffe et se refroidit lentement.

1.2.2 La diffusivité thermique (α)

La diffusivité thermique d'un matériau correspond à la vitesse de diffusion de la chaleur en son cœur (unité : m^2/s). Plus la diffusivité est élevée, plus le matériau s'échauffe et se refroidit rapidement.

La diffusivité thermique exprime la capacité d'un matériau à transmettre une variation de température, elle est directement proportionnelle à sa conductivité thermique. [2]

1.2.3 Effusivité

L'effusivité d'un matériau, est la vitesse à laquelle la température de surface du matériau change (unité : $J/m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$). « L'effusivité caractérise la sensation de «chaud» (faible effusivité) ou de «froid» (grande effusivité) que donne le contact avec un matériau. »[3]. Plus précise le matériau qui a une forte effusivité absorber la chaleur rapidement.

1.2.4 Conductivité thermique (λ)

C'est la quantité de chaleur qui passe en une seconde au travers de $1m^2$ d'une couche de matériaux homogènes de 1mètre d'épaisseur, soumis à une différence de température d'un degré. [4] La valeur de λ est faible pour un matériau isolant et important pour un matériau conducteur.

1.2.5 Capacité thermique (chaleur spécifique)

La capacité thermique d'un matériau représente sa propension à emmagasiner de la chaleur en fonction de son volume ($kJ/m^3 \cdot ^\circ C$) ou en fonction de son masse ($kJ/kg \cdot ^\circ C$). Plus la

capacité calorifique d'un matériau est élevée, plus le matériau peut emmagasiner ou dégager de la chaleur en hiver ou se refroidir en été.

1.3 L'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique c'est l'adaptation de la conception et de la construction de l'habitation avec l'environnement pour obtenir le confort thermique. Donc l'architecture bioclimatique est une sorte d'architecture qui tente d'utiliser l'environnement au lieu de subir de l'environnement, Afin de rendre les occupants au plus près d'un environnement confortable.

1.3.1 L'implantation du bâtiment

Le bâtiment doit être implanté de façon à réduire les consommations d'énergie relatives au refroidissement mécanique et à l'éclairage artificiel, et à contrôler l'accès à l'énergie solaire pour l'éclairage naturel (Gonzalo et Habermann, 2012). Les facteurs qui impliquent sur l'implantation d'un bâtiment : le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation, l'ensoleillement et enfin le vent. [5]

1.3.2 L'orientation du bâtiment

Depuis longtemps, l'orientation des édifices était un souci chez les fondateurs, L'Est est l'orientation la plus particulière comme elle est reliée au lever du soleil car il est une source de vie et de la lumière. [6] L'orientation est reliée avec deux paramètres climatiques : l'ensoleillement et le vent. Ils jouent un rôle important dans les niveaux de la ventilation et de l'éclairage naturel.

1.3.3 La distribution intérieure

L'aménagement de la zone habitable dépend du besoin thermique de chaque pièce. Certaines zones nécessitent plus de confort que d'autres zones inhabitables ou rarement utilisées; qui on peut appeler des espaces tampons, car on peut l'utiliser pour protéger la partie habitable de l'habitat.

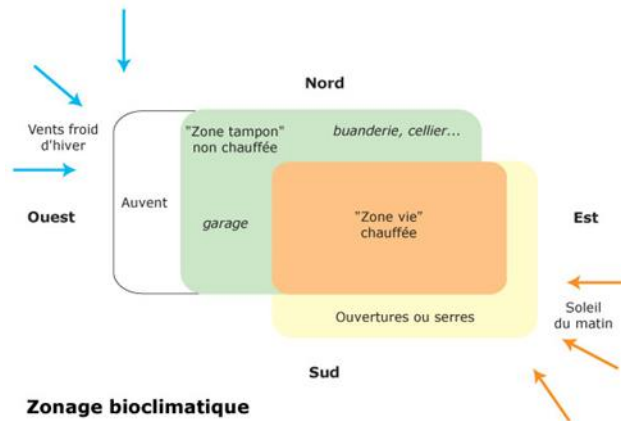


Figure 1 : distribution des espaces selon le trajet solaire. [14]

1.3.4 L'isolation thermique

L'isolation est une propriété des matériaux de construction qui peut réduire le transfert de chaleur entre deux environnements.

L'isolation thermique à trois fonctions principales dans un logement. La première consiste à augmenter le confort thermique en hiver comme en été. La deuxième est de minimiser la consommation énergétique pour le chauffage et / ou la climatisation. Alors que la troisième est de rendre l'habitat plus écologique en diminuant les pollutions liées au rejet des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. (Gacem, M. 2012)

L'isolation thermique est augmenté le confort thermique par le principe de règle le problème de parois froides en hiver et parois chaudes en été.

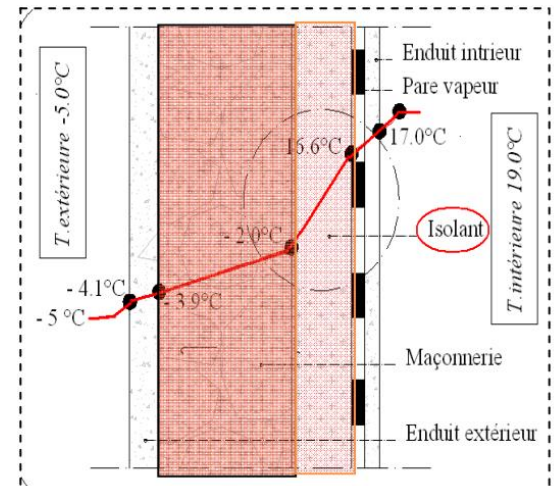


Figure 2 : Variation de la température dans une paroi isolée. [15]

1.3.4.1 L'Isolation intérieure

Ce type d'isolation est facile à mettre en œuvre, en mettant l'isolant sur la face intérieure du mur, en l'apposant derrière une cloison maçonnée ou une, dans ce type l'espace intérieur va réduire. Son inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie. [7]

1.3.4.2 L'Isolation extérieure

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur. Généralement cette technique nécessite une épaisseur faible de l'isolant. Elle a l'avantage de protéger globalement la structure du bâtiment, la suppression de tous les ponts thermiques, maintenir une inertie thermique élevée des murs intérieurs. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d
Les déperditions dans l'habitat.

1.4 Les déperditions dans l'habitat

Les déperditions dans un habitat réparties comme suivent :

- Toitures : 25 à 30 % ,
- Murs : 20 à 25 % ,
- Renouvellement d'air : 20 à 25 % ,
- Portes fenêtres : 10 à 15 % ,
- Plancher bas : 7 à 10 % ,
- Ponts thermiques : 5 à 10 %'été et d'hiver.

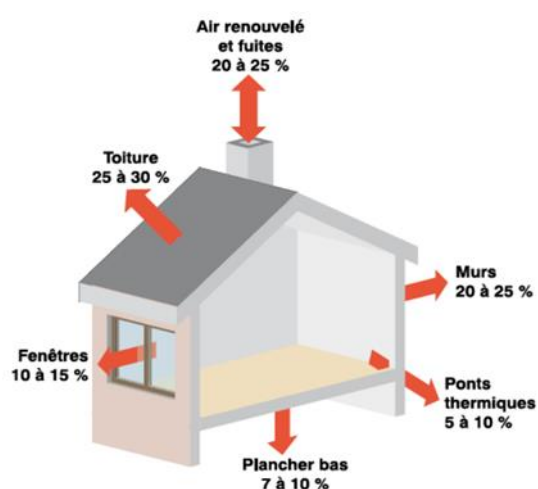


Figure 3 : Répartition des déperditions d'une maison familiale standard non isolée. [16]

1.4.1 Les Déperditions surfaciques par transmission

Sont les pertes qui passent par les murs, les toitures et les fenêtres par conduction à l'intérieure des parois ou vitrages, par convection et rayonnement sur les surfaces internes et externes aux parois.

1.4.2 Les Déperditions par renouvellement d'air

Sont dues aux infiltrations d'air à travers l'enveloppe causée par des défauts de conception et les ouvertures de ventilation.

1.4.3 Les ponts thermiques

Les ponts thermiques sont disposés au niveau des points ou présente des faiblesses dans l'enveloppe d'un bâtiment ou L'isolation est absente. Les ponts thermiques se trouvent à différents endroits d'une enveloppe :

- Jonction entre deux parois ;
- Jonction entre une paroi intérieure et une paroi donnant sur l'extérieur (mur de refend/terrasse, chape/balcon, chape/mur extérieur) ;
- Pourtour de baies vitrées, de portes.

1.5 Le Climat

Le climat est le résultat de l'ensemble des phénomènes météorologiques qui se combine entre eux. Il est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs, incluant la température, la vapeur d'eau, le vent, les radiations solaire et les précipitations dans un endroit particulier et à travers une période de temps. [8]

Le climat mondial a été classé selon plusieurs méthodes. Basé sur des considérations de confort thermique humain, y compris la réduction du climat de base par les méthodes suivantes. [9]

- Climat aride, chaud
- Climat méditerranéen

- Climat tempéré
- Climat froid
- Les climats tropicaux

1.5.1 Les principaux éléments climatiques

En général, et en particulier lors de la conception des bâtiments, les principaux facteurs climatiques que la conception urbaine doit prendre en compte, et Les facteurs qui affectent le confort humain sont **[10]** :

- Le soleil (radiations)
- La température
- L'humidité
- Le vent
- Les précipitations (pluies, neiges.)

1.5.2 Les zones climatiques en Algérie

- la zone A comprend le rivage de la mer et parfois le versant Nord des chaînes côtières,
- la zone B comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien ; au sein de cette zone, on distingue une sous-zone B' qui comprend la vallée du Chellif ;
- la zone C comprend les Hauts-Plateaux compris entre l'atlas tellien et l'atlas Saharien;
- la zone D comprend le Sahara, au sein de laquelle on distingue une sous-zone D'.

[11]

1.6 Le confort Thermique

Le confort est la sensation humaine de bien-être, Le confort selon Larousse « Tranquillité psychologique, intellectuelle, morale obtenue par le rejet de toute préoccupation. »

Le confort thermique est une sensation physique, liée à des paramètres physiques qui fait des interactions avec le corps humain qui affectent sur son état physique. Pour avoir le bien-être. Le confort thermique est le bilan équilibré entre les échanges thermiques du corps humain et de l'ambiance environnante. [12]

1.6.1 Les paramètres du confort thermique

1.6.1.1 La température de l'air(T_a)

C'est un paramètre important qui a un effet sur le bilan thermique de l'occupant par des échanges convectifs qui est l'un des termes principaux du bilan thermique.

La température est le facteur le plus influent sur le confort humain d'après « recommandation architecturale, 1993 » une température de l'air allant de 22°C à 27°C est acceptable.

1.6.1.2 L'humidité relative de l'air (HR)

D'une manière générale l'humidité c'est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

Elle a un effet négligeable sur la sensation de confort thermique, si la température d'air est confortable, sauf si elle est très élevée ou extrêmement bas. Il est admis des variations de l'humidité relative entre 19 à 65 % « recommandation architecturale, 1993 ».

1.6.1.3 La vitesse de l'air

Plus le mouvement de l'air est important plus le refroidissement du corps ou l'échange de chaleur par convection avec l'air ambiant est accéléré.

La vitesse de l'air intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s. [13]

1.6.1.4 Le rayonnement

Le rayonnement solaire est un facteur important à prendre en compte dans la conception bioclimatique. L'Architect doit en tirer profit dans les périodes hivernales et en éviter dans les périodes estivales.

1.6.2 Les indices de confort thermique

À partir d'études réalisées en laboratoire sous des conditions stables (l'individu, les vêtements, l'activité physique...), Fanger a développé le PMV et le PPD ; des indicateurs de confort thermique.

1.6.2.1 Le Vote Moyen Prévisible(PMV)

La mesure de sensation thermique d'un groupe important des personnes (plus de 1000), Placé après équilibre thermique dans un environnement spécifique. Les valeurs de l'indice PMV varient entre -3(froid) et 3(chaud). Ils présentent dans le tableau suivant :

VALEURS DE L'INDICE PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3
SENSATION THERMIQUE	froid	frais	Légèrement Frais	neutre	Légèrement tiède	tiède	chaud

Tableau 1 : Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques.

1.6.2.2 Pourcentage Prévisible D'insatisfaits(PPD)

N'existe aucune condition thermique qui vérifie la satisfaction à 100% des personnes, dans le cas le plus favorables il subsiste 5% d'insatisfaits. Le PPD est se présente en fonction de PMV comme ci-dessous :

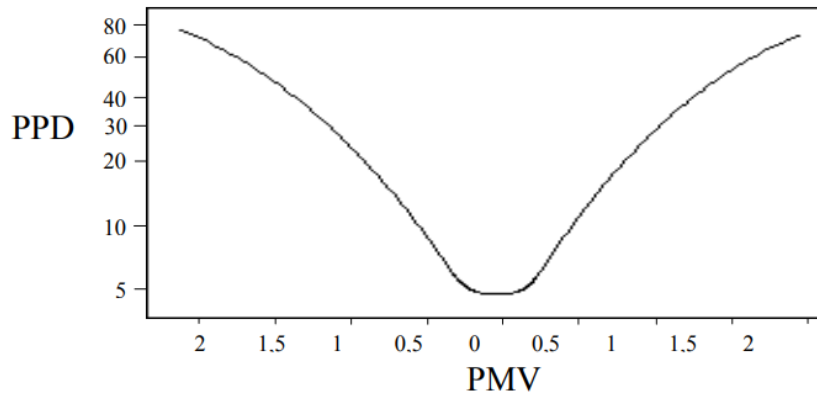


Figure 4 : le PPD en fonction de PMV d'après la norme ISO 7730. [17]

2 CHAPITRE 2 : Etude Bibliographique

2.1 Introduction

Dans ce chapitre on est recherché des publications scientifiques qui ont une relation avec notre thème de recherche. On va classer ces publications dans un tableau qui situe : le titre, les auteurs, le journal, la date ... pour chaque publication. Apres on va faire des études statistiques sur les publications.

	Titre	Auteurs	journal	impa ct factor	région	an née
1	INFLUENCE DE L'ISOLATION THERMIQUE INTERIEURE ET EXTERIEURE D'UN BATIMENT EN PIERRE SITUEE A GHARDAÏA	S.M.A Bekkouche, T. Benouaz et A. Cheknane	SBEIDCO – 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries		Algérie	2009

			ENSET Oran (Algeria)			
2	Modélisation de l'impact de l'isolation thermique sur la température intérieure	D. Medjelekh	Revue des Energies Renouvelables	0.0022	Algérie	2010
3	Test d'isolation réfléchissante pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments	Michalis Gr. Vrachopoulos , Maria K. Koukou, Dimitris G. Stavlas, Vasilis N. Stamatopoulos, Achilleas F. Gonidis, Eleftherios D. Kravvaritis	Central European Journal of Engineering	1.23 (2020)	Grèce	2011
4	Recyclage dans les bâtiments : étude de cas ACV d'un panneau d'isolation thermique en fibre de polyester, recyclé à partir de	Francesca Intini & Silvana Kühtz	The International Journal of Life Cycle Assessment	3.53 (2020)	Italie	2011

	bouteilles PET post-consommation					
5	Impact des matériaux d'isolation thermique externes légers sur l'environnement thermique environnant du bâtiment en été	LI Nan, LUO Guo-zhi, LI Bai-zhan, HUANG Yan-qi.	Journal of Central South University	0.345 (2020)	Chine	2012
6	Analyses sur les performances des isolants thermiques et multicouches par réflexion	LEE Moo-jin, LEE Kang-guk, SEO Won-duck.	Journal of Central South University	0.345 (2020)	Corée du Sud	2012
7	Développement de nouveaux panneaux isolants à base de textile Fibres recyclées	I. C. Valverde • L. H. Castilla • D. F. Nunñez • E. Rodriguez-Senín • R. de la Mano Ferreira•	Waste Biomass Valor	3.23 (2020)	Espagne	2012

8	Étude de la dépendance à l'épaisseur et à la densité de la conductivité thermique des matériaux isolants en polystyrène expansé	Akos Lakatos • Ferenc Kalma´r	Materials and Structures	3.05 (2020)	Hongrie	2012
9	Améliorer l'efficacité énergétique de la structure du bâtiment dans les climats chauds et humides grâce à l'isolation dynamique	Esam Elsarrag, Yousef Al-Horr , Mohammed Salah- Eldin Imbabi.	Building Simulation	2.472 (2020)	Qatar	2012
10	Amélioration des performances thermiques des fenêtres à l'aide d'un film isolant en aérogel pour les économies d'énergie des bâtiments	Junghoon Cha • Sughwan Kim • Kyung-Won Park • Dong Ryeol Lee • Jae-Hun Jo • Sumin Kim	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	2.731 (2020)	Corée du Sud	2013
11	L'impact du choix des matériaux de construction sur l'efficacité énergétiques d'un bâtiment résidentiel.	BOURSAS Abderrahmane ET MAHRI Zine Labidine.	7 th International Conference on Thermal Engineering: Marrakesh-Morocco		Algérie	2014

12	Etude comparative de l'impact de l'isolation thermique sur la performance énergétique des bâtiments résidentiels	BOURSAS Abderrahmane ET MAHRI Zine Labidine.	International Conference on Green Energy and Environmental Engineering		La Tunisie, l'Algérie et le Maroc.	2014
13	Effet de l'isolation thermique de l'enveloppe sur les besoins en chauffage d'une maison typique à Marrakech, simulation dynamique et monitoring	Issam SOBHY , Abderahim BRAKEZ, Brahim BENHAMOU.	CIFEM		Maroc	2014
14	Évaluation de l'énergie contenue dans le mur extérieur des bâtiments unifamiliaux dans la démarche d'optimisation de la performance énergétique	Katarina Slavković & Ana Radivojević	Energy Efficiency	2.45 (2020)	Serbie	2014
15	L'isolation dans les projets de bâtiments entre le choix et l'exigence	N. Bouacha Et L. Zeghradnia	Revue des Energies Renouvelables	0.0022	Algérie	2015

16	Un modèle simple et efficace pour la prédiction de la conductivité thermique effective des panneaux isolants sous vide	Ankang Kan, Liyun Kang, Chong Wang , Dan Cao.	Kan et al. Future Cities and Environment		Chine	2015
17	Optimiser la position des matériaux isolants dans les toits plats exposés au soleil pour obtenir un minimum de chaleur dans les bâtiments dans des conditions de transfert de chaleur périodiques	Saboor Shaik & Ashok Babu Puttranga Setty Talanki.	Environmental Science and Pollution Research	0.54 (2020)	Inde	2015
18	Un nouveau panneau composite d'isolation thermique externe préfabriqué avec finition en céramique pour la rénovation de bâtiments	Elisa Franzoni Barbara Pigino Gabriela Graziani Claudio Lucchese Alberto Fregni.	Materials and Structures	3.05 (2020)	Italie	2015
19	EFFET DES VARIATIONS DE TEMPERATURE ET DE DENSITE SUR LA CONDUCTIVITE THERMIQUE DES MATERIAUX	M. Khoukhia and M. Tahatb	Journal of Engineering Physics and Thermophysics	0.71 (2020)	Oman	2015

	ISOLANTS EN POLYSTYRENE DANS LE CLIMAT D'OMAN					
20	Évaluation de l'utilisabilité du mont Erciyes (Kayseri, Turquie)matériaux volcaniques comme matériaux de plâtre assurant l'isolation thermique	Bilgehan Kekeç	Arabian Journal of Geosciences	1.327 (2019)	Turquie	2015
21	Efficacité de l'isolation thermique des façades ventilées non ventilées en climat chaud	Mohammed A. M. Alhefnawi- Mohammed Abdu- Allah Al-Qahtany.	Arabian Journal for Science and Engineering	1.474 (2019)	Arabie Saoudite	2016
22	Solutions d'isolation thermique adaptées pour la Méditerranée conditions climatiques : une étude de cas pour quatre villes grecques	Dimitrios Anastaselos & Simeon Oxizidis & Agis M. Papadopoulos	Energy Efficiency	2.45 (2020)	Grèce	2016

23	Une étude sur le besoin énergétique résidentiel et l'effet du vitrage sur l'épaisseur optimale d'isolation	L. Derradji, K. Imessad c , M. Amara a,F. Boudali Errebai.	Applied Thermal Engineering	5.58 (2020)	Algérie	2017
24	Effet de la modification chimique et de l'amélioration de la formulation du polyuréthane : application de l'isolation thermique.	Z. Bakiri S. Nacef	Russian Journal of Applied Chemistry	0.84 (2020)	Algérie	2017
25	Mise en application de la nouvelle réglementation thermique algérienne du bâtiment	K. Imessad, R. Kharchi, S. Bouchaib, A. Chenak, S. Hakem A. Hamidat, S. Larbi-youcef, S. Sami et F. Sahnoune	Revue des Energies Renouvelables	0.0022	Algérie	2017

26	Modélisation des performances thermiques des murs extérieurs modernisés à partir de matériaux isolants et de briques à base de latérite modifiées	Elvis Wati & Pierre Meukam & Jean Claude Damfeu	Heat Mass Transfer	1.713 (2019)	Cameroun	2017
27	Préparation et propriétés des revêtements d'isolation thermique avec une poudre de coque modifiée au stéarate de sodium comme charge	Qiang Tang, Ya-meï Zhang, Pei-gen Zhang, Jin-jie Shi, Wu-bian Tian,	International Journal of Minerals	1.713 (2019)	Chine	2017
28	Une étude sur la variation des caractéristiques thermiques des matériaux d'isolation pour les bâtiments en fonction de la variation réelle du vieillissement annuel à long terme	yun-Jung Choi· Jae-Sik Kang· Jung-Ho Huh.	International Journal of Thermophysics	0,794 (2019)	Corée du Sud	2017
29	Possibilité d'utiliser le métakaolin comme matériau d'isolation thermique	Alaa M. Rashad	International Journal of Thermophysics	0,794 (2019)	Egypte	2017

30	L'énergie dans les bâtiments— Politique, matériaux et solutions	Matthias M. Kobel, Jannis Wernery and Wim J. Malfait	MRS Energy & Sustainability		Global	2017
31	Niveau d'isolation optimal pour une enveloppe écoénergétique des immeubles de bureaux	U. Batra S. Singhal	International Journal of Environmental Science and Technology	2.540 (2019)	Inde	2017
32	Effet de l'isolation thermique utilisant des déchets de cuir et de menuiserie sur le confort thermique et la consommation d'énergie dans un bâtiment résidentiel	Hicham Lakrafl & Soufiane Tahiri & Abderrahmane Albizane & Souad El Houssaini & Mohamed Bouhria	Energy Efficiency	2.45 (2020)	Maroc	2017
33	Analyse thermique et optimisation de l'épaisseur de l'isolant thermique à deux cavités dans les bâtiments	Mohammed Alnahhal· Mohamed Elnaggar· Ezzaldeen Edwan.	Arabian Journal for Science and Engineering	1.474 (2019)	Palestine	2017

34	Empreinte carbone des matériaux d'isolation thermique dans les enveloppes des bâtiments	Roman Kunič	Energy Efficiency	2.45 (2020)	Slovénie	2017
35	Sélection de matériaux d'isolation thermique des bâtiments par optimisation robuste	Menghua Sun & William B. Haskell & Tsan Sheng Ng & Alvin W. L. Ee.	The International Journal of Life Cycle Assessment	3.53 (2020)	Chine	2019
36	Etude numérique sur l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment pour bâtiments énergétiques dans les basses latitudes de la Chine	Tianqi Zhang, Dengjia Wang, Hui Liu , Yanfeng Liu, Hang Wu.	Building Simulation	2.472 (2020)	Chine	2019
37	Préparation et propriétés des microsphères de verre creuses revêtues de TiO ₂ en tant que matériaux d'isolation thermique pour les bâtiments économes en énergie	Chunyu Wu · Weilin Wang · Huiming Ji.	Transactions of Tianjin University	1.03 (2020)	Chine	2019

38	Caractérisation thermique expérimentale d'un mur extérieur à ossature bois en utilisant des pailles de roseau comme matériaux d'isolation thermique	Sergiu-Valeriu Georgescu • Camelia Cos, ereanu • Adriana Fotin • Luminit, a-Maria Brenci • Liviu Costiuc•	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	2.731 (2020)	Hongrie	2019
39	Recherche sur un matériau composite d'isolation à base de biomasse avec des géopolymères comme liants et des déchets forestiers comme charges	LI Hongqiang, ZOU Si , LIU Tiantian , WANG Shuang , ZOU Jun , ZHANG Xiaofeng , LIU Lifang , BAI Chengying , ZHANG Guoqiang.	Journal of Thermal Science	0.537 (2020)	Chine	2020
40	Recherche sur les propriétés d'isolation thermique des matériaux de construction composites à base de fibres végétales : un examen	Rongfei Zhao · Hongxu Guo ·Xing yan Yi · Wei Gao · Huaqian Zhang · Yikui Bai ·Tieliang	International Journal of Thermophysics	0,794 (2019)	Chine	2020

		Wang				
41	Development of new construction material for thermal insulation of building based on aggregate of waste paper and cement	Bouchaib Mandili & Mohamed Taqi & Hamid Chakir & Omar Douzane & Mohamed Errouaiti	Heat and Mass Transfer	1.867 (2019)	Global	2020
42	STABILISER LE RÉGIME DE TEMPÉRATURE D'UN LIT DE FONDATION GELÉ À L'AIDE DE MÉCANISMES D'ISOLATION THERMIQUE ET DE REFROIDISSEMENT	A. A. Plotnikov	Soil Mechanics and Foundation Engineering	0.99 (2020)	République de Sakha, Russie	2020
43	Étude des propriétés thermiques et de résistance d'un nouveau composite développé pour l'isolation en tant que	Fatih Koçyiğit	International Journal of Thermophysics	0,794 (2019)	Turquie	2020

	matériau de construction					
44	Étude du potentiel d'économie d'énergie dans les bâtiments utilisant un nouveau béton léger développé	Ahmet Erhan Ak an · Fatih Ünal · Fatih Koçyiğit.	International Journal of Thermophysics	0,794 (2019)	Turquie	2021

Tableau 2 : classification des publications

2.2 Des études statistiques sur les journaux

- On a 44 publications reparti sur 24 journaux et 5 conférences.
- Le pourcentage des publications dans les conférences : 11.36%
- Le pourcentage des publications dans les journaux : 88.64%
- Les journaux les plus fréquent : Energy Efficiency (4 publications) ; International Journal of Thermophysics (5 publications)
- Le journal qui a le plus grande impact factor : Applied Thermal Engineering égale à 5.58 en 2020.

2.3 Des études sur les publications par régions

pays D'étude	Algérie	Cameroun	Chine	Corée du Sud	Egypte	Espagne	Global	Grèce	Hongrie	Inde
nombre de publication	8	1	8	3	1	1	2	2	2	2

Italie	Arabie Saoudite	Maroc	Oman	Palestine	Qatar	Russie	Serbie	Slovénie	Turquie	Tunisie
2	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1

Tableau 3 : nombre de publication en fonction des pays.

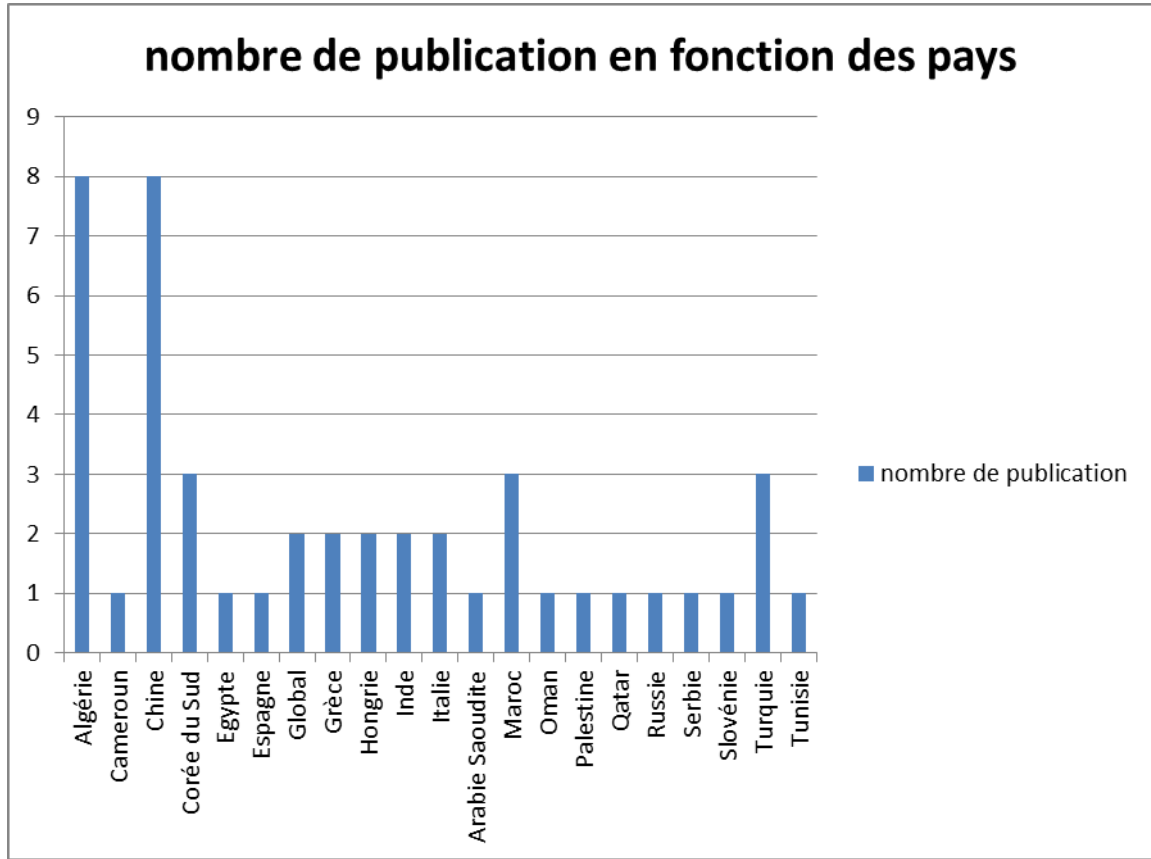


Figure 5 : nombre de publication en fonction des pays.

2.4 Des études sur les publications par années

années	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020	2021
nombres des publications	1	1	2	5	1	4	6	2	12	4	5	1

Tableau 4 : nombres des publications en fonction des années.

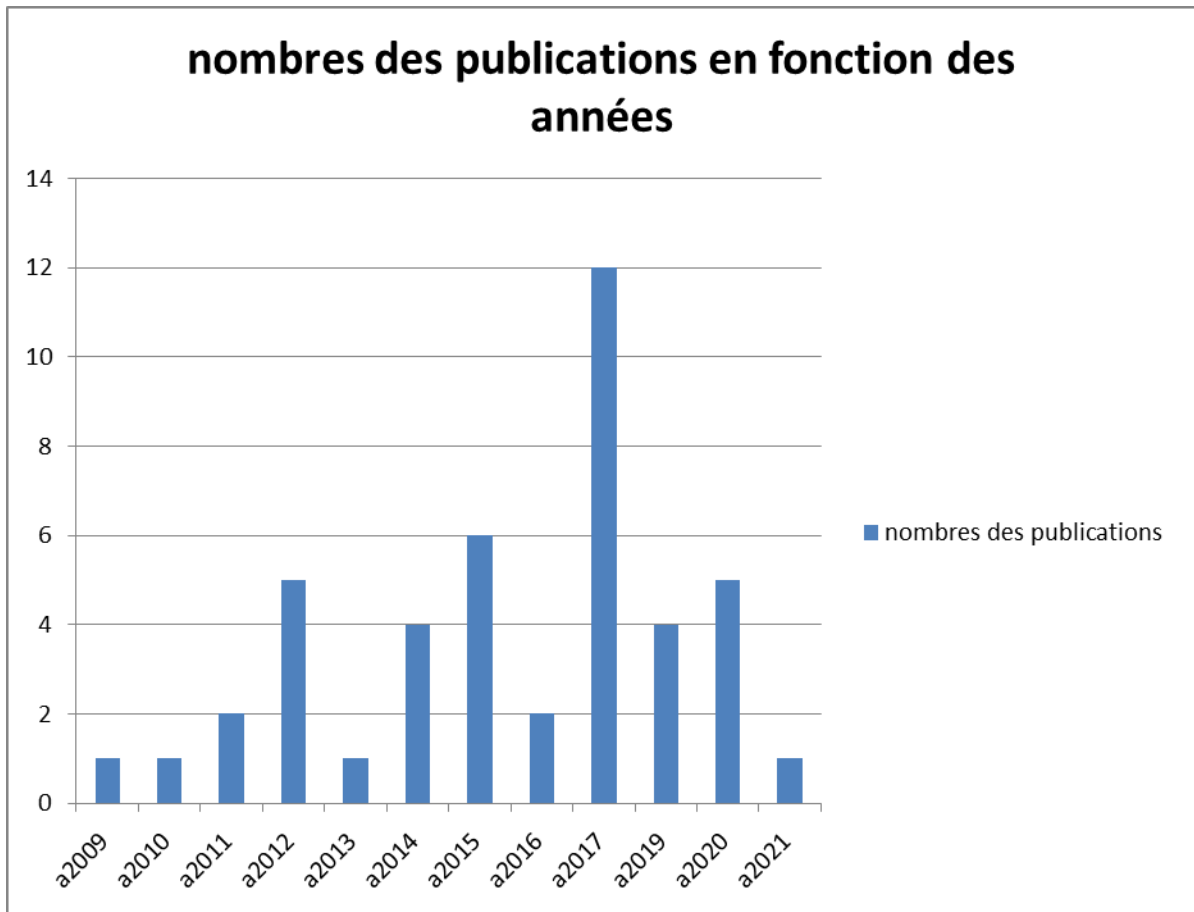


Figure 6 : nombres des publications en fonction des années.

3 Chapitre 3 : Construction Des Bâtiments Bioclimatique

3.1 TYPE DE BATT

Les promoteurs et les constructeurs proposent aujourd'hui trois styles majeurs de bâtiments. Chacun de ces types de bâtiments possède leurs particularités. Il est important de connaître les différents styles existants, surtout lorsqu'on l'on envisage la construction d'un bâtiment. Voici les différents types de bâtiments qui existent et leurs particularités. [18]

3.1.1 Bâtiment industriel

Un bâtiment industriel peut servir à de nombreuses fins. Il peut être utilisé pour stocker des matériaux, des produits ou même des animaux. Il peut également servir pour une chaîne de production ou d'atelier de réparation ou de construction. Les structures industrielles doivent allier la solidité à l'aspect pratique du lieu. Les principaux avantages de la construction d'un édifice de type industriel est qu'il est facile à monter, assez économique et qu'il peut être personnalisé. Car si la plupart prévoient dans leur construction une partie dédiée aux bureaux, celle-ci peut être adaptée aux besoins de l'entreprise et être rétrécie ou agrandie. [18]

3.1.2 Bâtiment tertiaire

Le secteur tertiaire regroupe toutes les activités liées aux commerces et destinées à recevoir du public. Les bâtiments de ce secteur peuvent donc être vraiment variés : écoles, hôpitaux, cliniques, magasins, grandes surfaces, sièges sociaux, locaux sportifs de collectivités... Une construction dans le secteur du tertiaire devra répondre à des normes plus strictes concernant la sécurité. Ceci se concrétisera notamment par la mise en place des systèmes d'évacuation d'urgence précis, d'accès pour handicapés, etc. Ces structures devront également mêler un certain confort et un certain esthétisme à leur aspect purement pratique. Ce sont en général des édifices plus longs et plus coûteux à construire et à entretenir et qui s'oriente peu à peu vers des considérations écologiques. [18]

3.1.3 Bâtiment mixte

Les constructions mixtes peuvent allier plusieurs types. Si certains allient habitations et activités tertiaires, il est de moins en moins rare aujourd'hui de voir apparaître des structures alliant l'industriel et le tertiaire. En effet, certaines entreprises peuvent réduire les coûts en installant leur vitrine commerciale et le lieu d'accueil des clients sur le même site que leur lieu de production ou de stockage. C'est un avantage de coût, mais cela demande une construction plus complexe. En effet, l'édifice devra correspondre aux normes qui permettent l'accueil du public ainsi que prévoir des espaces suffisamment grands pour la production ou le stockage. [18]

3.2 Les différents matériaux de construction

Construire se faire construire sa maison individuelle amène à faire des choix ; choix du terrain, du type de construction, du style de maison que l'on souhaite...Parmi les décisions primordiales qui précèdent la construction figure évidemment celle du choix des matériaux de construction. [19]

3.2.1 La brique

La brique est sans doute l'un des matériaux de construction les typiquement français ! Elle doit incontestablement son succès à ses grandes qualités thermiques ; la brique est en effet réputée pour ne pas laisser s'échapper la chaleur en hiver, mais conserver la fraîcheur en été, et préserver notre budget Énergie ! Depuis quelques temps, les briques alvéolaires prennent le pas sur les briques creuses classiques dans la construction, car elles ont une excellente capacité d'isolation. [19]

3.2.2 Le béton

Solide, stable, résistant, le béton a une excellente réputation parmi les différents matériaux de construction qui existent ! Pour nos travaux de gros-œuvre, on pourra choisir entre un des murs en béton cellulaire, robustes et légers (plus faciles à poser), ou des murs en béton armé, renforcés d'une armature métallique donc deux fois plus résistants encore, pour des fondations on ne peut plus stables. Mais quoi qu'il en soit, le béton s'avère toujours un choix sage, car c'est un matériau aux très bonnes capacités thermiques, régulateur d'humidité et très résistant. C'est aussi un excellent isolant. [19]

3.2.3 Le parpaing :

Parmi les différents matériaux de construction présents sur le marché, c'est le parpaing qui est aujourd'hui le plus utilisé. On le confond souvent avec le bloc de béton, mais le parpaing est en réalité un aggloméré ciment. Très solide, le parpaing possède également de bonnes qualités isolantes. Cerise sur le gâteau : le parpaing présente un rapport qualité/prix des plus favorables... [19]

3.2.4 Le bois

Ces dernières années, le bois a fait son grand retour dans l'arène de la construction, pour devenir l'un des matériaux les plus prisés. Les raisons d'un tel retour gagnant ? Sans doute son charme naturel et authentique, mais aussi son pouvoir isolant, 10 fois supérieur à celui du béton. Avec à la clé, de belles économies d'énergie... Et si l'on veut se construire soi-même une maison écolo avec de jolis murs en bois, on achète des briques de bois (ou parpaings de bois) que l'on pourra monter rapidement tout seul. [19]

3.2.5 La pierre

Parmi les différents matériaux de construction possibles, la pierre est sans doute celui qui a le plus de caractère et d'authenticité. En plus, c'est un des matériaux qui dure le plus dans le temps. Mais les qualités esthétiques de la pierre sont souvent éclipsées par son coût assez élevé ; un mur en pierre naturelle ou en pierre de taille, ça n'est malheureusement pas accessible à tous les budgets...Quoi que les pierres de parement permettent aujourd'hui d'avoir des murs en pierre chez soi ou en extérieur à moindre frais ! [19]

3.3 Conception bioclimatique

Une conception bioclimatique réussie est du point de vue des besoins thermiques une construction tendant vers l'autonomie. Dans cette conception intégrée, les divers équipements « actifs » permettant de gérer les calories gratuites du rayonnement solaire, de même que le système de ventilation nécessaire à l'optimisation thermique du bâtiment, ne sont plus que des « assistants », dont la consommation énergétique est minime. [20]

C'est l'architecture qui découle de la nature de la zone, et des déterminants de l'emplacement, de la direction et des matériaux de construction locaux, non seulement artistiquement et esthétiquement, mais aussi techniquement avec les déterminants de la chaleur, du froid et de l'éclairage ; C'est donc une architecture qui respecte la nature et ses ressources et offre à ses habitants le plus grand confort environnemental possible. [21]

Par conséquent, l'architecture durable ne limite pas la créativité des concepteurs. La pensée de cette architecture a émergé de l'architecture locale comme les villages de pêcheurs blancs disséminés sur les rives de la Méditerranée, ainsi que le caractère environnemental de l'architecture qui apparaît dans les matériaux de construction, la texture de la surface, voire la vitalité de la végétation entourant le site. [21]

Et bien sûr une bonne intégration de l'expression bioclimatique doit s'harmoniser avec le site de manière claire et efficace, car une architecture qui ne laisse pas de trace n'est pas une bonne architecture. [21]

3.3.1 Pour une conception énergétiquement efficace

- Bien analyser et prendre en compte le terrain, l'environnement proche et le microclimat (soleil, vent, végétation).
- Concevoir ensuite un dessin général de l'habitation présentant une bonne compacité et répartissant les différentes pièces suivant les orientations des façades.
- Isoler avec soin pour conserver la chaleur l'hiver et éviter qu'elle ne pénètre durant la saison chaude.
- Capter le soleil pendant la période de chauffage par les vitrages, une véranda ou des murs massifs, tout en se protégeant du rayonnement d'été.
- Stocker l'énergie dans la masse du bâtiment et amortir les variations de température grâce à l'inertie thermique.
- Limiter les infiltrations d'air parasites et prévoir un renouvellement de l'air utilisant au mieux la ventilation naturelle ou une ventilation contrôlée efficace.
- Laisser largement entrer la lumière du jour pour favoriser l'éclairage naturel, en veillant aux risques d'éblouissement ou de surchauffe.
- Choisir enfin un appoint de chauffage approprié peu polluant. [20]

3.4 CONCEPTION DE L'ENVELOPPE ET DE L'ARCHITECTURE

La première étape est la conception de l'architecture de la maison. [22] Celle-ci influe sur le comportement thermique de trois manières :

- Le volume et la nature des matériaux constituant l'habitation déterminent son inertie thermique, c'est-à-dire la vitesse à laquelle la température peut évoluer en son sein. Une forte inertie permet de ralentir l'effet des sollicitations thermiques sur la température du bâtiment ;
- La nature de l'enveloppe détermine la qualité de l'isolation de l'habitation. [22] Une enveloppe fortement isolante limitera les échanges thermiques entre le bâtiment et son environnement ;
- La forme du bâtiment enfin joue un rôle important dans l'interaction avec l'environnement. Plus les surfaces extérieures seront importantes, plus le flux solaire reçu sera important, de même pour les échanges convectifs avec l'extérieur.

La conception architecturale détermine l'énergie thermique contenue par l'habitation, la taille des échanges entre l'habitation et l'extérieur et l'impact de la variation de l'énergie thermique sur la température intérieure et donc sur le confort des occupants. L'objectif de la conception architecturale d'un point de vue thermique est de limiter au maximum les variations du niveau énergétique du bâtiment à travers les trois aspects cités. [23]

3.5 Stratégies de conception

3.5.1 EN HIVER (stratégie du chaud)

En hiver, Il importe de :

- Capter l'énergie solaire gratuite à travers les surfaces vitrées orientées au sud.
- Se protéger du froid, en isolant l'enveloppe extérieure du bâtiment et en minimisant les ouvertures subissant les vents froids au nord.

Conserver l'énergie accumulée à l'intérieur de l'habitat en recherchant la meilleure capacité d'accumulation dans les matériaux utilisés (inertie thermique).



Figure 7 : la stratégie du chaud. [24]

3.5.2 EN ETE (stratégie du froid)

En été, il faut :

- Se protéger de l'ensoleillement direct en rapportant un écran pare-soleil ou un écran de végétation caduque.
- Minimiser les apports internes de chaleur par le degré d'inertie des parois.
- Dissiper la chaleur excessive accumulée à l'intérieur de l'habitat en ventilant la nuit.
- Refroidir naturellement l'air par l'utilisation de plans d'eau extérieurs.
- Minimiser les apports internes de chaleur.

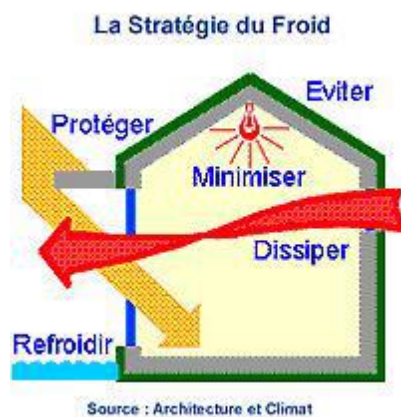


Figure 8 : La stratégie du froid. [24]

3.5.3 LA STRATEGIE DE LA LUMIERE NATURELLE

- L'habitat bioclimatique s'emploie à tirer le meilleur parti possible de la lumière naturelle (stratégie de la lumière naturelle).
- Contrairement aux apports solaires, toutes les orientations peuvent apporter de la lumière naturelle.
- Elle varie bien sûr en qualité et quantité, le but étant d'assurer un éclairage suffisant et uniforme suivant les fonctions des pièces et le type d'activités.
- Par contre un trop fort rayonnement solaire peut être source de gêne, dans ce cas on tentera de contrôler l'éclairage de la lumière naturelle en évitant l'éblouissement, par la mise en place de stores, voilages, écrans mobiles, etc...



Figure 9 : La stratégie de l'éclairage naturel. [24]

3.6 Maison passive

Une maison passive est une maison qui consomme très peu d'énergie tout au long de l'année pour maintenir le confort. Sa structure maximise le rayonnement solaire, chauffant ainsi les objets, les sols et les murs, réduisant ainsi les besoins de chauffage en hiver. C'est son orientation, sa structure, ses propriétés d'isolation thermique et d'étanchéité qui lui permettent de réduire significativement ses besoins en chauffage. Il existe différents types de maisons dites « passives », et ce concept a évolué avec le développement des connaissances humaines, porté par l'expérimentation et la recherche. [25]

3.6.1 Maison « basse énergie »

Bâtiment dont la consommation d'énergie de chauffage est inférieure à 70kWh/m²/an et à 55kWh/m²/an pour les plurifamiliales, ces normes, fixées par l'EnEV (Energieeinsparverordnung), étant liées en Allemagne à l'attribution de subventions. [20]

3.6.2 Maison « zéro énergie »

Bâtiment autonome au niveau énergétique, c'est à dire qu'il produit l'énergie. [20]

3.7 Classe énergétique des bâtiments :

La classe énergétique sert à indiquer le niveau de performance énergétique d'une habitation. Désormais, ces informations doivent obligatoirement être transmises pour toute mise en vente ou en location d'un logement. [26]

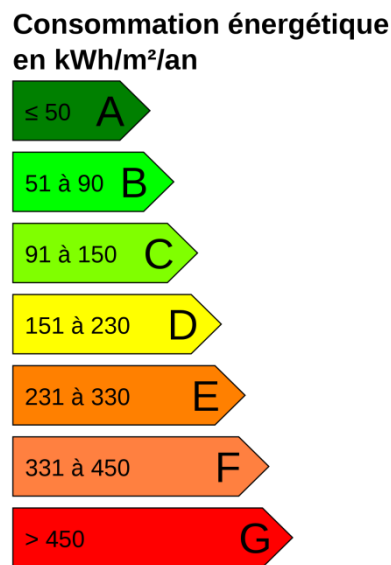


Figure 10 : Classe énergétique des bâtiments. [53]

C'est à l'issue d'un Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) que l'on peut définir la classe énergétique d'un logement. [26]

Cet indicateur permet d'informer clairement sur la consommation énergétique d'un logement mais aussi sur ses émissions de gaz à effet de serre. Chaque propriétaire qui souhaite mettre en vente ou louer une habitation est désormais obligé de transmettre ces informations. [26]

Cette réglementation, au-delà de la volonté de mieux informer les candidats acquéreurs ou locataires sur la performance énergétique du bien immobilier qu'ils convoitent, constitue un véritable outil de lutte contre les passoires énergétiques et un vecteur essentiel en faveur de la rénovation énergétique des bâtiments. [26]

3.7.1 La définition de la classe énergétique d'une habitation

Ce diagnostic doit être réalisé par des professionnels certifiés par un organisme accrédité, impartial et indépendant. Cet expert va évaluer la consommation d'énergie annuelle du logement, exprimée à la fois en kWh et en euros, son positionnement en consommation d'énergie et en émission de gaz à effet de serre. Il effectuera le descriptif du bien résidentiel, en considérant notamment l'isolation du bâti mais aussi les éléments participant au chauffage et à la ventilation. Enfin, il proposera des recommandations visant l'amélioration de la performance énergétique de l'ensemble et la réalisation d'économies d'énergie.

Au terme du DPE, à partir de l'ensemble des critères pris en considération, une classe énergétique, entre A et G, sera attribuée au logement.

Cette note est définie selon une méthode de calcul standard, permettant la comparaison entre les logements. Elle ne constitue cependant pas une garantie du niveau de consommation. En effet, de mauvaises habitudes d'utilisation peuvent entraîner une consommation supérieure au niveau indiqué. [26]

3.7.2 L'interpréter de la classe énergétique d'une habitation

La classe énergétique d'un logement est principalement exprimée par une note située entre A et G. C'est elle qui indique à la fois la consommation énergétique, en énergie primaire, de l'habitation ainsi que son volume d'émissions de gaz à effet de serre.

La consommation énergétique se calcule en kWh/m² par an. Plus on se rapproche de la note A, plus l'habitation est économe en énergie. Plus on se rapproche du G, plus elle est énergivore. [26]

3.8 Adaptation des matériaux de construction avec le climat en France

Lors de l'élaboration de référentiels de bâtiments durables et d'autres initiatives sur l'impact du changement climatique pour le secteur immobilier. La réponse n'est pas aisée, non seulement parce que les bâtiments, aux usages et performances différenciés, sont érigés sur un territoire dans un environnement spécifique, mais aussi parce que l'ampleur du changement climatique reste soumise à des scénarios d'évolution différents. La variation entre 1,5° et 2° de réchauffement, telle qu'analysée et présentée dans le Rapport du GIEC en octobre 2018, s'accompagne d'impacts significativement différents, alors que la soutenabilité de ces objectifs est elle-même interrogée.

Si la définition des émissions de gaz à effet de serre tend à être connue aujourd'hui, celle de l'adaptation au changement climatique et des termes connexes d'exposition et de vulnérabilité aux aléas, sans doute moins rencontrés, méritent d'être explicités.

L'adaptation au changement climatique, selon le GIEC, est « une démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences ». [27]

Les conséquences, impacts potentiels et donc risques de changement climatique découlent de la vulnérabilité et de l'exposition aux aléas. Par vulnérabilité, on entend la « propension ou prédisposition à subir des dommages ». L'exposition est quant à elle définie par « la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte susceptibles de subir des dommages ». Les aléas concernent « l'apparition potentielle d'événements physiques naturels ou induits par l'homme, ou une tendance qui peut causer des pertes humaines, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, tout comme des dégâts et pertes immobilières et d'infrastructures, ... ». [27]

3.8.1 Des risques communément définis, mais spécifiques à chaque projet de construction et/ou rénovation !

Comme défini ci-dessus, il est convenu de désigner les risques d'adaptation au changement climatique comme la combinaison de l'exposition à une évolution tendancielle du climat, de ses aléas et d'une vulnérabilité, conduisant à des conséquences possibles, négatives ou positives.

Chaque territoire et chaque bâtiment est exposé à des risques différents. Une illustration de ces risques est apportée par l'infographie ci-dessous, qui présente pour un aléa donné, le risque pour les composants d'un bâtiment. [27]

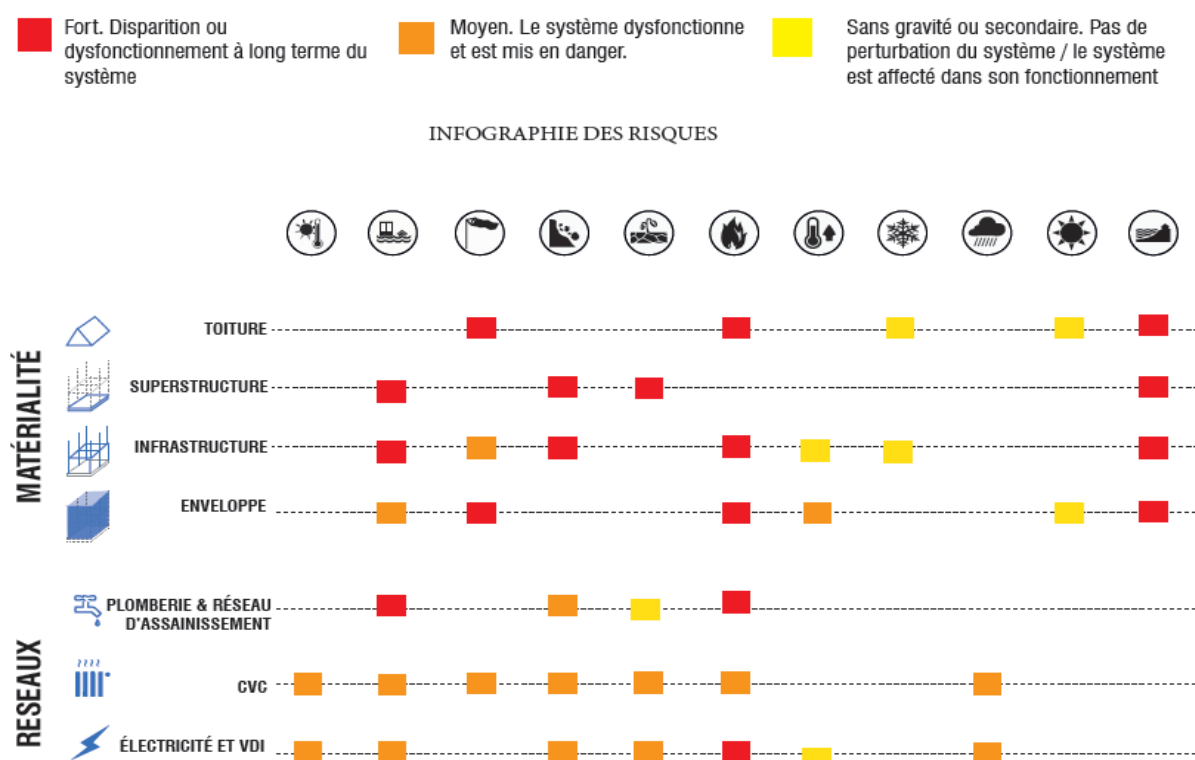


Figure 11 : les risques d'adaptation au changement climatique. [29]

3.8.2 Mieux intégrer l'adaptation au changement climatique dans la planification de la conception et de la mise en œuvre des bâtiments, dans une perspective de cycle de vie

Le sujet de l'adaptation au changement climatique est récent pour le secteur de la construction. Comme pour d'autres enjeux, il est utile de le prendre en compte explicitement dès la phase initiale du projet de construction et/ou de rénovation, dans une perspective de

cycle de vie. La période couverte peut-être de quelques années, par exemple pour un bâtiment d'activité, ou de plusieurs siècles pour un bâtiment culturel. [27]

Sa prise en compte peut s'appuyer sur des dispositions réglementaires ou volontaires, référentiels, méthodes, outils, et capacités des acteurs de la construction. [27]

- Pour les projets de construction soumis à une étude d'impact environnementale règlementaire, depuis 2018, en relation avec les documents de planification territoriale et urbaine, le code de l'environnement impose en son article 122-5 l'évaluation « Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ». Bien que récente, cette disposition installe les nouveaux projets de construction concernés dans le contexte de l'adaptation au changement climatique. [27]

- La préfiguration de la RE2020 avec le référentiel E+C-, applicable à tous les bâtiments de plus de 50 m² pour l'ensemble des typologies concernées, prévoit d'intégrer une exigence de confort d'été, en s'appuyant sur données météorologiques récentes, tenant mieux compte des épisodes caniculaires. Cette disposition permet de mieux répondre au constat d'une évolution tendancielle de la température moyenne annuelle avec une fréquence, une intensité et une durée de période caniculaire plus longue. [27]

- S'il existe depuis 2019 une norme d'adaptation au changement pour les organisations « Adaptation au changement climatique — Principes, exigences et lignes directrices - ISO 14090 : 2019 », une déclinaison pour les ouvrages de construction n'est pas encore disponible. [27]

- Les méthodes actuelles sont donc généralement développées par des organisations publiques ou privées, laissant aux applicateurs la responsabilité d'intégrer de manière proportionnée le niveau d'exigence à prendre en compte pour répondre aux attentes des maîtres d'ouvrages et des parties concernées. De ce point de vue, les référentiels

de bâtiments durables prévoient dorénavant une rubrique d'exigences pour l'adaptation au changement climatique (HQE ®, LEED ®, BD, ...). [27]

➤ Des outils ont été développés depuis quelques années en France, combinant des moyens d'évaluation numériques, des bases de données et des fiches pratiques reposant sur des retours d'expériences, tels que :

- Le Diagnostic de Performance Résilience (DPR), proposé par la Mission des Risques Naturels
- Le Diagnostic de site BAT-ADAPT, proposé par l'observatoire de l'immobilier durable
- Les fiches outils vulnérabilité, mises à disposition par l'Association Qualité Construction
- De par ses dimensions transversale et spécifiques à chacun des risques climatiques, la capacité des acteurs sur ces sujets est appelée à se développer, notamment pour :

- ✓ La planification, l'assistance, l'évaluation, la conception, l'ingénierie, la vérification, l'assurance ;
- ✓ L'aménagement de la parcelle, les sols, sous-sol, l'eau et le végétal ;
- ✓ La construction de l'ouvrage ;
- ✓ Les composants de l'ouvrage ;
- ✓ La gestion, l'entretien, la rénovation ;
- ✓ Les usages ; [27]

Le champ de l'adaptation au changement climatique pour le cadre bâti émerge progressivement, tant au niveau de la programmation, du diagnostic, des préconisations, que de la conception et de l'ingénierie de projet de construction. [27]

4 Chapitre 4 : L'impact des matériaux isolants sur les bâtiments

4.1 Matériaux isolants

Un isolant thermique est un matériau qui limite les échanges de chaleur par conduction entre deux systèmes, et ainsi, évite les fuites de chaleur, ou son entrée, dans un bâtiment, suivant les saisons et la température extérieure. [31]

Un matériau est généralement considéré comme étant un isolant thermique lorsque la valeur de sa conductivité thermique est inférieure à 0,065 W/m. °C. [32]

4.2 Classification des matériaux isolants

4.2.1 Les matériaux isolants inorganiques

Composés de fibres ou d'alvéoles tels que le verre, l'amiante, la laine de roche, le silicate de calcium, la perlite.

4.2.2 Matériaux isolants organiques

Fibreux tels que le coton, la laine animale et les roseaux, ou matériaux cellulaires tels que le liège, le caoutchouc mousse, le polystyrène ou le polyuréthane.

4.2.3 Matériaux isolants métalliques

Tels que le papier d'aluminium et l'étain réfléchissant.

➤ Il existe un autre classement des matériaux isolants en cinq catégories [31] :

- Isolants thermiques synthétiques ;
- Isolants thermiques minéraux ;
- Isolants thermiques végétaux ;
- Isolants thermiques d'origine animale ;
- Isolants thermiques minces.

4.3 Formes de matériaux isolants

4.3.1 Des matériaux isolants liquides

Généralement sous forme de granulés ou de poudre, qui sont généralement versés entre les parois, ou tout espace clos, ou pulvérisés à l'endroit souhaité, de sorte qu'il devient une couche isolante telle que la mousse de polyuréthane. Il peut également être mélangé avec d'autres matériaux. Il est notamment utilisé pour combler les espaces irréguliers.

4.3.2 Matériaux isolants flexibles

Qui diffèrent par leur degré de flexibilité et de sensibilité à la flexion ou à la pression et se présentent sous forme de rouleaux ou de pièces et sont fixés avec des vis telles que la laine de verre et de roche et le papier d'aluminium.

4.3.3 Matériaux isolants solides

Ils se présentent sous forme de panneaux aux dimensions et épaisseurs spécifiques, comme le polyuréthane et le polystyrène.

4.4 Qualité des isolants thermiques

La conductivité thermique et le prix ne sont pas les seules caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un isolant, Les caractéristiques suivantes sont au moins aussi importantes [34] :

4.4.1 Résistance au feu

Pour de raisons de sécurité évidentes, il est interdit d'utiliser des matériaux de construction facilement inflammables. En fonction du type de bâtiment, il faut choisir un produit adapté avec l'emplacement lorsqu'il y a proximité d'une source de chaleur intense. En suisse, on distingue 6 classes d'inflammabilité:

- S'enflamme très facilement
- S'enflamme facilement
- Facilement combustible
- Moyennement combustible
- Difficilement combustible

- Incombustible.

4.4.2 Résistance à la chaleur

Les matériaux isolants utilisés en toiture plate (exposé au soleil) doivent résister à long terme aux températures élevées (70 °C et plus). Ils ne doivent pas trop se déformer (dilater) sous l'effet des variations de température.

4.4.3 Résistance mécanique

L'isolation des dalles, des planchers, ou des ouvrages souterrains nécessite des matériaux qui résistent à la compression. La résistance des isolants à la compression est mesurée par la contrainte nécessaire pour diminuer l'épaisseur d'un échantillon de 10%. La résistance à la compression doit être d'au moins 110 kPa pour l'utilisation en toiture plate.

L'isolation thermique extérieure nécessite un matériau isolant qui résiste dans une certaine mesure à la traction, de manière que les couches d'isolant thermique ne se séparent pas sous l'effet du vent. La résistance à la traction est donc mesurée dans le sens de l'épaisseur des panneaux.

4.4.4 Etanchéité à l'air

Il est important pour le fonctionnement d'un bâtiment efficient sur le plan énergétique que son enveloppe soit imperméable à l'air (n'y ait pas d'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur).

L'étanchéité à l'air n'est pas forcément assurée par un matériau d'isolation thermique, car cette fonction doit généralement être remplie par une autre couche de l'enveloppe, à savoir la structure porteuse de la paroi, une feuille d'étanchéité ou un revêtement intérieur (enduit par exemple).

4.4.5 Absorption d'eau

Un matériau humide perd son pouvoir isolant. Les isolants en contact avec de l'eau (en toiture inversée ou en contact avec le terrain) ne doivent donc pas absorber d'eau.

4.4.6 Résistance à la diffusion de vapeur d'eau

La vapeur d'eau diffuse au travers des matériaux qui sont poreux, et tend à se condenser dans les zones froides, donc notamment du côté froid de la couche isolante. Pour limiter les risques de dégâts dus à la condensation, on peut réduire le flux de vapeur d'eau en plaçant des matériaux qui offrent une forte résistance à la diffusion de vapeur d'eau.

4.5 L'Isolation des vitrages

Dans le bâti ancien non rénové, la fenêtre correspond, souvent, à la partie fragile de l'isolation thermique, les pertes thermiques liées aux vitrages dans une maison non isolée sont de l'ordre de 13 % des déperditions totales. Aujourd'hui, il existe des fenêtres qui ont le rôle d'un isolant (double et triple vitrage). [35]

Une fenêtre à double-vitrage est composée de deux lames de verre, une couche d'air ou de gaz (comme de l'argon) entre eux. Généralement, chaque verre à 4 mm d'épaisseur et l'épaisseur de la lame d'air varie entre 12 et 16mm. [35]

Le Triple vitrage à une différence sur le nombre de vitrages, ils sont composés de trois vitres et donc deux lames d'air. [35]

4.6 Types courants de matériaux d'isolation thermique

4.6.1 Polystyrène expansé

Il se compose de plusieurs produits chimiques organiques, et il est fabriqué sous forme de panneaux ou de moules qui sont découpés en panneaux, sections ou autres, et il est couramment utilisé dans l'isolation des toitures. Sa conductivité thermique égale à 0.039 W/(m.°K).

4.6.2 Laine de roche

Elle est fabriquée à partir d'un matériau rocheux trouvé dans la nature d'origine minérale, et elle se présente sous la forme de rouleaux et est très similaire à la laine de verre. Sa conductivité thermique égale à 0.041 W/(m.°K).

4.6.3 Panneaux de Liège

C'est un matériau isolant d'origine végétale, et sans doute un des matériaux les plus anciens utilisés par l'homme pour isoler son habitat. Sa conductivité thermique égale à $0.040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

4.6.4 Laine de mouton

La laine de mouton est une fibre complète qui due part ces propriétés naturelle constitue une excellente solution d'isolation écologique. La laine de mouton c'est un isolant d'origine animale souple et léger qui s'adapte a des nombreux supports et à la plupart des travaux d'isolation. Sa conductivité thermique égale à $0.040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

4.7 L'efficacité des matériaux isolants

Les matériaux synthétiques ou plastiques ont des performances plus pauvres par rapport aux matériaux naturels, compte tenu de l'évaluation globale de l'impact sur l'environnement. [36]

Dans le même temps, ces matériaux sont extrêmement robustes, compacts, stables et installés plus facilement. Ils ont besoin de moins de maintenance, sont généralement plus résistants aux influences externes et ont souvent une conductivité thermique inférieure, malgré leur densité extrêmement faible. [36]

L'isolation thermique doit être classée au sommet des investissements les plus efficaces en matière d'économie d'énergie et de réduction conséquente de l'impact de l'environnement des bâtiments. [36]

4.7.1 L'efficacité de Polystyrène expansé

L'isolation du plancher bas avec le Polystyrène expansé a un impact négatif sur le besoin énergétique total. [37]

L'isolation des murs extérieurs apporte un gain énergétique, par contre l'isolation de la toiture dépasse largement celle des murs extérieurs, de plus l'isolation de la toiture permet une baisse du besoin énergétique en chauffage et en climatisation simultanément en fonction de l'augmentation de l'épaisseur contrairement à l'isolation des murs extérieurs qui après une certaine épaisseur le besoin en climatisation augmente. [37]

Une épaisseur de polystyrène expansé différente dans chaque cas est suffisante pour garantir un résultat convenable. [37]

4.7.2 L'efficacité de lame d'air

Les façades à lame d'air ont montré une plus grande efficacité dans la réduction des charges de chauffage que les charges de refroidissement. Les valeurs d'efficacité de réduction étaient deux fois plus élevées dans la saison d'hiver que pendant la saison d'été. [38]

Ainsi, le rôle des façades à lame d'air en tant qu'isolants thermiques pourrait être plus efficace lorsque l'hiver est plus long que l'été (les saisons de chauffage sont plus longues que les saisons de refroidissement). Ils ont une efficacité contrainte en protection thermique dans les lieux chauds-humides. [38]

L'isolation des murs extérieurs par une lame d'air nous permet de réduire la charge de chauffage de presque 21%. [39]

4.7.3 L'efficacité de l'isolation réfléchissante

Pendant la période hivernale, l'isolation réfléchissante permet la réflexion de la chaleur vers l'intérieur de la salle d'essai et ainsi la chaleur y reste, provoquant la stabilisation de la température interne et la diminution respective de la charge thermique. [40]

L'existence d'une isolation réfléchissante pendant la période estivale évite la surchauffe à l'intérieur de la chambre expérimentale. Une meilleure atténuation des variations de température est obtenue et un comportement normal dans la variation de température à travers la construction du mur est remarqué. [40]

L'isolateur de réflexion multicouche maintient la température de surface côté intérieur élevée (en hiver) ou basse (en été), améliore le confort des occupants du bâtiment. De plus, l'isolateur de réflexion thermique, peut économiser l'énergie d'environ 4,5 fois si l'isolateur de réflexion multicouche est utilisé pour les murs extérieurs des bâtiments. [41]

4.7.4 Les fibres végétales

On pense que la faible conductivité thermique de ce matériau est principalement due au fait que les fibres végétales sont de mauvais conducteurs de chaleur, et lorsque l'énergie thermique s'écoule perpendiculairement à la direction des fibres de paille, les fibres peuvent jouer un rôle en empêchant la transmission. Il est réalisable comme matériau d'isolation thermique. [42]

Les propriétés thermiques des matériaux composites en fibres végétales sont favorables à l'isolation thermique et ont de bonnes performances d'isolation thermique, empêchant effectivement la chaleur de la serre de se transmettre à l'extérieur à travers le mur, mais cela ne favorise pas l'accumulation de chaleur. [42]

4.7.5 Les déchets de cuir et de menuiserie

Sont connus par leur l'abondance (prix bas) et leurs propriétés bénéfiques comme une faible densité et une faible conductivité thermique.

Les différences moyennes de températures observées par rapport aux locaux non isolés montrent clairement la capacité d'isolation thermique des déchets de cuir et de menuiserie pendant les périodes froides et chaudes de l'année. L'économie d'énergie maximale a donc été obtenue en utilisant les poussières de polissage générées par l'industrie du cuir. Les résultats ont montré que leur utilisation, avec une épaisseur de 7,5 cm, permet d'économiser plus de la moitié (56,9%) de la consommation énergétique annuelle. [43]

L'utilisation de ces déchets de matériaux peut contribuer à résoudre les problèmes dus au traitement des grandes quantités de déchets industriels générés.

4.7.6 La fibre de verre

Les matériaux isolants inorganiques tels que la fibre de verre ou la laine minérale sont extrêmement vulnérables à l'humidité, de sorte qu'ils ont absorbé de l'eau 4 à 8 % de leur poids et que la conductivité thermique a augmenté de plus de 4 fois, de sorte qu'il est difficile de s'attendre à une bonne performance en tant qu'isolant dans une zone très humide. [44]

4.8 Le changement climatique

Le changement climatique est un changement à long terme des régimes météorologiques moyens qui définissent les climats locaux, régionaux et mondiaux de la Terre. Ces changements ont un large éventail d'effets observés qui sont synonymes du terme.

Les changements observés dans le climat de la Terre depuis le début du 20e siècle sont principalement dus aux activités humaines, en particulier la combustion de combustibles fossiles, qui augmente les niveaux de gaz à effet de serre piégeant la chaleur dans l'atmosphère terrestre, augmentant la température moyenne de la surface de la Terre. Ces augmentations de température produites par l'homme sont communément appelées réchauffement climatique. [45]

4.9 Réchauffement climatique

Il est le plus souvent mesuré comme l'augmentation moyenne de la température de surface globale de la Terre. Depuis la période préindustrielle, on estime que les activités humaines ont augmenté la température moyenne mondiale de la Terre d'environ 1 °C, un nombre qui augmente actuellement de 0,2 degré Celsius par décennie. Il est sans équivoque que l'influence humaine a réchauffé l'atmosphère, l'océan et la terre. [45]

4.10 La relation entre les bâtiments et le changement climatique

Les bâtiments et leur construction représentent ensemble 36% de la consommation mondiale d'énergie et 39% des émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie chaque année.

Les émissions des bâtiments, telles qu'elles sont généralement mesurées, sont une combinaison de deux choses. La première est la consommation d'énergie au jour le jour, connue sous le nom d'« émissions de carbone opérationnelles » qui proviennent de l'alimentation électrique de l'éclairage, du chauffage et de la climatisation. Deuxièmement, la quantité de carbone générée par la fabrication de matériaux de construction, le transport des matériaux vers les chantiers de construction et le processus de construction proprement dit, ce que l'on appelle le « carbone incorporé d'un bâtiment ». [47]

Par contre le changement climatique aussi a un effet sur le bâtiment, essentiellement il change les caractéristiques physiques des matériaux de construction, qu'impactant directement sur le bâtiment. Le changement climatique crée une vulnérabilité sur le confort thermique des bâtiments. [48]

La chaleur estivale cause des dommages indirects plutôt que directs aux bâtiments, par exemple en réduisant le confort intérieur. [49]

4.11 L'effet de changement climatique sur la consommation d'énergies des bâtiments

Dans un climat changeant, il devient absolument nécessaire une analyse régionale et localisée du climat et des stratégies passives dans la conception des bâtiments. Les régions sont différemment affectées par le changement climatique mondial, en fonction de facteurs locaux tels que l'orographie, les montagnes et les grands réservoirs d'eau. [50]

Une analyse de robustesse a montré que le changement climatique rend les performances des bâtiments instables et cela se produit dans toutes les villes, dans tous les scénarios. L'instabilité augmente lorsque le climat est plus chaud. Le changement climatique futur peut rendre un modèle optimal sous-optimal. Ce défi a ouvert des domaines de recherche potentiels, à savoir « l'optimisation de la robustesse dans des conditions de changement climatique » et « l'optimisation en tant que mesure émergente pour atténuer l'impact du changement climatique ». [51]

La période de surchauffe plus longue peut surcharger les systèmes de refroidissement du bâtiment fonctionnant à leur capacité actuelle. [51]

4.11.1 En hiver

Le réchauffement climatique a considérablement augmenté la tendance négative des jours de confort, qui est clairement visible à la fois à l'intérieur du bâtiment et à l'extérieur du bâtiment. D'autre part, bien que le processus de réchauffement climatique ait augmenté le nombre de jours d'inconfort chaud, un certain nombre de jours d'inconfort froid sont

également en baisse, que ces conditions, basées à la fois sur les seuils de confort thermique et les sorties PMV, ont donné des résultats similaires. [52]

Dans une expérience en argentine, une moindre participation relative de l'énergie de chauffage dans la consommation totale sera observée dans tous les sites. De même, pour chaque augmentation de 1 °C de la température extérieure moyenne mensuelle en hiver, une diminution de 3,0 kWh/m² par mois est prévue. [50]

4.11.2 En été

Généralement, en raison de l'augmentation de la température ambiante, la capacité de l'air à absorber plus de vapeur d'eau augmentera. Dans une étude menée en Iran, on remarque que l'augmentation annuelle de l'humidité relative pour les années 2060 par rapport à la décennie varie entre 4.46% et 6.56% dans les régions d'Iran. Donc ça demande une augmentation d'énergies de refroidissement pour confirmer le confort thermique des habitants. [52]

Dans une étude, a été trouvée une relation linéaire entre la consommation d'énergie et la température extrême moyenne de l'air extérieur à la fois, en hiver et en été. Ainsi, pour chaque augmentation de 1 °C de la température extérieure moyenne mensuelle en été, une augmentation d'environ 2,2 kWh/m² par mois est prévue. En outre, la demande d'électricité pour le refroidissement augmentera à l'avenir et exercera une plus grande pression sur le futur réseau. Cette question devrait donc être incluse dans les discussions politiques sur les investissements énergétiques actuels et futurs. [50]

4.12 Conclusion

L'isolant thermique c'est un matériau qui limite les échanges de chaleur par conduction entre deux systèmes, la valeur de conductivité thermique d'un matériau isolant doit être inférieure à 0.065 w/m. °C.

Dans le bâti ; la fenêtre est la partie fragile de l'isolation thermique, pour isoler les fenêtres on utilise le double ou le triple vitrage ce dernier est le plus efficace.

Les matériaux synthétiques comme le polystyrène sont plus efficace par rapport aux matériaux naturels.

L'isolation thermique c'est un investissement efficace pour l'économie d'énergie de chauffage ou de climatisation.

L'isolation des murs extérieurs et des toitures avec le polystyrène expansé permet une baisse énergétique en chauffage et en climatisation, par contre l'isolation des plancher bas a un impact négatif sur les besoins énergétiques.

L'utilisation de lame d'air pour l'isolation thermique est efficace lorsque la saison de chauffage est plus longue, donc la lame d'air a un impact négatif dans les lieux chauds et humides.

Les matériaux isolants réfléchissants sont d'origine métallique, ces matériaux sont efficaces pour l'isolation des bâtiments soit pour la période hivernale ou estivale.

Les fibres végétales sont de bons isolants thermiques, ils peuvent conserver la chaleur à l'intérieur de la bâtisse donc ils réduisent la consommation d'énergie pour le chauffage.

Les déchets de cuisine et de menuiserie sont d'origine organique naturelle, l'utilisation de ces matériaux permet d'économiser la moitié de la consommation énergétique annuelle.

Les matériaux isolants inorganiques tels que la fibre de verre on ne peut pas l'utiliser parce qu'il absorbe de l'eau et sa conductivité thermique augmente à la présence de l'humidité.

On remarque que le climat a un impact sur le matériau isolant soit positif ou négatif ça dépend de la nature du matériau isolant.

L'impact d'un matériau isolant sur l'efficacité énergétique d'un bâtiment dépend de la saison pendant l'année.

A cause du changement climatique et du réchauffement climatique au même temps on remarque que la période de saison chaude augmente et la période de saison froide diminue. Alors l'énergie de climatisation des bâtiments va augmenter et l'énergie de chauffage va diminuer.

5 CHAPITRE 5 : Simulation et Résultats

Partie A : Présentation de projet

5.1 Site

La Wilaya de Blida est située au nord de l'Algérie dans le Tell central à une altitude de 229m, elle a les caractéristiques géométrique suivants : latitude (36.48°) et longitude (2.83°). Le climat de Blida est chaud et tempéré. L'été à Blida est très chaud au contraire l'hiver et très froid, la température annuelle est de 17.1°C . [33]

D'après la réglementation thermique algérien « DTR C3.2 » la wilaya de Blida est située dans la zone climatique B.

5.2 L'appartement étudié

L'appartement situé dans le premier étage a une surface de 200 m^2 , il a 2 chambres, un séjour, une cuisine et une salle de bain. Le RDC est un vide sanitaire.

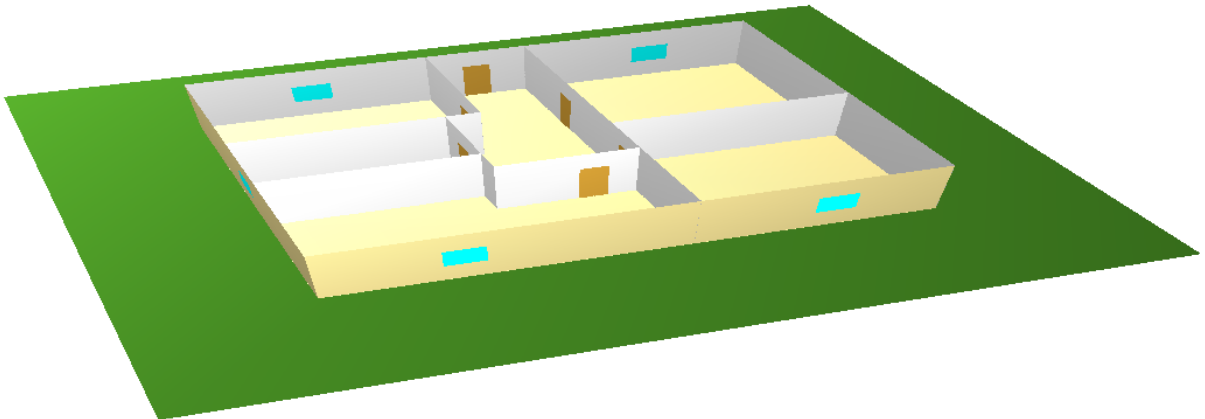


Figure 12 : plan de l'habitat étudié en 3D.

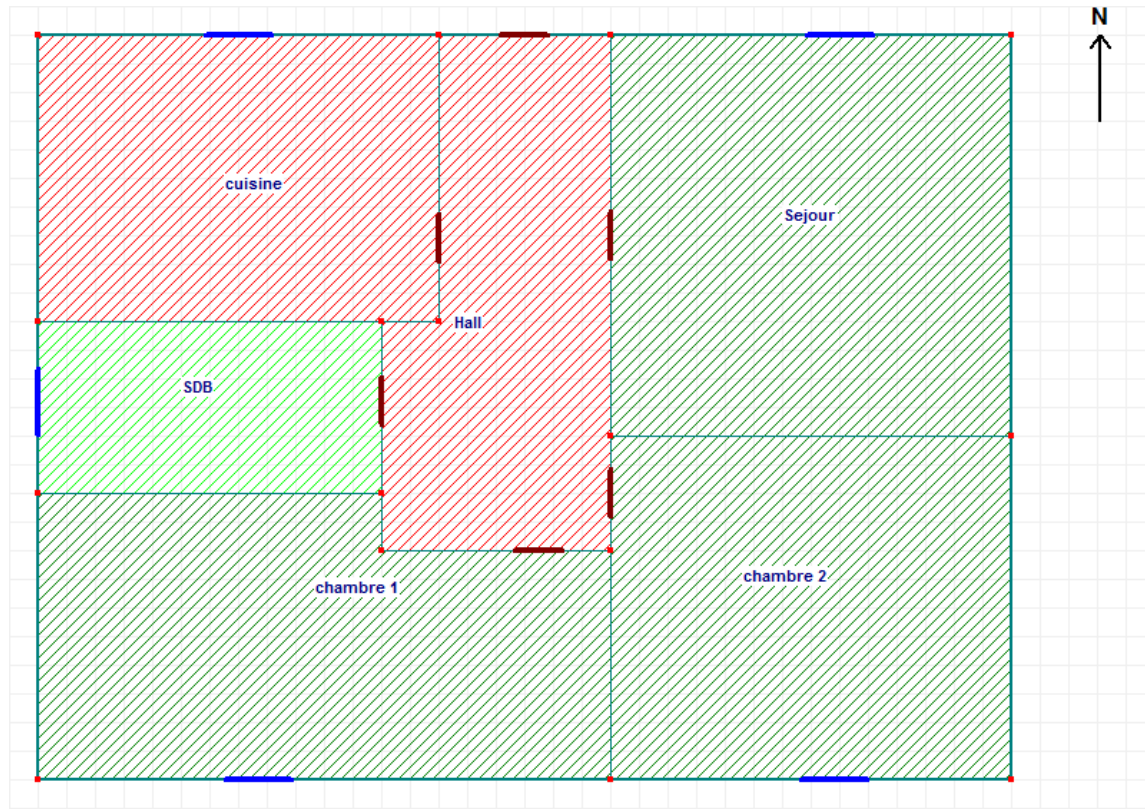


Figure 13 : plan de l'habitat étudié 2D.

Pour la menuiserie on utilise des portes en bois et des fenêtres a simples vitrage an bois ou en aluminium. La composition des parois de l'habitat on va l'avoir dans les tableaux suivants :

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11
mortier de ciment	M	4.0	88	1.40	0.03
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01

Tableau 5 : caractéristiques de la planche basse.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R
Béton lourd	M	5.0	115	1.75	0.03
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03

Tableau 6 : caractéristiques de la toiture.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R
mortier de ciment	M	1.0	22	1.40	0.01
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Placoplâtre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04

Tableau 7 : caractéristiques du mur extérieur.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R
Placoplâtre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Placoplâtre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04

Tableau 8 : caractéristiques du mur intérieur.

5.3 Logiciel utilisé

5.3.1 Alcyon

Alcyon est conçu pour faciliter la saisie de bâtiments pour Pleiades+Comfie (Calcul d'Ouvrage Multizone Fixe a une Interface Experte [46]). Il permet de définir l'ensemble des paramètres géométriques des bâtiments en 2D, niveau par niveau, parois, menuiserie, toitures...etc. d'attribuer à chacun des parois ces caractéristiques thermique, de réaliser le zonage et d'attribuer rapidement les scénarios d'utilisation et les paramètres propre aux différents calculs proposer par pleiades. De plus, alcyon permet visualiser la saisie en 3D.

5.3.2 Météonorm

On utilise ce logiciel pour apporter les données météorologique principales pour réaliser une simulation thermique dynamique ou pour réaliser des calculs d'humidité et de climatisation.

5.3.3 Pleiades

Pleiades c'est un logiciel de simulation thermique dynamique utilisée en phase afin d'optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment étudié.

Il propose un modèle multi-zonal : le bâtiment modélisé à partir du logiciel Alcyon ou saisi directement dans pleiades est divisé en zones thermiques dans lesquelles sont calculées divers indicateurs liés au confort thermique.

5.4 Les étapes de simulation

- Vérification de la disponibilité des matériaux et des éléments utilisés dans l'appartement.
- Création des parois de l'appartement.
- Chercher dans la bibliothèque les menuiseries nécessaires.
- Créer le fichier météo avec Météonorm.
- Créer la station météo du site sur pleiades.
- Enregistrer les modifications et quitter Pleiades.
- Lancer Alcyon, choisir la station dans la liste des situations et définir les paramètres par défaut.
- Construire le plan 2D de l'appartement sous alcyon puis exporter le projet vers pleiades.
- Vérifier la géométrie de l'habitat dans pleiades.
- Définir les scénarios de fonctionnements et placer les scénarios de chaque zone.

- Lancer la simulation et enfin obtenir les résultats dans des tableaux et des graphes.

5.5 La méthodologie de travail

L'objectif de notre travail est savoir l'impact de la nature des matériaux isolants sur l'efficacité énergétique d'un appartement.

On a proposé 3 matériaux pour faire la simulation, dans les cas standard on va calculer les besoins de chauffage et de climatisation dans l'appartement sans isolant, après calculer les besoins à la présence de chaque matériau avec une épaisseur de 6 cm et le comparer avec le cas standard.

En suite, on va changer l'épaisseur des isolants à 10 cm, enfin on compare les résultats obtenir avec les résultats de cas précédent.

Aussi, on va calculer la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur et comparer les résultats obtenir dans tous les cas.

On déduire l'isolants qui bien réduire les besoins de chauffage et de climatisation.

5.5.1 La composition des parois après l'amélioration


Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	
mortier de ciment	M	1.0	22	1.40	0.01	Extérieur  Intérieur
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56	
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		32.3	173		3.03	

Tableau 9 : composition de mur extérieure amélioré.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11	
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56	
mortier de ciment	M	4.0	88	1.40	0.03	
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01	
Total		35.0	574		2.71	

Tableau 10 : composition de planche bas amélioré.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	M	5.0	115	1.75	0.03	
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13	
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56	
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03	
Total		32.0	341		2.75	

Tableau 11 : composition de toiture amélioré.

5.6 Devisions des pièces sur les zones

La zone 1 : les deux chambres et le séjour. Occupent une surface de 137m².

La zone 2 : la cuisine et le hall. Occupent une surface de 54 m².

La zone 3 : le SDB. Occupe une surface de 9 m².

5.7 Les scénarios utilisés dans la simulation

La zone 1 : un scénario de chauffage, un pour la climatisation et un autre pour l'occupation.

La zone 2 : aucun scénario.

La zone 3 : aucun scénario.

On extrait les températures utilise dans les scénarios à partir de DTR C3.2 pour la saison de chauffage (21°C), et à partir de DTR C3.4 pour la saison de climatisation (27°C).

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	60	60	60	60	60	60	60
9 H	60	60	60	60	60	60	60
10 H	60	60	60	60	60	60	60
11 H	60	60	60	60	60	60	60
12 H	60	60	60	60	60	60	60
13 H	60	60	60	60	60	60	60
14 H	60	60	60	60	60	60	60
15 H	60	60	60	60	60	60	60
16 H	60	60	60	60	60	60	60
17 H	60	60	60	60	60	60	60
18 H	60	60	60	60	60	60	60
19 H	60	60	60	60	60	60	60
20 H	60	60	60	60	60	60	60
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Figure 14 : le scénario d'occupation.

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	21	21	21	21	21	21	21
2 H	21	21	21	21	21	21	21
3 H	21	21	21	21	21	21	21
4 H	21	21	21	21	21	21	21
5 H	21	21	21	21	21	21	21
6 H	21	21	21	21	21	21	21
7 H	21	21	21	21	21	21	21
8 H	21	21	21	21	21	21	21
9 H	21	21	21	21	21	21	21
10 H	21	21	21	21	21	21	21
11 H	21	21	21	21	21	21	21
12 H	21	21	21	21	21	21	21
13 H	21	21	21	21	21	21	21
14 H	21	21	21	21	21	21	21
15 H	21	21	21	21	21	21	21
16 H	21	21	21	21	21	21	21
17 H	21	21	21	21	21	21	21
18 H	21	21	21	21	21	21	21
19 H	21	21	21	21	21	21	21
20 H	21	21	21	21	21	21	21
21 H	21	21	21	21	21	21	21
22 H	21	21	21	21	21	21	21
23 H	21	21	21	21	21	21	21
24 H	21	21	21	21	21	21	21

Figure 15 : le scénario de chauffage.

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	27	27	27	27	27	27	27
2 H	27	27	27	27	27	27	27
3 H	27	27	27	27	27	27	27
4 H	27	27	27	27	27	27	27
5 H	27	27	27	27	27	27	27
6 H	27	27	27	27	27	27	27
7 H	27	27	27	27	27	27	27
8 H	27	27	27	27	27	27	27
9 H	27	27	27	27	27	27	27
10 H	27	27	27	27	27	27	27
11 H	27	27	27	27	27	27	27
12 H	27	27	27	27	27	27	27
13 H	27	27	27	27	27	27	27
14 H	27	27	27	27	27	27	27
15 H	27	27	27	27	27	27	27
16 H	27	27	27	27	27	27	27
17 H	27	27	27	27	27	27	27
18 H	27	27	27	27	27	27	27
19 H	27	27	27	27	27	27	27
20 H	27	27	27	27	27	27	27
21 H	27	27	27	27	27	27	27
22 H	27	27	27	27	27	27	27
23 H	27	27	27	27	27	27	27
24 H	27	27	27	27	27	27	27

Figure 16 : le scénario de climatisation.

Partie B : Les résultats de simulation

5.8 Les résultats sans consigne de thermostats

5.8.1 La saison hivernale

On peut dire que le matériau isolant est efficace pendant la saison froid, si :

$$\Delta T = T_{int} - T_{ext} > 0.$$

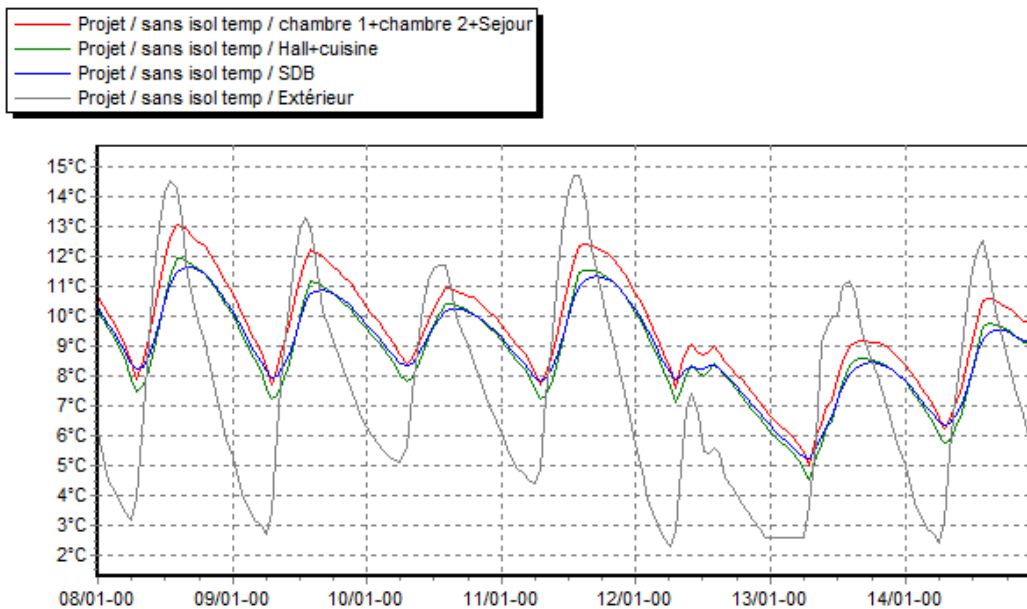


Figure 17 : variation de température dans le cas sans isolation saison froid.

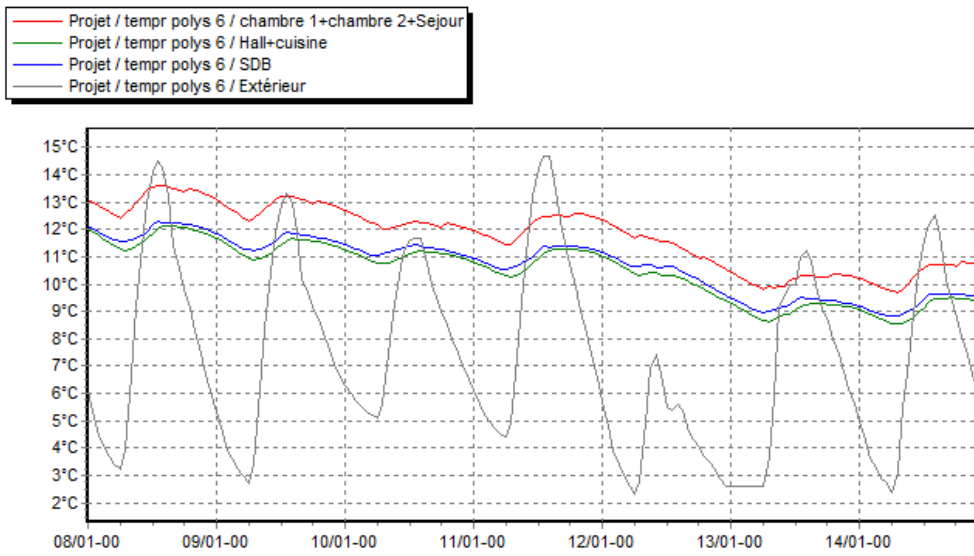


Figure 18 : variation de température dans le cas polystyrène 6cm saison froid.

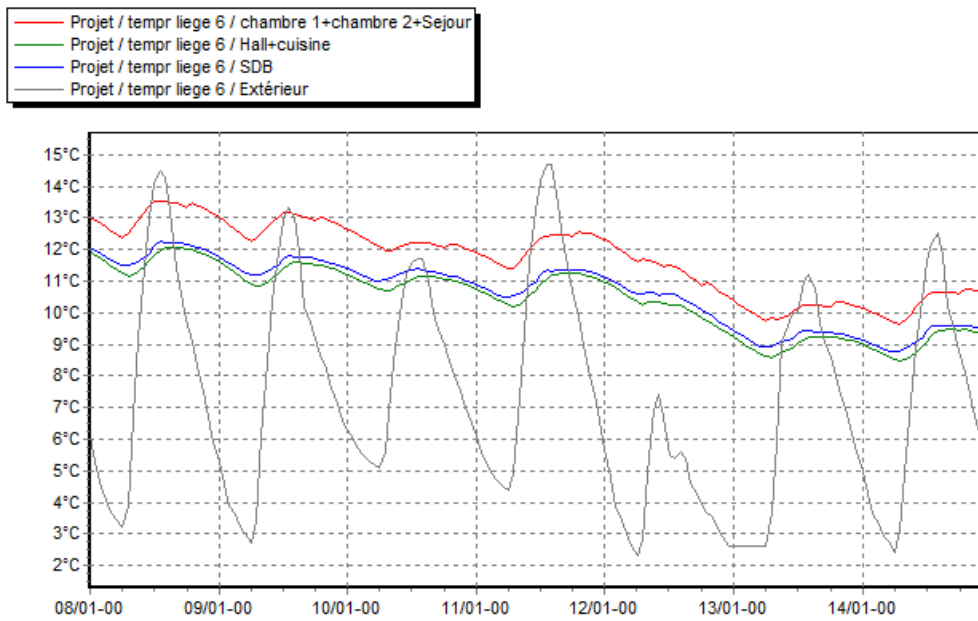


Figure 19 : variation de température dans le cas liège 6cm saison froid.

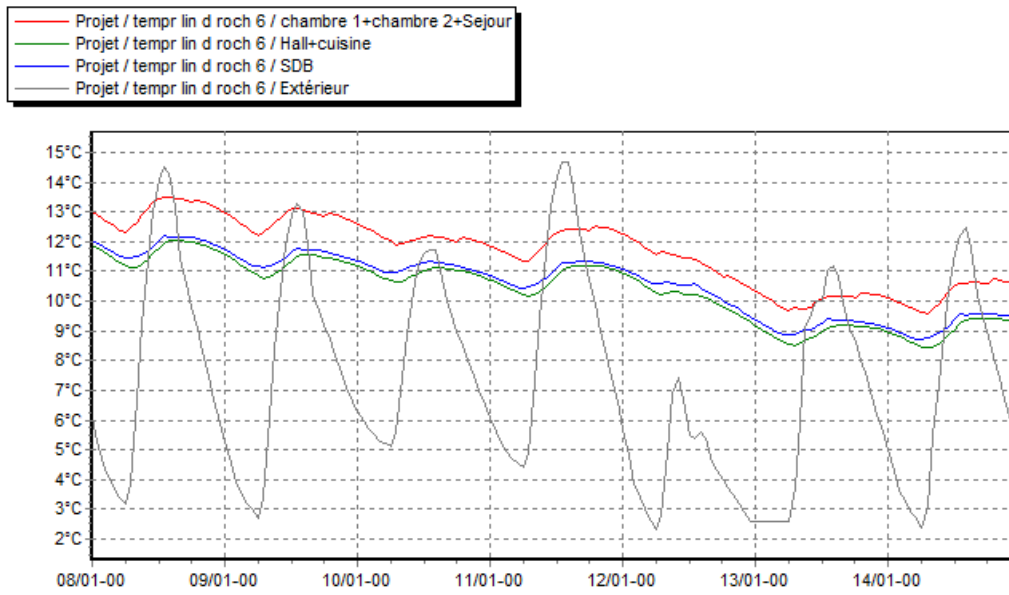


Figure 20 : variation de température dans le cas laine de roche 6cm saison froid.

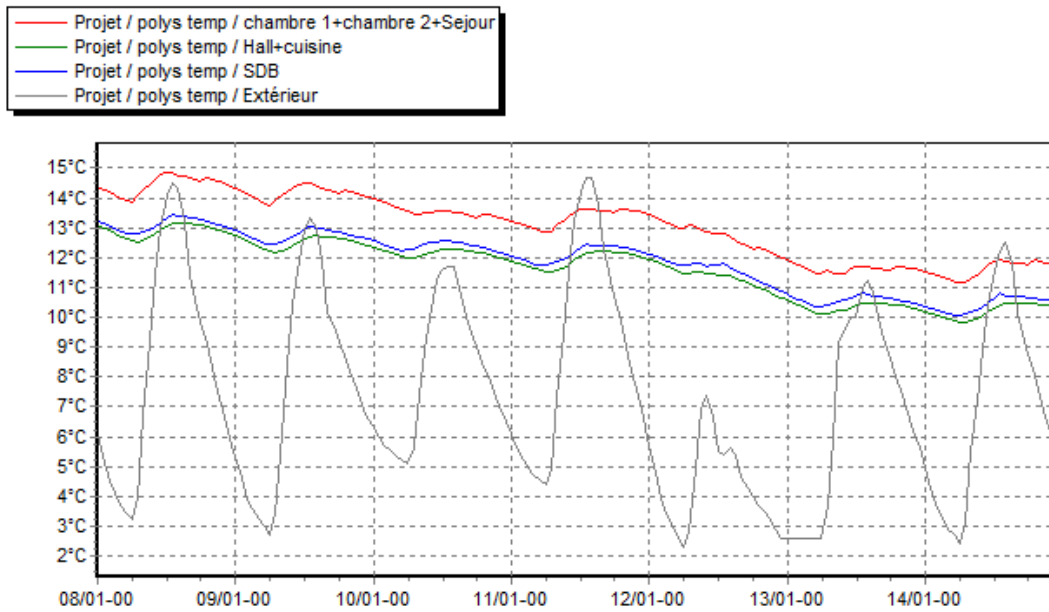


Figure 21 : variation de température dans le cas polystyrène 10cm saison froid.

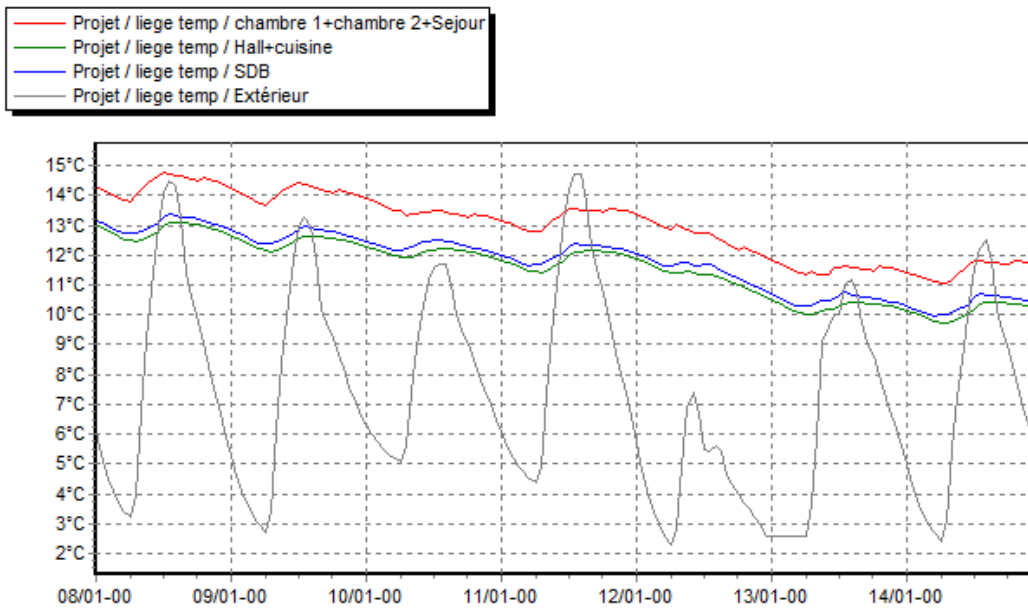


Figure 22 : variation de température dans le cas liège 10cm saison froid.

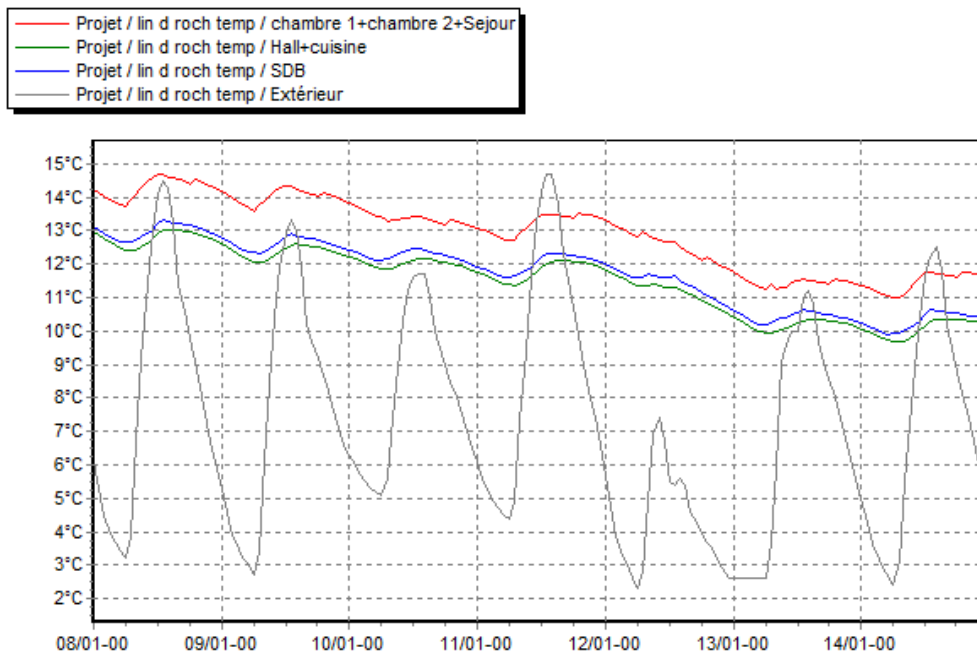


Figure 23 : variation de température dans le cas laine de roche 10cm saison froid.

Cas d'isolation	ΔT , à 6cm d'épaisseur	ΔT , à 10cm d'épaisseur
Sans isolation	6	
Polystyrène	9.5	11
Liège	9.2	10.8
Laine de roche	9.1	10.7
Température extérieur	3°C	

Tableau 12 : variation de ΔT la saison froide dans tous les cas.

5.8.1.1 Remarque

Dans tous les cas d'isolation $\Delta T > 0$. Donc, ils ont un effet positif sur le confort thermique dans la saison froide. Dans le cas sans isolation la température n'est pas constante elle varie entre 8°C et 12°C, mais à la présence des matériaux isolants la température intérieure reste presque constante est varié entre 10.5°C et 12°C, donc il y a une augmentation de ΔT par rapport au cas sans isolations.

La différence de température entre les différents matériaux isolants est négligeable. L'augmentation d'épaisseur à 10cm assure l'augmentation de température dans ces cas on marque une augmentation de plus de 1°C.

5.8.2 La saison estivale

On peut dire que le matériau isolant est efficace pendant la saison chaude, Si :

$$\Delta T = T_{int} - T_{ext} < 0.$$

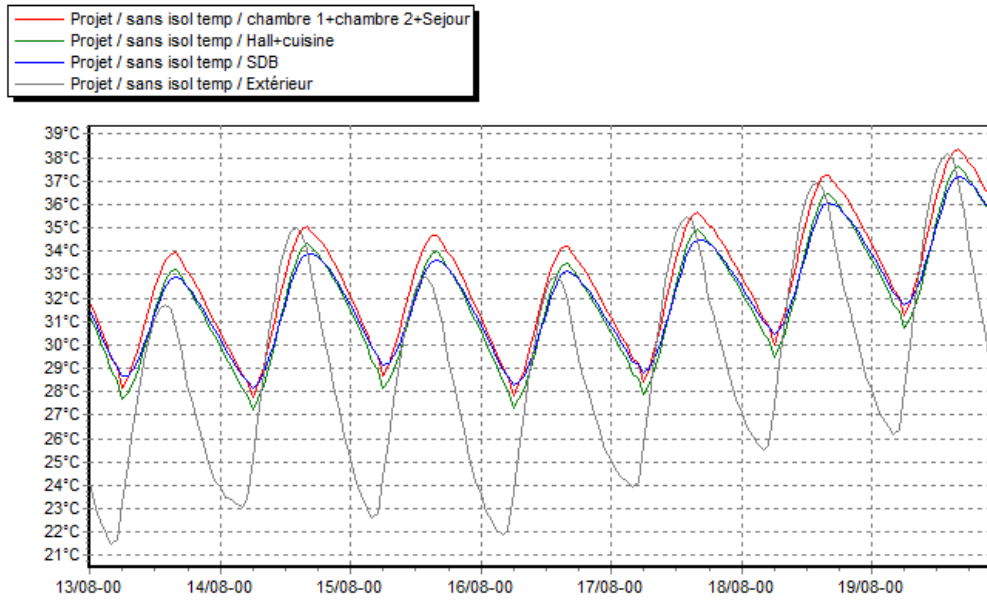


Figure 24 : variation de température dans le cas sans isolation saison chaud.

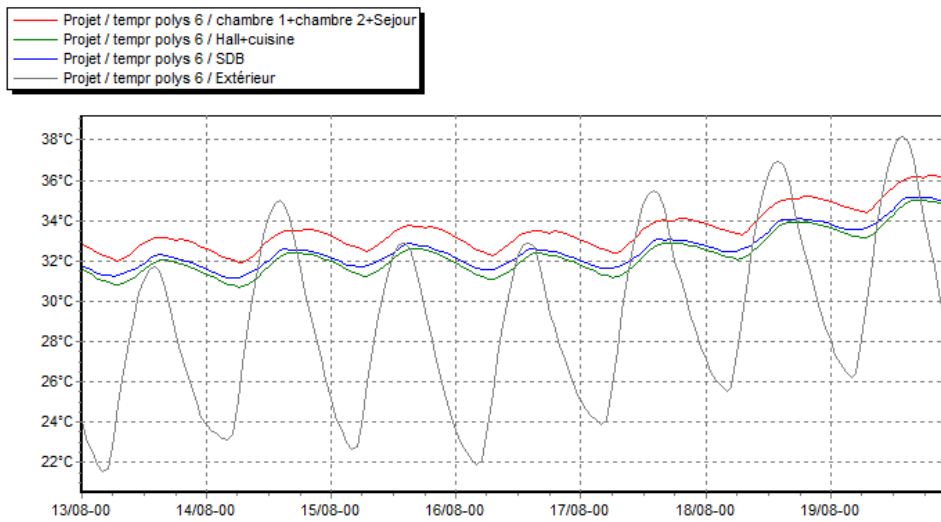


Figure 25 : variation de température dans le cas polystyrène 6cm saison chaud.

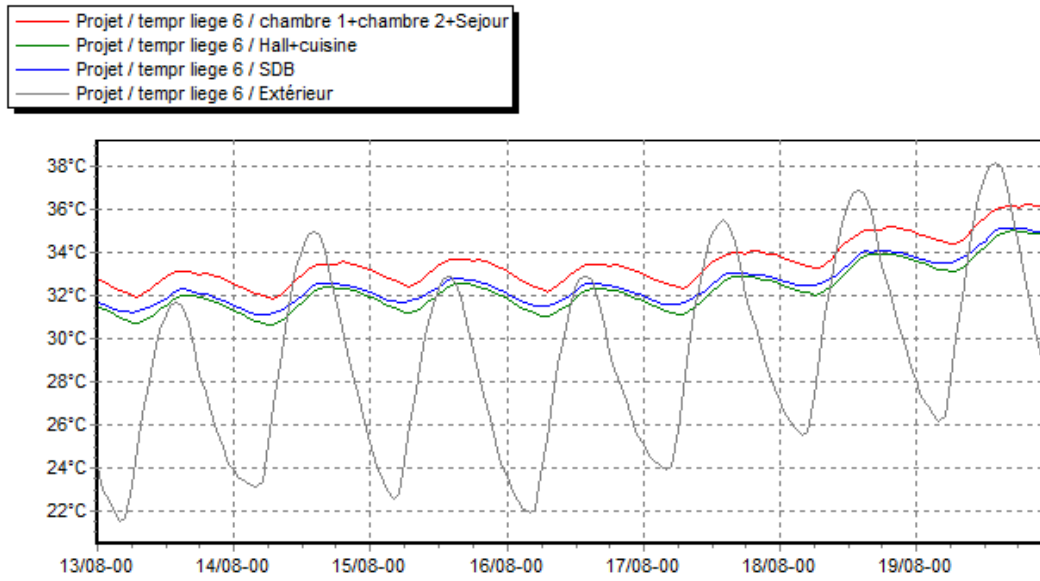


Figure 26 : variation de température dans le cas liège 6cm saison chaud.

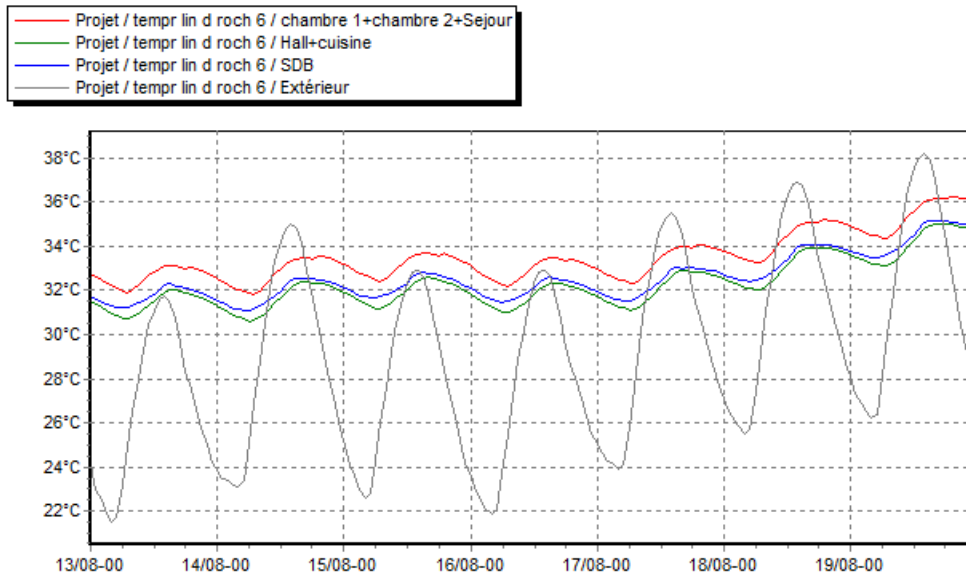


Figure 27 : variation de température dans le cas laine de roche 6cm saison chaud.

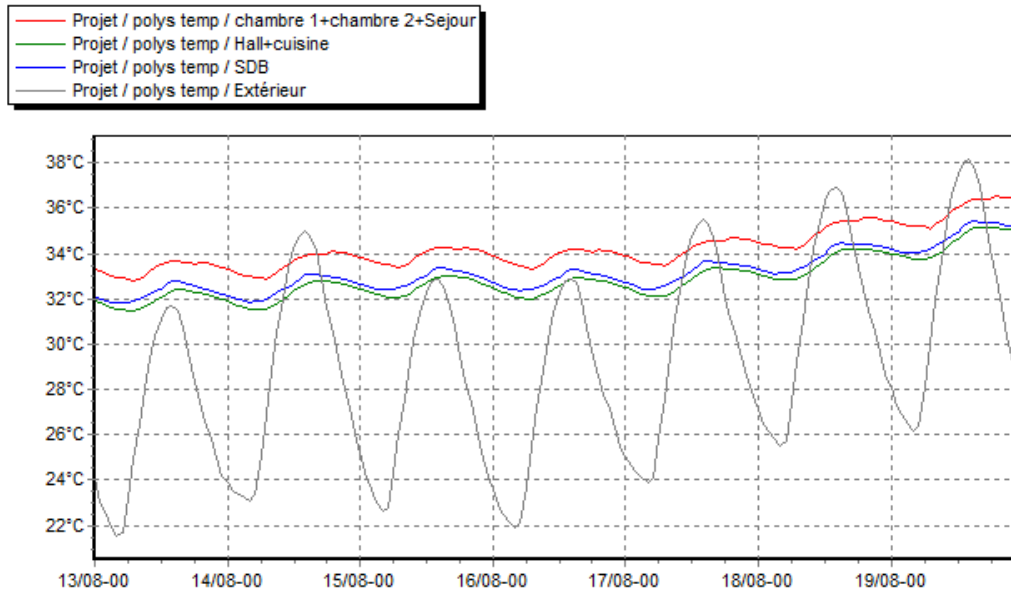


Figure 28 : variation de température dans le cas polystyrène 10cm saison chaud.

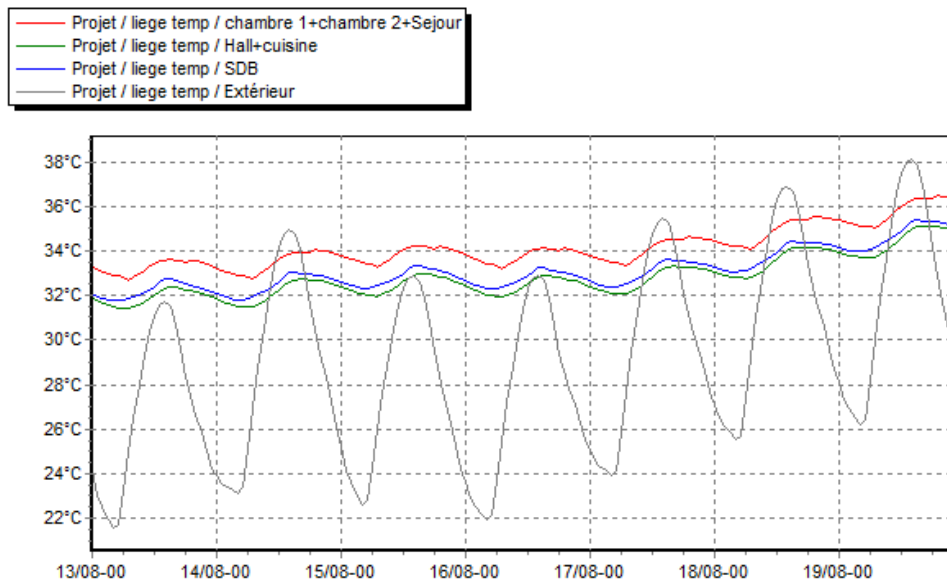


Figure 29 : variation de température dans le cas liège 10cm saison chaud.

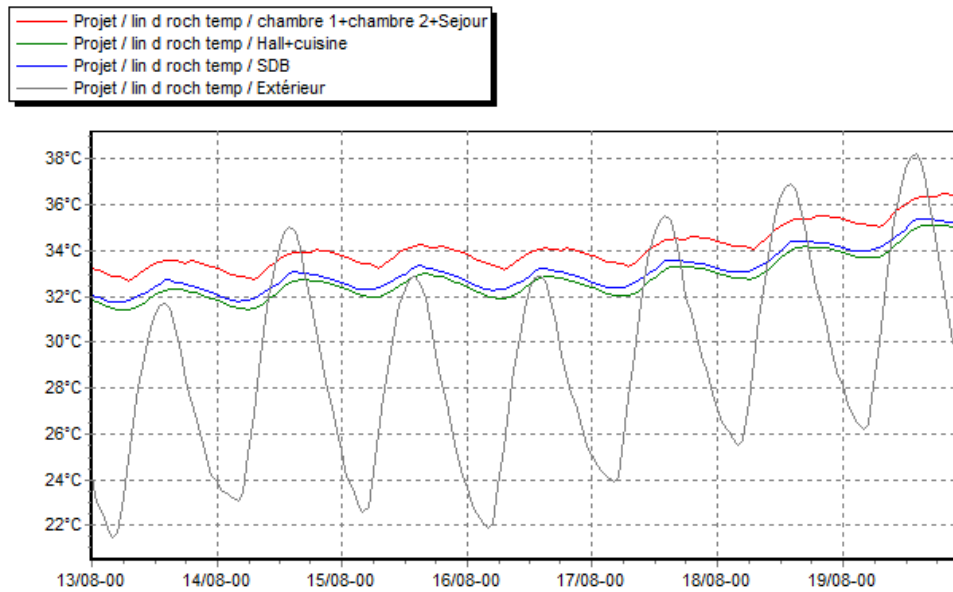


Figure 30 : variation de température dans le cas laine de roche 10cm saison chaud.

Cas d'isolation	ΔT , à 6cm d'épaisseur	ΔT , à 10cm d'épaisseur
Sans isolation	5	
Polystyrène	9	10
Liège	9	10
Laine de roche	9	10
Température extérieur	23°C	

Tableau 13 : variation de Δt a la saison chaude dans tous les cas.

5.8.2.1 Remarques

A la saison chaude on marque des $\Delta T > 0$ et des températures supérieures à 32°C, donc ils ont des effets négatifs sur le confort thermique estivale des bâtiments. Aussi le cas sans isolation est mieux que les cas d'isolation. Même si on augmente les épaisseurs il reste l'effet négatif.

5.1 Les résultats par consigne de thermostat

5.1.1 Cas d'épaisseur d'isolant égale à 6cm

Après le lancement de simulation, on obtenu les résultats suivants :

Ces résultats uniquement pour la zone 1, dans les autres zones les résultats sont nuls.

Cas d'isolation	Besoins Chauffage.	Besoins Climatisation	Puissance Chauffage.	Puissance Climatisation	Taux de réduction des besoins
Sans isolation	27528 KWh	17145 KWh	12330 W	12330 W	–
Polystyrène	5449 KWh	6231 KWh	3569 W	4485 W	73.9%
Liège	5584 KWh	6286 KWh	3639 W	4550 W	73.4%
Laine de roche	5718 KWh	6341 KWh	3708 W	4615 W	73%

Tableau 14: les besoins de chauffage et de climatisation a l'épaisseur=6cm.

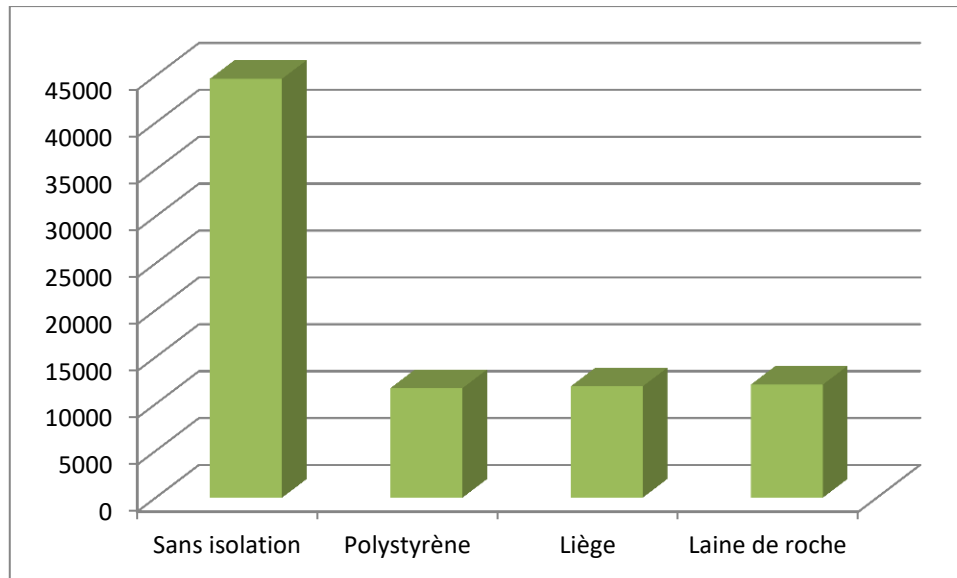


Figure 31 : les besoins total pour chaque cas d'isolation.

5.1.1.1 Remarques

Après la comparaison entre les différents cas étudiés, on conclut que les besoins totaux diminuent plus de 70% à la présence des matériaux isolants, et le meilleur isolant c'est le Polystyrène.

On remarque aussi dans le cas d'appartement sans isolation les besoins de chauffage sont strictement supérieurs à les besoins de climatisation, ou contraire, à la présence des isolants les besoins de climatisation sont supérieurs à les besoins de chauffage.

5.1.2 Cas d'épaisseur d'isolant égale à 10cm

Après le lancement de simulation, on obtient les résultats suivants :

Cas d'isolation	Besoins Chauffage.	Besoins Climatisation	Puissance Chauffage	Puissance Climatisation	Taux de réduction des besoins par rapport à l'épaisseur = 6cm
Polystyrène	3429 KWh	5183 KWh	2502 W	3342 W	26.26%
Liège	3531 KWh	5223 KWh	2553 W	3389 W	26.25%
Laine de roche	3633 KWh	5263 KWh	2603 W	3436 W	26.22%

Tableau 15 : les besoins de chauffage et de climatisation à l'épaisseur=10cm.

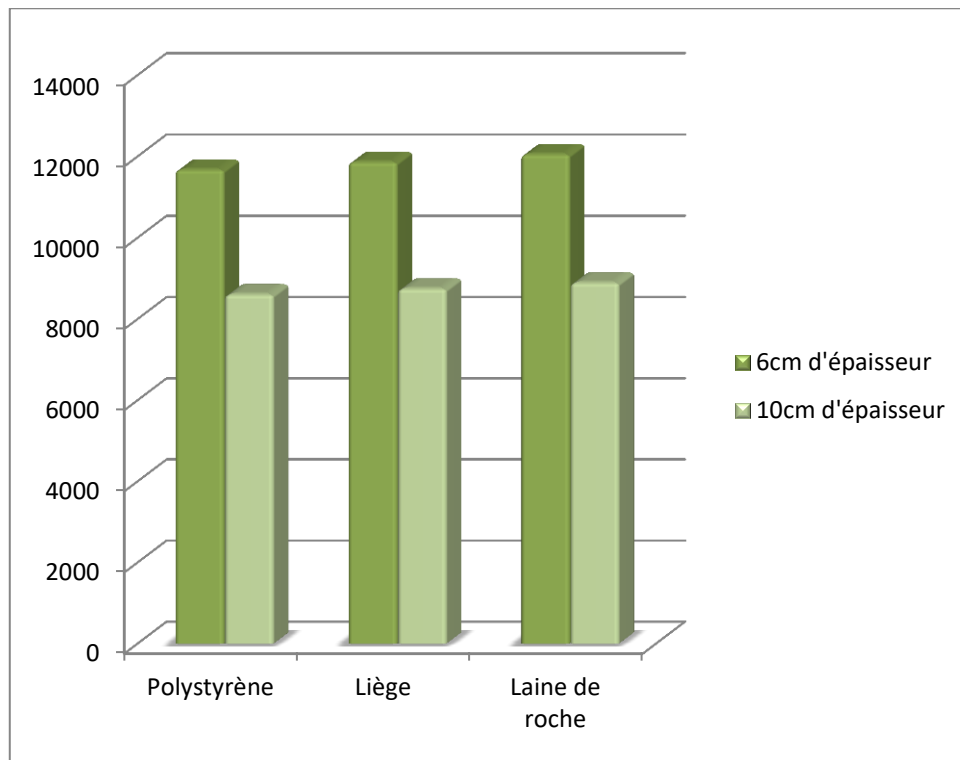


Figure 32 : les besoin total pour chaque cas d'épaisseurs.

5.1.2.1 Remarques

Après la comparaison de ces résultats (épaisseur = 10cm) avec les résultats de cas précédent (épaisseur = 6cm), on remarque que l'épaisseur de l'isolant a un rôle important pour diminuer les besoins énergétique dans l'appartement.

Quand on augmente l'épaisseur a 10cm en remarque 23% de réduction dans les besoins.

5.2 L'étiquette énergétique

le cas d'isolation	6 cm d'épaisseur			10 cm d'épaisseur		
	les besoins total (KWh)	consommation énergétique (KWh/m ² /an)	la classe énergétique	les besoins total (KWh)	La consommation énergétique (KWh/m ² /an)	la classe énergétique
sans isolation	45273	330	E	-	-	-
Le polystyrène	11680	85	B	8612	62	B
la laine de roche	12059	88	B	8896	65	B
le liège	11870	86	B	8754	64	B

Tableau 16 : la classe énergétique de l'appartement dans tous les cas d'études.

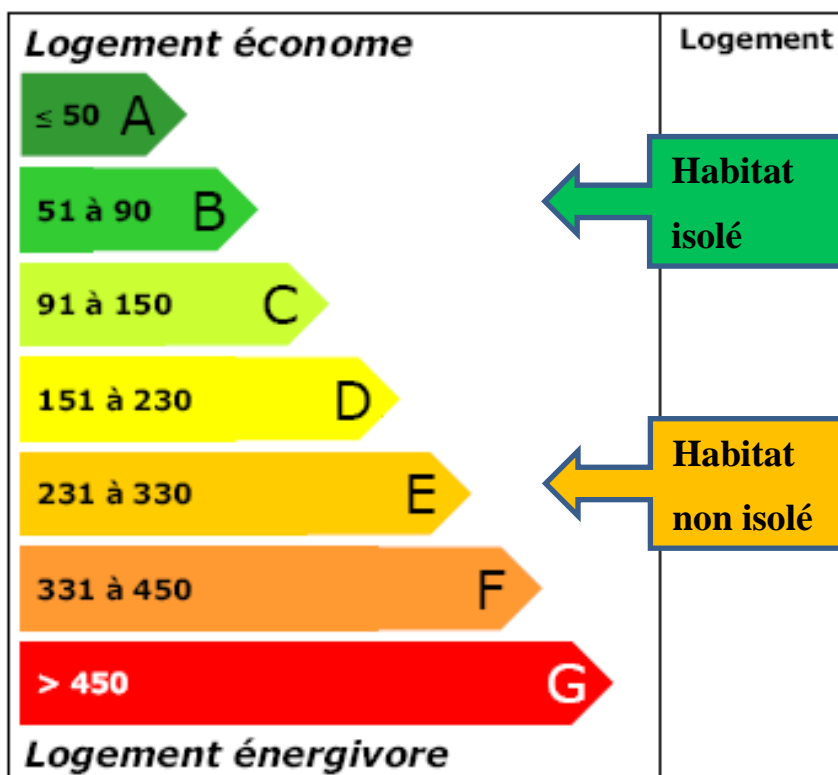


Figure 33 : l'étiquette énergétique de cas isolé et non isolé.

5.3 Conclusion

A l'habitat non isolé, la puissance de chauffage égale à la puissance de climatisation.

L'isolation mieux efficace dans la saison de chauffage.

Tous les matériaux isolants sont efficace, ils diminuant les besoins énergétique, mais il y a une différence d'efficacité entre eux, où :

- Pendant la saison de chauffage ou de climatisation ; le polystyrène est toujours le matériau le plus efficace, puit on trouve le liège qu'est mieux de laine de roche.

L'isolation thermique des bâtiments amélioré leur classe énergétique.

L'épaisseur de l'isolant a un rôle important pour diminuer les besoins énergétique dans l'appartement, où : pour chaque augmentation d'épaisseur, il y a une diminution dans les besoins énergétique dans l'habitat.

Les déferents types des matériaux ont presque le même effet sur le confort thermique des bâtiments, où :

- Ils ont un effet positif pendant la saison froide, ils fixent la température toute la journée avec un ΔT important, donc une amélioration du confort thermique, à cause de ça on marque des diminutions ou besoins de chauffage.
- Au contraire, pendant la saison chaude l'isolation à un effet négatif, nous cherchons de la fraîcheur, mais à la plupart des temps la température intérieure est supérieure à la température extérieure, donc le confort d'été n'est pas assuré dans ce cas, ça montre pour quoi les besoins de climatisation sont toujours supérieur a les besoins de chauffage.

Enfin, on nous conclut que la nature des matériaux isolant à un impact positif avec des proportions variables sur l'efficacité énergétique des bâtiments.

CONCLUSION GENERALE

Pour le but de diminuer la consommation énergétique dans les bâtiments et sans exclusion du confort thermique, on utilise l'isolation thermique pour éliminer ou diminuer les pertes thermiques avec des matériaux isolants qu'ont des propriétés physiques précise et l'important de ces propriétés c'est la conductivité thermique.

Le système thermique des bâtiments est affecté par le climat, donc pour construire le bâtiment on a besoin des matériaux de construction qui peuvent résister dans les conceptions climatiques pour obtenir un bâti durable, aussi on a la conception bioclimatique qui a le but de conserver le confort des occupants et le confort thermique par des stratégies soit en hiver par la captation de chaleur ou en été par garder la fraîcheur sans oublier ou éliminer de la lumière naturel. Et pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments on a la solution de l'intégration des énergies renouvelables pour avoir un bâtiment qui peut produire une partie de son énergie consommer pendant la journée.

Il existe plusieurs types des matériaux isolants qu'on peut classer selon leur nature (organiques, inorganiques, métallique...) et on le choisit selon des propriétés (résistances a la chaleur, résistance mécanique, l'absorption d'eau...) et selon leur effet pour réduire la consommation énergétique des bâtiments, d'après cette recherche on peut conclure le suivent :

- L'isolation thermique c'est un investissement efficace pour l'économie d'énergie dans les bâtiments.
- Les fenêtres est la partie fragile dans les bâtiments il faut l'isoler au moins par un double vitrage.
- Les matériaux synthétiques comme le polystyrène sont plus efficace par rapport aux matériaux naturels.
- La lame d'air n'est pas efficace pour l'isolation thermique dans les climats chauds.
- Les matériaux isolants d'origines métalliques ou les fibres végétales sont efficaces pour diminuer la consommation d'énergies de chauffage et de climatisation.

Aussi, on conclut que le climat a un impact sur le matériau isolant soit positif ou négatif qui impact aussi sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Dans les derniers années on voir

CONCLUSION GENERALE

des changements climatiques dans la terre. Ces changements représentés par le réchauffement climatique qui va impact sur la consommation d'énergie dans les bâtiments. Et d'après les recherches on conclure que l'énergie de climatisation des bâtiments va augmenter et l'énergie de chauffage va diminuer à cause de réchauffement climatique.

Finalement, d'après les résultats de simulation on conclut le suivant :

- L'utilisation des différents type des matériaux isolants diminuer plus de la moitié des besoins de chauffage et de climatisation dans l'habitat.
- Les isolants les plus efficaces sont les isolants de nature synthétique et de nature végétal.
- L'isolation thermique améliore la classe énergétique des bâtiments.
- L'isolation thermique a un effet positif sur la température intérieure des bâtiments sauf à la saison froide.

Références

[1] IMPACT DE L'ORIENTATION SUR LE CONFORT THERMIQUE INTERIEUR DANS L'HABITATION COLLECTIVE. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli, Constantine. S. BELLARA LOUAFI, S. ABDOU.

[2] Liébard A ; De Herde A. "Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique". Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Éd. Le moniteur (2005) P133 à op.cit.

[3] (IBGE, 2010)

[4] Roulet C. A. "Santé et qualité de l'environnement intérieur dans le bâtiment", collection gérer l'environnement, éd. ISBB. Presse Polytechnique et universitaire Romandes (2004) p128

[5] Fernandez, P. (1996), Op cit. p 98.

[6] Melle BENHARRA Houda, Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. MEMOIRE DE MAGISTERE.

[7] Ibid., p 169

[8] Mme Bellara Samira, Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. MEMOIRE DE MAGISTERE, UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE.

[9] B. Nouibat, Adaptation d'un COS optimal à l'habitation individuelle en milieux arides et semi-arides. Mémoire de Magistère, Institut d'architecture et d'urbanisme, Biskra

[10] GIVONI.B L'Homme, L'Architecture et le Climat édition : Le Moniteur, paris 1978 p.21

[11] Document technique réglementaire (DTR C3-2) ministre algérienne de l'habitat.

[12] B. GIVONI 1978, M. EVANS 1980, S. SZOCOLAY 1980

[13] Liébard, A.et De Herde, A. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ». Ed. Le Moniteur. Paris 2005 p. 30a

[14] Source <http://www.forumconstruire.com/>

[15] Source : Ibid, p 164

[16]Source : Branders et Evrard, 2011, p.13

[17] INRS, travail à la chaleur et confort thermique, ns184, P16.

REFERENCES

- [18] <https://www.constructeur.pro/>
- [19] <https://www.m-habitat.fr/>
- [20] manuel a été réalisé par Sophie Deruaz architecte urbaniste au CAUE 13 avec la collaboration de William Martin conseil Q.E.B., Xavier Chabrol architecte conseil Fanny Barrabès graphiste www.le-local-design.com mai 2008
- [21] Javier Barba, Environmental Architecture, Studio Magazine Environmental Architects, Barcelona, Spain.
- [22] Transparent Insulation of building facades -Steps from research to commercial application. Braun, P.O., et al. 1992, Solar Energy 49[6], pp. 413-427.
- [23] Thèse doctorat (arrêté du 25 avril 2002), optimisation du control thermique dans une habitation multi sources, Yoann RAFFENEL 2008.
- [24] architecture et climat
- [25] <https://www.ecohabitation.com/>
- [26] <https://www.lenergiesoutcompris.fr/> Géraldine Marcheteau ; 24 juillet 2019
- [27] <https://www.construction21.org/france/> Par Idriss KATHRADA2020-07-06
- [29] ADEME, 2015, Impacts du changement climatique pour le bâtiment à l'horizon 2030-2050 (extrait p.23)
- [31] Guide pratique de l'isolation thermique des bâtiments dans le Maghreb, giz : le programme (HCD) et le programme (OE 33A0).
- [32] Guide pour une construction Exo-énergétique en Algérie, M. El HASSARS.M.K.
- [33] climate-data.org
- [34] ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT, par Claude-Alain Roulet et Arnaud Dauriat ; Nicolas Morel et Edgard Gnansounou Edition septembre 2014.
- [35] N. Bouacha et L. Zeghradnia. L'isolation dans les projets de bâtiments entre le choix et l'exigence. Revue des Energies Renouvelables Vol. 18 N°4 (2015).
- [36] Roman Kunič, Carbon footprint of thermal insulation materials in building envelopes, Energy Efficiency 2017.

REFERENCES

[37] BOURSAS Abderrahmane et MAHRI Zine Labidine, Etude comparative de l'impact de l'isolation thermique sur la performance énergétique des bâtiments résidentiels. GEEE-2014.

[38] Mohammed A. M. Alhefnawi and Mohammed Abdu-Allah Al-Qahtany. Thermal Insulation Efficiency of Unventilated Air-Gapped Facades in Hot Climate. Arabian Journal for Science and Engineering 2016.

[39] Issam SOBHY, Abderahim BRAKEZ, Brahim BENHAMOU, Effet de l'isolation thermique de l'enveloppe sur les besoins en chauffage d'une maison typique à Marrakech, simulation dynamique et monitoring, CIFEM2014.

[40] Michalis Gr. Vrachopoulos, Maria K. Koukou, Dimitris G. Stavlas, Vasilis N. Stamatopoulos, Achilleas F. Gonidis, Eleftherios D. Kravvaritis. Testing reflective insulation for improvement of buildings energy efficiency. Central European Journal of Engineering 2012.

[41] LEE Moo-jin, LEE Kang-guk, SEO Won-duck. Analyses on performances of heat and multilayer reflection insulators. Journal of Central South University 2012.

[42] Rongfei Zhao· Hongxu Guo· Xingyan Yi· Wei Gao· Huaqian Zhang· Yikui Bai· Tieliang Wang. Research on Thermal Insulation Properties of Plant Fiber Composite Building Material: A Review. International Journal of Thermophysics 2020.

[43] Hicham Lakrafli. Soufiane Tahiri. Abderrahmane Albizane. Souad El Houssaini. Mohamed Bouhria, Effect of thermal insulation using leather and carpentry wastes on thermal comfort and energy consumption in a residential building. Energy Efficiency 2017.

[44] Chan-Ki Jeon, Jae-Seong Lee, Hoon Chung, Ju-Ho Kim, and Jong-Pil Park. A Study on Insulation Characteristics of Glass Wool and Mineral Wool Coated with a Polysiloxane Agent. Advances in Materials Science and Engineering 2017.

[45] <https://climate.nasa.gov>

[46] « Outil de simulation thermique de bâtiment, comfie » présenter par : Thierry Salomon, Renaud Mikolasek et Bruno Peuportier.

REFERENCES

- [47] Diana Budds. How do buildings contribute to climate change 2019.
- [48] Ricardo Barbosa, Romeu Vicente, Rui Santos. Climate change and thermal comfort in Southern Europe housing: A case study from Lisbon. Building and Environment 2015
- [49] Johannes Nikolowski¹, Valeri Goldberg, Jakob Zimm, Thomas Naumann. Analysing the vulnerability of buildings to climate change: Summer heat and flooding. Meteorologische Zeitschrift 2013
- [50] Silvana Flores Larsen , Celina Filipp'in , Gustavo Barea.IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON ENERGY USE AND BIOCLIMATIC DESIGN OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE 21ST CENTURY IN ARGENTINA. Energy buildings 2018.
- [51] Anh Tuan Nguyen, David Rockwood, Minh Khoi Doan, Thi Kim Dung Le. Performance assessment of contemporary energy-optimized office buildings under the impact of climate change. Building Engineering 2020.
- [52] Gholamreza Roshan. Maryam Arab. Vladimir Klimenko. Modeling the impact of climate change on energy consumption and carbon dioxide emissions of buildings in Iran. Environmental Health Science and Engineering 2019.
- [53] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia>.