

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables, des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Energies Renouvelables



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energies Renouvelables

Présenté par :

Zekri Lamis

Hafiane Nadjat

Boulifa Mohamed Laid

Thème

**Contribution à l'amélioration du confort thermique dans les
bâtiments : cas des régions du sud algérien**

Soutenu publiquement

Le 08/06./2022


Devant le jury :

Mr	Mhamed Dernouni	MAA	Président	UKM Ouargla
Mr	Bachir Bouchekima	Professeur	Encadreur	UKM Ouargla
Mr	Hichem Necib	MC B	Examineur	UKM Ouargla


Année Universitaire : 2021/2022



Dédicaces



Je dédie ce mémoire à :



Ma chère mère pour tout son amour et son dévouement envers
mon père qui a toujours été là pour moi et m'a donné le bon
exemple de travailler dur et de persévérer.

Mes chers frères, pour leurs encouragements constants.

Ma sœur bien-aimée : Nermine, nous lui devons le soutien
moral et les sacrifices tout a long de ma vie.

A toute ma famille, surtout mes tantes

A tous mes amis(ies) et à tous ceux qui m'aiment.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma gratitude et
tout mon amour.

Zekri Lamis



A decorative border of graduation caps (mortarboards) is arranged around the top and left sides of the page. The caps are dark grey with gold tassels.

Dédicaces :

Je dédie ce modeste ouvrage, fruit de nombreuses années
d'études,

A :

Mes chers et estimés parents, une récompense pour leurs
sacrifices et prévoyance qui m'a servi et me servira toute ma
vie.

Mes chers frères

Tous mes amis(ies), en leur souhaitent du succès

A tous les gens que j'aime et qui m'aiment à leur tour.

Hafiane Nadjat





Dédicaces

Je remercie Dieu le tout puissant qui ma permit d'arriver à
ce but.



Chaleureusement, je dédie ce modeste travail :

- à mes chers parents en témoignage pour leur amour et leurs sacrifices sans limite, en leur souhaitant la bonne santé et que Dieu me les garde.
- à tous mes amis(ies) que j'ai connus durant tout mon cycle d'étude.
- à tous mes condisciples de la promotion 2022

Boulifa Mohamed Laid



Remerciements

Nous tenons avant toute chose, à remercier ALLAH qui nous a donné la force et le pouvoir pour effectuer ce modeste travail.

Nos remerciements particuliers vont à nos familles qui ont su nous soutenir et nous encourager, leur patience et leur soutien indéfectible.

Nous remercions notre encadreur Pr Bachir Bouchekima pour ce qu'il a fait pour nous encadrer, nous encourager et pour sa disponibilité et pour ses conseils qui ont été très utiles.

Nous tenons également à remercier Dr Korichi Sabrin, qui a directement contribué à la réalisation de notre travail de mémoire.

Aussi, au Dr Hadjaj Abdelsamie, pour sa collaboration avec nous

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les membres du jury qui ont accepté de juger et évaluer notre travail.

Enfin, sans oublier personne : amis, membres de familles et tous ceux qui nous sont chers, nous leur disons : MERCI

Résumé

Ce travail vise à présenter une étude sur le confort thermique des bâtiments dans les zones désertiques algériennes. Cette étude consiste à créer une maquette d'un bâtiment à vocation commerciale à l'aide du logiciel TRNSYS.

L'objectif principal était de prédire l'effet de l'isolation thermique sur les bâtiments dans le désert et de prouver l'importance de cet aspect et les besoins énergétiques annuels pour le chauffage et la climatisation, notamment en choisissant le type d'isolation thermique le plus approprié pour réduire la consommation de l'énergie, et pour un confort thermique optimal.

Mots clés : confort thermique - température - outil de simulation - isolation thermique - bâtiments - consommation d'énergie.

ملخص:

يهدف هذا العمل إلى تقديم دراسة حول الراحة الحرارية للمباني في المناطق الصحراوية الجزائرية. تتكون هذه الدراسة من إنشاء نموذج لمبنى (مبنى تجاري) باستخدام برنامج TRNSYS. كان الهدف الرئيسي هو التنبؤ بتأثير العزل الحراري على المباني في الصحراء وإثبات أهمية هذا الجانب ومتطلبات الطاقة السنوية للتدفئة وتكييف الهواء ، لا سيما من خلال اختيار نوع العزل الحراري الأنسب لتقليل استهلاك الطاقة وتوفير الراحة الحرارية المثلى. الكلمات المفتاحية: الراحة الحرارية - درجة الحرارة - أداة المحاكاة - العزل الحراري - المباني - استهلاك الطاقة.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 01	3
1. Introduction	5
2. Confort thermique	5
3. Modèles de confort thermique.....	6
3.1. Le modèle de Fanger (L'approche analytique) :	6
3.2. L'approche adaptative	7
4. Les facteurs affectant le confort thermique	7
4.1. Les facteurs climatiques environnementaux	7
4.1.1. Température de l'air :.....	7
4.1.2. Humidité de l'air	7
4.1.3. Le mouvement de l'air.....	7
4.1.4. Rayonnement.....	7
4.2. Les variables dépendant du sujet.....	8
4.3. Les facteurs subjectifs	8
5. Isolation thermique :.....	8
5.1. Techniques de l'isolation thermique	9
5.1.1. L'isolation intérieure.....	9
5.1.2. L'isolation extérieure	9
5.1.3. L'isolation répartie.....	10
6. La localisation du bâtiment	10
7. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique	10
7.1. Système de chauffage solaire passif. (Confort d'hiver)	11
7.2. Système de rafraîchissement passif (confort d'été).....	12
8. Méthode d'évaluation du confort thermique	14
8.1. Les outils graphiques d'évaluation du confort thermique	14
8.1.1. Le diagramme bioclimatique.....	14
8.1.2. Diagramme de Givoni	16

.8.1.3	Diagramme d'Olgay:.....	17
8.1.4.	Tables de Mahoney	18
8.2.	Température de confort thermique	18
9.	Synthèse bibliographique sur le confort thermique dans les bâtiments.....	18
10.	Conclusion.....	21
Chapitre 02		22
.1	Introduction	23
2.	Simulation	23
.2.1	Les atouts de la simulation énergétique.....	23
.2.2	Le processus de simulation énergétique	24
.3	Processus météorologiques.....	24
.4	Processus système climatisation, ventilation et chauffage	25
5.	Matériaux d'isolation thermique	25
5.1.	Matériaux d'isolation classiques :	25
5.1.1.	Laine de verre	25
5.1.2.	Laine de roche :	26
.5.1.3	Le polystyrène:	26
.5.1.4	Le polyuréthane:	26
5.2.	Matériaux d'isolation issus de ressources naturelles ou organiques	26
5.2.1.	Les panneaux ou laines de fibres de bois :	26
.5.2.2	La ouate de cellulose:	27
.5.2.3	Les panneaux de liège:	27
.5.3	Les isolants minces.....	27
6.	Simulation à l'aide du logiciel TRNSYS	27
.6.1	Avantages du logiciel TRNSYS.....	29
.6.2	Inconvénients du logiciel TRNSYS	29
7.	Description du modèle TRNSYS élaboré.....	29
7.1.	La description détaillée des différents composants utilisés dans le modèle TRNSYS.....	30
7.1.1.	Type 56.....	30
7.1.2.	Type 109-TMY2.....	30
7.1.3.	Type 65.....	30
7.1.4.	Type 25.....	30
7.2.	Exploitation du modèle élaboré.....	31
7.2.1.	Description du local à conditionner.....	31

7.2.2. Les différents types d'isolation thermique	32
8. Conclusion :.....	34
Chapitre 03	35
1. Introduction	36
2. Localisation de la région étudiée:.....	36
3. Résultats et discussion.....	37
3.1. La consommation énergétique annuelle	37
3.1.1. Mur local typique	37
3.1.2. Comportement énergétique du bâtiment 1.....	39
3.1.3 Comportement énergétique du bâtiment 2.....	40
3.1.4. Comportement énergétique du bâtiment 3.....	41
3.2 Comparaison de différents isolants	44
4 Conclusion.....	45
Conclusion générale	46
Références bibliographiques :	47

Table des figures :

Figure 1 : Concepts de la stratégie du froid	12
Figure 2 : Concepts de la stratégie du froid	13
Figure 3 : Diagramme bioclimatique	15
Figure 4: Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.....	17
Figure 5: Diagramme bioclimatique Olgyay (1963).	18
Figure 6 : Photos de différents isolants : (1) Laine de verre, (2) Laine de roche,(3) Polystyrène, (4) Polyuréthane.[27].....	26
Figure 7 : (1) Laine de bois, (2) Ouate de cellulose, (3) Liège,(4) Isolant mince	27
Figure 8 : Représentation schématique d'un composant sous TRNSYS.	28
Figure 9 : Le modèle TRNSYS développé pour estimer la consommation d'énergie.....	29
Figure 10 : Plan du bâtiment typique.	31
Figure 11 : mur de référence	32
Figure 12 : mur typique n°01	32
Figure 13 : mur typique n°02	33
Figure 14 : carte de localisation de la wilaya de Béchar	36
Figure 15 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment de mur local typique 1.....	37
Figure 16 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 2.....	39
Figure 17 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 3.....	40
Figure 18 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 4.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 19 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 3, (a) l'isolant installé à l'extérieur, (b) l'isolant installé à l'intérieur.	43

Tableaux :

Tableau 1 : synthèse bibliographique	19
Tableau 2 The technical information of the main system components and TRNSYS types	30
Tableau 3 : charge thermique du bâtiment en kW pour le mur local typique	38
Tableau 4 :charges thermiques du bâtiment en kW pour le mur 2	40
Tableau 5 :charges thermiques du bâtiments en kW pour le mur 3	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 6 :charges thermique du bâtiments en kW pour le mur 4	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7 charges thermiques des bâtiments en kW pour le mur 5	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 8 : comparaison entre différents types d'isolants thermiques.....	44

Introduction générale

Concevoir un bâtiment naturellement chauffé, refroidi et éclairé tout en tenant compte de la performance énergétique est l'un des enjeux les plus importants dans les bâtiments résidentiels, d'autant plus que l'Algérie a dû suivre depuis le début de l'année 2016 une politique d'austérité due à la baisse du prix du pétrole brut.

En effet, après plus d'un demi-siècle d'indépendance, l'Algérie a tenté plusieurs expériences pour atténuer la crise de logement, due à plusieurs facteurs : A titre d'exemple, on peut citer le rythme rapide de l'exode rural au lendemain des indépendances jusque dans les années 1990, ainsi qu'une croissance démographique excessive. Ces deux facteurs ont conduit l'État à affronter cette crise en recourant à la production massive de logements pour répondre aux besoins quantitatifs des différentes couches sociales.

Le souci du bien-être humain est un sujet qui a suscité un grand intérêt dans diverses disciplines par intérêt pour les échanges que l'homme entretient avec son environnement. Ainsi, une consommation excessive d'énergie épuise les ressources fossiles de la terre et produit des déchets nocifs pour l'environnement.

Actuellement, le confort thermique est une exigence reconnue dans les bâtiments en raison de son impact sur la qualité des ambiances intérieures et sur la santé et la productivité des occupants qui passent les trois quarts de leur temps à l'intérieur. Cette exigence est étayée par des normes et réglementations qui garantissent la conformité des ambiances intérieures aux exigences de confort thermique. Cependant, la recherche d'ambiance thermique intérieure confortable et uniforme, selon les normes, tout au long de l'année et sans tenir compte des particularités du climat, de la localisation, des bâtiments, etc., s'accompagne d'une multiplication des groupes climatiques, ce qui conduit à une forte consommation d'énergie, notamment d'origine fossile, épuisable et polluante .

En effet, comprendre et évaluer le confort dans l'environnement humain est essentiel, car ce dernier est une composante essentielle dans l'élaboration et la conception des bâtiments.

Toujours en termes d'assurance du confort et, en même temps, de minimisation de la consommation d'énergie, il est nécessaire d'avoir de l'intelligence dans le choix des matériaux de construction, ainsi qu'un contrôle sur les effets de tous les éléments de l'enveloppe.

Confort thermique de l'intérieur de l'habitation D'autre part, les occupants doivent connaître la qualité thermique de chaque isolant utilisé dans l'enveloppe du logement afin d'améliorer le système d'isolation thermique.

Il est à noter que ce mémoire est divisé en deux grandes parties qui s'organisent comme suit : la première s'appuie sur la synthèse bibliographique, dite « revue de la littérature scientifique sur le sujet d'étude », tandis que la seconde est plutôt pratique (simulation thermique).

Le premier chapitre est consacré donc à l'acquisition des connaissances théoriques nécessaires sur le confort thermique. Dans un premier temps, nous définissons ce terme, puis nous abordons les différents critères qui influent sur le confort thermique. Dans un second temps, nous verrons les différents aspects de ce type de confort. Nous présenterons ensuite des études d'évaluation du confort thermique.

Dans le deuxième chapitre de ce manuscrit, nous avons mettrons en évidence l'importance du confort thermique, de l'analyse des caractéristiques climatiques et de la méthodologie de simulation pour obtenir une bonne sélection des matériaux de construction afin d'obtenir notre confort thermique avec un meilleur suivi.

Dans le troisième chapitre nous présenterons les résultats d'une auto-enquête sur le confort thermique dans l'habitat. D'autre part, nous présenterons les résultats obtenus à partir de la simulation d'indicateurs d'évaluation du confort thermique.

Enfin, le travail est complété par une conclusion générale résumant les résultats obtenus et les perspectives d'avenir.

Chapitre 01

1. Introduction

Comprendre et évaluer le confort dans l'environnement humain est essentiel, car ce dernier est un élément clé dans le développement et la conception des bâtiments.

L'ambiance thermique dans les bâtiments est un facteur important pour le confort des occupants. Elle est inscrite dans la volonté de maîtriser les impacts environnementaux d'un bâtiment tout en assurant une qualité satisfaisante de l'ambiance intérieure.

Ce chapitre présente les concepts et une synthèse bibliographique du confort thermique.

2. Confort thermique

Le confort thermique dans les environnements bâtis en général et plus précisément dans les environnements internes des logements collectifs est devenu une question quotidienne pour les architectes et les techniciens, ce qui a engendré de larges études dans la littérature scientifique, comme l'attestent Rizzo et al. (2004). Ce vieux concept a été discuté depuis les années 1930 (Taleghani et al. 2013), mais avant que nous abordions ce concept du confort thermique en général, il est impératif qu'il soit clairement défini, afin de pouvoir l'évaluer dans la présente étude. À ce titre, plusieurs pistes de réflexion ont été menées par la littérature scientifique afin de pouvoir définir le confort thermique d'une manière bien précise. Conformément aux normes internationales (ASHRAE55 1992 ; ISO7730 1994), les chercheurs ont généralement défini ce concept comme la condition de l'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique (Fanger 1973 ; Hensen 1990 ; Castilla et al. 2014). De même, Prakash et Ravikumar (2015) qui sont arrivés à définir cette notion comme l'état de l'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique. En effet, ces deux citations illustrent l'idée selon laquelle le confort thermique reste un aspect essentiel concernant la satisfaction des occupants envers leur environnement (Schellen et al. 2012).

En outre, on trouve ainsi que d'autres chercheurs définissent le confort thermique d'une manière un peu différente. À titre d'exemple, Hensen (1991) signale que le confort thermique est un état dans lequel il n'y a pas d'impulsions qui conduisent à corriger l'environnement de l'occupant par son comportement (Hensen 1991). D'autre part, Fabbri (2015) souligne de son côté que le confort thermique peut être défini comme le résultat d'un processus dû à des échanges au niveau de la masse d'énergie entre l'occupant et son environnement (Fabbri

2015). Il ajoute également que l'Organisation Mondiale de la Santé WHO/OMS (1999) a relié la définition du confort avec le concept de la santé, cette dernière est définie comme un état global du bien-être physique, mental et social de l'occupant, et non seulement dans l'absence des maladies ou de l'infirmité (WHO 1999). Dans le même ordre d'idées, Prakash et Ravikumar (2015) ont ajouté que le confort thermique est un facteur impératif qui détermine la santé et la productivité des occupants des immeubles d'habitation (Prakash et Ravikumar 2015). Par ailleurs, Nematchoua et al. (2014) confirme que le confort thermique est défini comme la situation dans laquelle une personne ne sent ni froid ni chaud, dans une atmosphère donnée (Nematchoua et al. 2014). La définition du confort thermique d'après cette piste de réflexion a été prolongée par Attia et Carlucci (2015) qui ont défini ce concept avec un peu plus de précision, pour eux le confort thermique est généralement utilisé pour indiquer si l'occupant ne sent ni trop froid, ni trop chaud par rapport à son environnement thermique (Attia et Carlucci 2015).

Finalement, nous pouvons déduire que le confort thermique qui est l'état de satisfaction du corps vis-à-vis de son environnement thermique est un paramètre clé, objectif et subjectif pour un milieu résidentiel sain et productif. Nous pouvons ajouter également que l'état de confort de l'occupant envers son environnement thermique dépend de l'interaction entre de multiples facteurs physiques, physiologiques et psychologiques.[1]

3. Modèles de confort thermique

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) déclare que la santé est un état général de bien-être physique, mental et social et pas seulement l'absence de maladie ou de déficience [2]. Il existe deux approches du confort thermique :

3.1. Le modèle de Fanger (L'approche analytique) :

Le Vote Moyen Prévisible PMV et le Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits PPD, qui sont les deux indicateurs décrits par Fanger dans les années 1970 [3]. Ces indicateurs dépendent de deux facteurs humains, la capacité à répondre aux besoins et à l'habillement, ainsi que de quatre facteurs environnementaux : l'air qui génère de la chaleur, l'humidité relative HR, la température radiante T_r et la vitesse de l'air V_a . Afin de se concentrer sur l'étude des échanges d'énergie entre le corps humain et l'environnement, Fanger a développé une équation liée aux paramètres environnementaux, physiologiques et physiques et aux indices de sensation

thermique, basée sur les réactions et les sensations thermiques que les gens expriment lors d'une activité particulière.

Actuellement, l'indicateur PMV Fanger est utilisé par les personnes dans ce domaine comme un indicateur empirique qui est largement utilisé comme indicateur de confort thermique et a été cité dans plusieurs travaux, par exemple : de Butera (1998) ; Skoog, Franson and Jagmar (2005); Jang, Koh et Moon (2007); Wong, Moi, Hui (2008); Wei et al. (2010).[1]

3.2. L'approche adaptative

Le modèle adaptatif fournit des dépendances pour le confort thermique, obtenues à partir des résultats d'études de terrain à grande échelle. La théorie de l'approche adaptative s'exprime dans le principe d'adaptation suivant : Si le changement conduit à l'inconfort, alors les gens recherchent des voies menant à la récupération du confort [4]

4. Les facteurs affectant le confort thermique

4.1. Les facteurs climatiques environnementaux

Il existe plusieurs facteurs qui interfèrent avec le concept de confort, dont certains sont liés à l'individu et d'autres liés au climat environnemental : [5]

- 4.1.1. Température de l'air :** C'est le facteur le plus important affectant le confort de l'être humain, cette température doit être comprise entre 22 et 27 degrés Celsius, ce qui est acceptable selon les recommandations architecturales du ministère algérien de l'Environnement (1993) [6] La température de l'air est directement liée à l'échangeur de chaleur que l'air traverse et où la température de l'air dans la pièce est inégale et uniforme en raison des différences de température, en particulier près des surfaces froides.[6]
- 4.1.2. Humidité de l'air :** Si la température de l'air est confortable, l'humidité de l'air n'aura pas beaucoup d'effet sur le confort, tant qu'elle n'est ni trop élevée ni trop basse.[6]
- 4.1.3. Le mouvement de l'air :** Plus le mouvement de l'air est important, plus le refroidissement du corps ou l'accélération de l'échange de chaleur par convection avec l'air ambiant est important, ce qui affecte grandement le confort.[6]
- 4.1.4. Rayonnement :** L'effet du rayonnement dépend de la position de l'objet par rapport au soleil, ainsi que de la vitesse du vent et de la blancheur des objets qui l'entourent. B. GIVONI

en 1978 tire de l'expérience que l'effet du rayonnement sur un homme debout faiblement vêtu est d'environ 70° lorsque le rayonnement tombe sur un homme assis dos au soleil.[6].

4.2. Les variables dépendant du sujet

- Les activités physiques de l'individu : Cela dépend en grande partie de la nature de l'activité physique pratiquée. Une personne qui fait des travaux ménagers produit plus de chaleur qu'une personne qui est en position assise.
- L'habillement représentant la résistance thermique aux échanges de chaleur qui ont lieu entre la surface de la peau et l'ambiance [6].

4.3. Les facteurs subjectifs

D'après Alain Liébard et André De Herde (2003), la sensation du confort thermique dépend de [3] :

- Le métabolisme représentant la production de chaleur interne du corps humain nécessaire pour le maintenir à une température constante de 36.7°C, soit environ 80W au repos.
- La température de surface du corps ou température de la peau variant en fonction du métabolisme.
- La température moyenne de surface des parois concernant les échanges par rayonnement avec les parois, proportionnellement à leurs superficies.

5. Isolation thermique :

L'isolation thermique est plus que nécessaire afin d'obtenir un confort thermique, l'isolation donne une bonne sensation de confort tout en réduisant la facture de chauffage pendant l'hiver, et en été le confort est obtenu en combinant les avantages de cette isolation et la forte inertie thermique de la maison et dont il restera la température intérieure est aussi stable et fraîche que possible sans l'utilisation de la climatisation.

Selon P.de Haut (2007), une maison chauffée perd une partie de sa chaleur, cela se fait par de grandes fuites de chaleur à travers les surfaces : plafond, murs et verre, ce qui se traduit par une perte de 60% de chaleur, et les joints entre les murs présentent également des fuites de chaleur appelées ponts thermiques.

Les déperditions de chaleur peuvent être superficielles par transmission à travers les murs opaques et les vitres, linéaires dans tous les recoins de l'habitat et les ponts thermiques ou encore les déperditions par renouvellement d'air.[7]

5.1. Techniques de l'isolation thermique

Il existe de nombreuses techniques d'isolation thermique, on peut citer à titre d'exemple :

- L'orientation du bâtiment pour qu'il soit ouvert au soleil, placer les ouvertures aux bons endroits.
- L'utilisation d'une grande épaisseur d'isolant pour bien isoler le bâtiment.
- Une réduction des ponts thermiques. Il arrive qu'il y ait des ruptures de continuité dans l'isolation du bâtiment : C'est ce qu'on appelle un pont thermique. Ces ponts thermiques engendrent alors d'importantes fuites de chaleur.
- L'utilisation du double ou triple vitrage dans les fenêtres car le verre est considéré comme un isolant thermique très faible en raison de son épaisseur.[5]

5.1.1. L'isolation intérieure

C'est le type d'isolant le plus répandu, facile à réaliser, et il nécessite de travailler directement à l'intérieur des bâtiments en plaçant l'isolant à l'intérieur du mur. L'isolation intérieure maintient le mur hors de la zone d'isolation et permet un chauffage rapide adapté à un usage temporaire, par contre elle entraîne un rétrécissement de l'espace intérieur et la présence de ponts encore à traiter [8].

5.1.2. L'isolation extérieure

Cette technique nécessite généralement une épaisseur d'isolation plus faible. En plaçant l'isolant sur le mur de la maison de l'extérieur. Il présente l'avantage d'une meilleure isolation en supprimant les ponts de conduction thermique, en protégeant la structure du bâtiment dans son ensemble, sans réduire la surface intérieure du logement, et en maintenant la masse thermique du mur à l'intérieur de l'isolation. Cependant, il est difficile de le faire sur certaines constructions anciennes. De plus, il a besoin d'être protégé contre les intempéries, donc plus cher et moins attractif d'un point de vue énergétique [8].

5.1.3. L'isolation répartie

Cette solution utilise des matériaux qui intègrent un isolant dans leur structure, béton cellulaire, béton de chanvre, béton allégé, etc. Elle est généralement utilisée en construction neuve. Elle est performante et durable. La recherche des conditions de confort de l'habitat passe par une meilleure connaissance des comportements hydrique et thermique des parois [8].

6. La localisation du bâtiment

Le choix de l'emplacement du bâtiment a un effet direct sur le degré de confort thermique qu'il peut procurer aux occupants, du fait de la présence du soleil et du vent sur le toit et de sa position dans l'environnement du bâtiment.

L'implantation du bâtiment sur son site est, selon Pierre Fernandez, un préalable à l'intégration de la composante énergétique dans la maîtrise de l'environnement architectural.

Selon cet auteur, réussir une insertion du bâtiment, revient à exploiter le potentiel du site et procéder à l'analyse de l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques de ce dernier, comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation, l'ensoleillement et enfin le vent.[7].

7. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique

Basée sur des choix judicieux concernant la forme du bâtiment, son orientation en fonction des caractéristiques du territoire (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie, etc.), l'aménagement de l'espace, les matériaux utilisés, l'architecture bioclimatique est une conception qui vise à utiliser éléments de l'environnement pour satisfaire le confort et le bien-être de l'homme. Eté comme hiver, l'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une atmosphère intérieure confortable. Ces stratégies vont au sens de l'approche bioclimatique du confort thermique.[9]

7.1. Système de chauffage solaire passif. (Confort d'hiver)

Tout comme il est important de se protéger de la surchauffe en été, il est aussi important de récupérer des calories en hiver pour les réchauffer. Les principes de la stratégie de chauffage (ou systèmes de chauffage solaire passif) sont les suivants : capter le rayonnement solaire, stocker l'énergie captée, répartir cette chaleur dans le bâtiment, réguler cette chaleur, et enfin éviter les déperdition par l'air.(figure)[9]

- **Protéger**

Protéger le bâtiment, en particulier ses ouvertures, des rayons directs du soleil pour limiter la surchauffe du bâtiment au droit des murs opaques, une grande attention doit être prise pour éviter les gains de chaleur provenant des murs et des plafonds chauffés par le soleil.[10]

- **Minimiser**

La minimisation des avantages internes vise à éviter la surchauffe du bâtiment due aux occupants et à l'éclairage artificiel, aux équipements électriques et à la densité du bâtiment. Par exemple, certaines contributions peuvent être minimisées en privilégiant l'éclairage naturel.[10]

- **Dissiper**

La dissipation de la chaleur excédentaire peut être obtenue par la ventilation naturelle, en exploitant les gradients de température à travers des sorties qui produisent un effet cheminée.[10]

- **Refroidir**

L'espace peut être facilement refroidi par des moyens naturels. Comme favoriser la ventilation (surtout la nuit, pour restituer la chaleur stockée pendant la journée) ou rafraîchir l'air avec des dispositifs naturels comme l'eau, les fontaines, les plantes et les canalisations enterrées.[10]

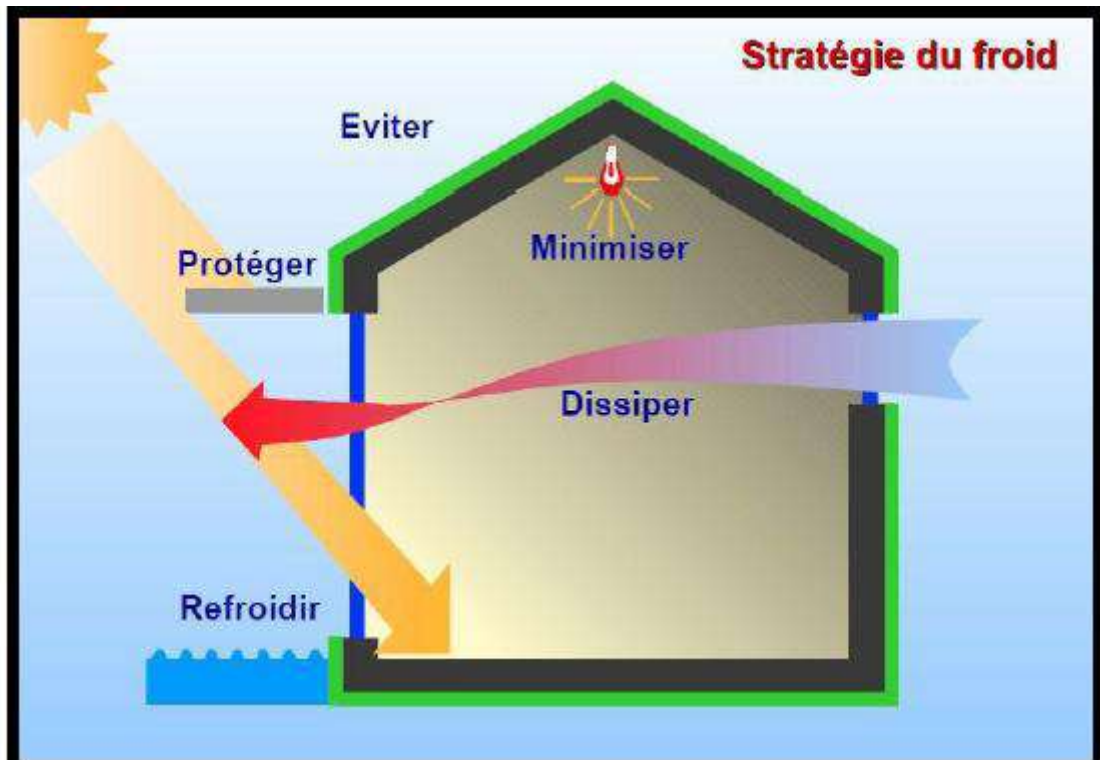


Figure 1 : Concepts de la stratégie du froid (Source : mémoire de Mr MAZARI Mohammed).[11]

7.2. Système de rafraîchissement passif (confort d'été)

L'apport gratuit n'est pas souhaitable pendant la saison chaude et contribue à augmenter les besoins de refroidissement. La stratégie de refroidissement naturel répond au confort d'été. Il s'agit de se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, de dissiper l'excès de chaleur, et enfin de se rafraîchir naturellement.[9]

- **Capter**

Le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend du climat, de ses changements quotidiens et de ses conditions saisonnières.[10]

- **Stocker**

Le rayonnement solaire génère de la chaleur (c'est-à-dire le stockage) lorsqu'elle n'est pas nécessaire. Ce stockage s'effectue dans chaque matériau en fonction de sa capacité à d'accumulation, absorbant ainsi la chaleur et réduisant les fluctuations de température dans le bâtiment.[10]

- **Conserver**

Dans les climats froids, il faut essayer de retenir toute la chaleur, qu'elle provienne du soleil ou du chauffage.[10]

- **Distribuer**

Cette distribution peut se produire naturellement lorsque la chaleur accumulée dans une substance pendant la période du lever au coucher du soleil et est restituée à l'air ambiant par rayonnement ou par circulation d'air convective (la migration naturelle vers le haut des masses d'air chaud) après cette période.[10]

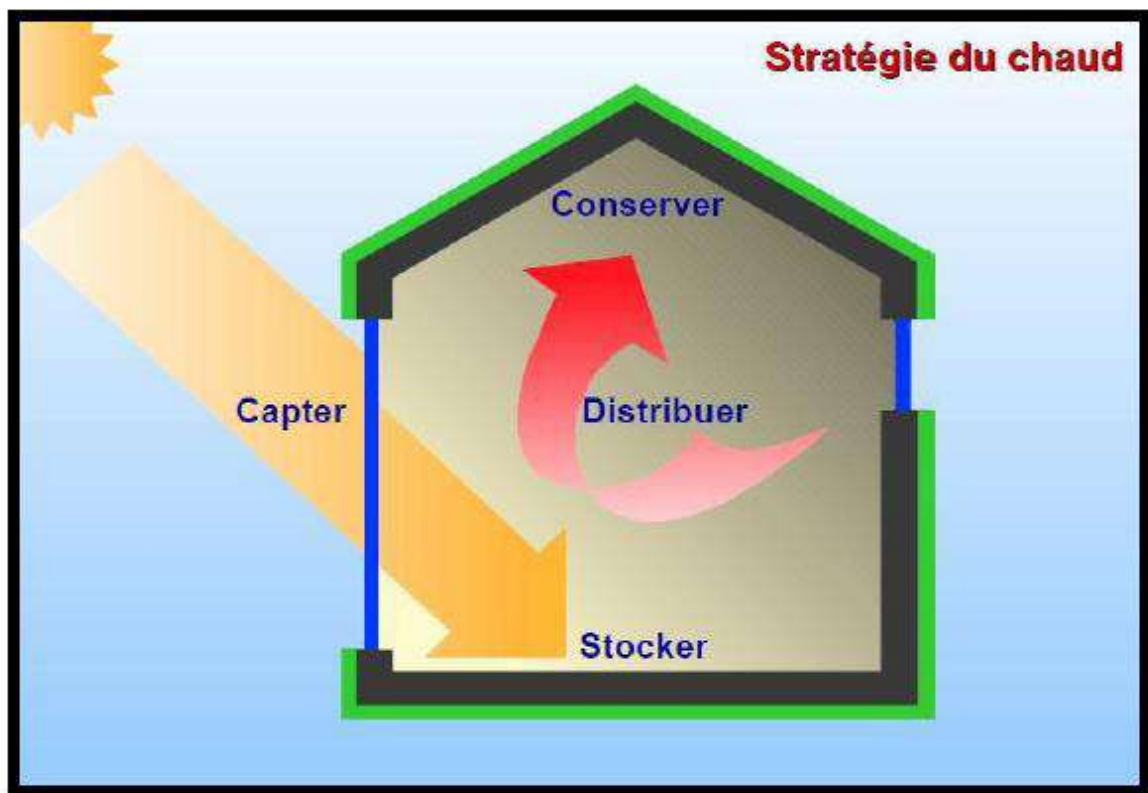


Figure 2 : Concepts de la stratégie du froid (Source : mémoire de Mr MAZARI Mohammed).[11]

8. Méthode d'évaluation du confort thermique

Grâce aux expérimentations réalisées par différents chercheurs et à la mise en place de différents critères pour déterminer le confort thermique, plusieurs méthodes combinées ont été développées par les chercheurs pour traiter simultanément les variables de repos.[12]

8.1. Les outils graphiques d'évaluation du confort thermique

La carte bioclimatique d'Olgai (Olgai, 1963), la carte de Jivoni (Jivoni, 1992), les tables de Mahoney et la méthode de Szokolay sont parmi les outils les plus connus dans le domaine. Le principe est de comparer sur un même graphique, le polygone de confort, qui représente les conditions extérieures, la zone d'effet thermique et l'hygromètre d'une solution architecturale ou d'un appareil.[13]

8.1.1. Le diagramme bioclimatique

Le diagramme bioclimatique est un outil permettant de prendre en charge la décision générale du projet et de définir le niveau pour effectuer de grandes options telles que l'inertie thermique, la ventilation générale, le refroidissement TIF, puis le chauffage ou la climatisation, il a été construit sur un diagramme appelé le diagramme de l'air humide (figure 3)[14]

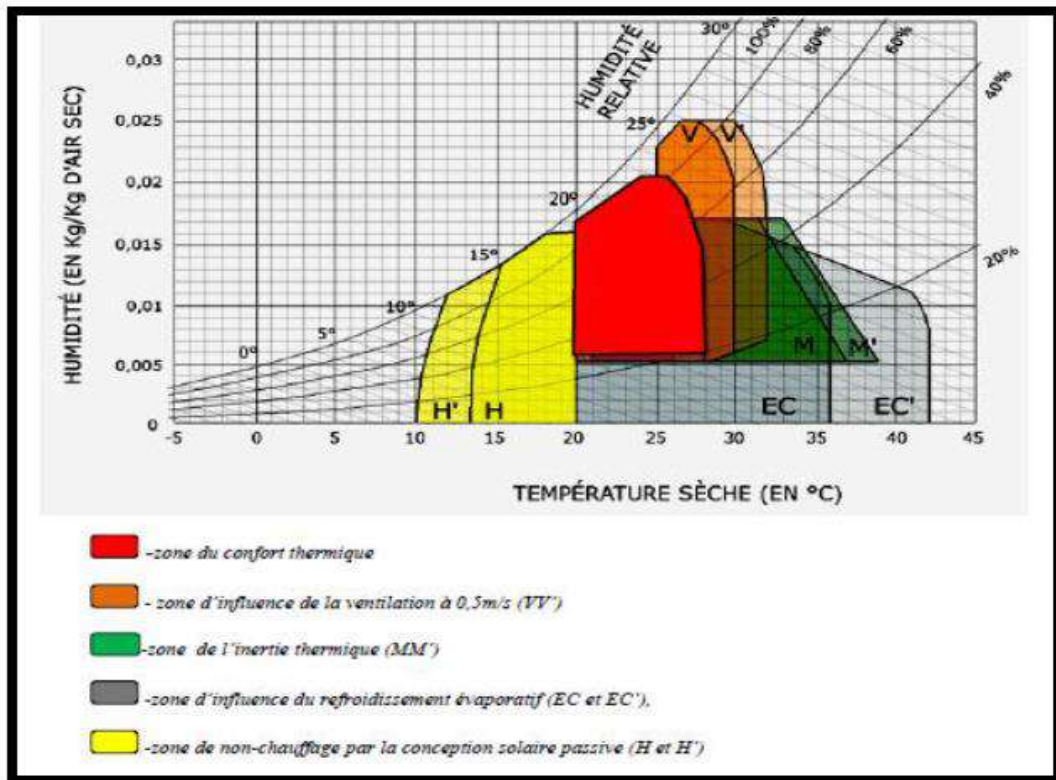


Figure 3 : Diagramme bioclimatique [14].

Sur ce diagramme sont présentées :

- La zone de confort humide est tracée pour l'activité sédentaire, la vitesse minimale (généralement 0,1 m/s) et les vêtements moyens d'hiver et d'été. [15]
- L'expansion de la zone de confort de chaleur humide est due à la ventilation en augmentant la vitesse de l'air de 0,1 à 1,5 m/s.
- La zone de conditions de chaleur humide est compensée par l'inertie thermique associée à la protection solaire.
- La zone de conditions humides est compensée par l'utilisation d'un système de refroidissement passif par évaporation.
- Les conditions humides : l'air doit être humidifié.
- La zone de condition humide est compensée par la conception solaire passive du bâtiment.

Le diagramme bioclimatique trouve son utilité dès que les conditions climatiques s'écartent du polygone de confort, la distance qui sépare ces conditions des limites du polygone suggère dans le diagramme bioclimatique les solutions constructives et fonctionnelles qu'il faut adopter pour concevoir un bâtiment adapté : ventilation, inertie thermique, protection solaire,

utilisation des systèmes passifs. Cette méthode graphique permet de bien se rendre compte de quelques techniques qu'on peut utiliser pour améliorer le confort dans le bâtiment.[16]

8.1.2. Diagramme de Givoni

Sur la base des études précédentes sur Olgyay, Givoni a mis au point une méthode de test dans laquelle cette méthode présente confortablement les limites de l'atmosphère. Il présente une méthode plus efficace que celle d'Olgyay, en évaluant les exigences physiologiques du confort.

Givoni définit le confort en considérant la personne en état d'activité. Par l'intermédiaire de son diagramme bioclimatique, il a prouvé qu'avec l'application des concepts de l'architecture, l'effet de variation climatique de l'environnement extérieur peut être réduit au minimum [17]. Il a alors mis au point un outil synthétisant les zones thermo-hygométriques et les moyens d'intervention par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent être utilisés pour remédier aux sollicitations du climat [17]. Ceci est exprimé sur un diagramme psychrométrique ou bioclimatique (Figure 4), présenté dans son ouvrage « L'homme, l'architecture, le climat » [18].

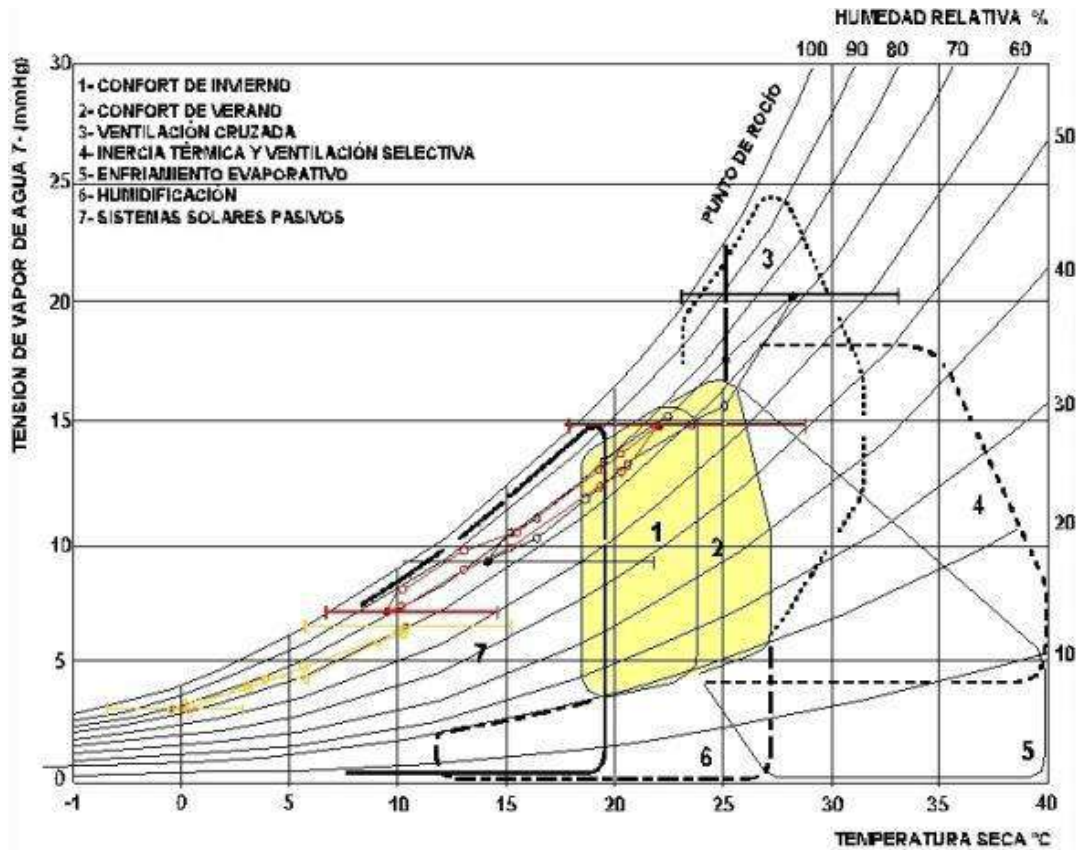


Figure 4: Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.[16]

8.1.3. Diagramme d'Olgay:

Créé en 1953, il met en évidence la zone de confort humain par rapport à la température extérieure, l'humidité, la température radiante moyenne, la vitesse du vent, le rayonnement solaire et la perte de chaleur par évaporation.

Il est destiné aux bâtiments dont l'évolution de la température intérieure est étroitement liée à la température extérieure. Cette méthode convient pour une application dans des zones humides où il y a peu de différences entre les conditions intérieures et extérieures (Jivoni, 1992) [19].

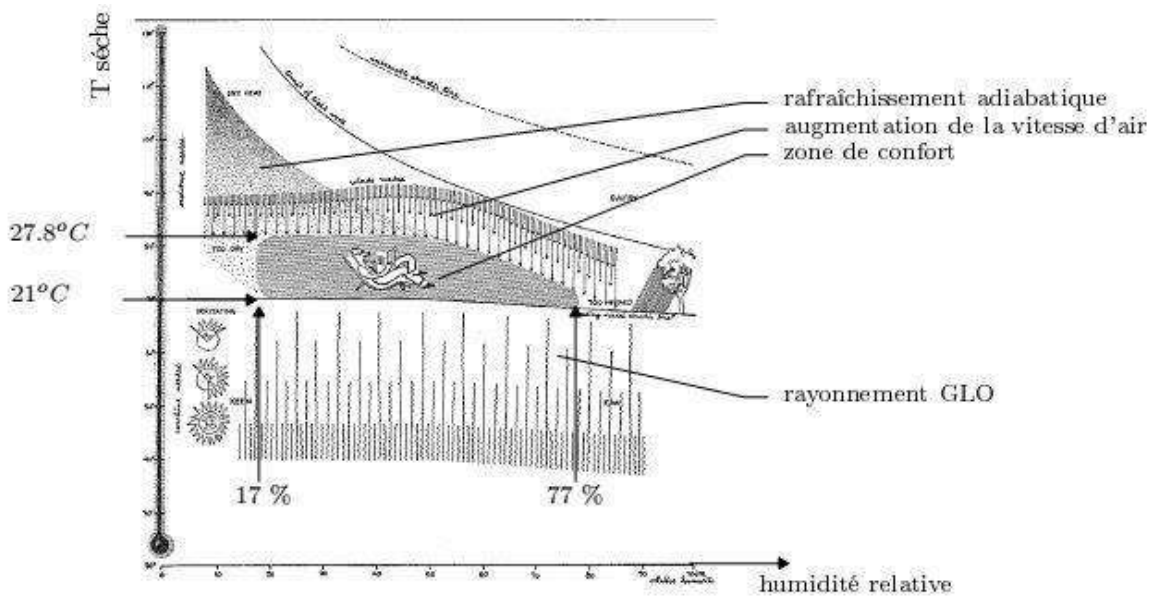


Figure 5: Diagramme bioclimatique Olgay (1963). [19]

8.1.4. Tables de Mahoney

Les tables de Mahoney présentent un autre outil pour déterminer les recommandations nécessaires à la réalisation du confort hygrothermique dans le bâtiment. L'analyse du climat est basée sur les températures, les humidités relatives et la pluviométrie. Les limites du confort sont définies d'après la température annuelle moyenne et les humidités relatives.[16]

8.2. Température de confort thermique

Etant donné l'importance de la température sur l'intensité des échanges thermiques, il est naturel de s'intéresser à la température caractéristique de l'atmosphère de l'habitation, le thermostat de refroidissement a été réglé à une température moyenne entre 26 °C et 23 °C.

[20]

9. Synthèse bibliographique sur le confort thermique dans les bâtiments

L'étude du confort thermique a pour objectif général de connaître et d'étudier les normes de base et les conditions optimales afin d'offrir un confort thermique optimal à l'intérieur du bâtiment.

Nous passons ici en revue quelques travaux antérieurs liés au confort thermique dans les bâtiments.

Tableau 1 : synthèse bibliographique

Travail scientifique	Etudiants (Mémoire)	Année
Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif: Étude comparative entre le social et le promotionnel, dans la ville de Biskra.	Berkouk Djihad	2017
Thermal comfort design of traditional houses in hot dry region of Algeria.	Maatouk Khoukhi et Naïma Fezzioui2	2012
Amélioration du confort thermique dans un bâtiment touristique. Cas du complexe thermal Chellala – Guelma.	Belkhiri Amer	2017
Evaluation du confort thermique dans les anciennes bâtisses de la région d’Adrar.	Benjaouane Soumia et Lemherzi Nassira	2020

- **Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif: Étude comparative entre le social et le promotionnel dans la ville de Biskra**

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer le confort thermique et lumineux dans les logements collectifs sociaux et promotionnels de la ville de Biskra, qui est affectée par le climat chaud et sec. Une méthodologie de recherche basée sur les deux types de confort a été proposée pour cette étude. La première est une enquête personnelle complétée à l'aide d'un questionnaire comme outil de recherche. Tandis que la seconde est une expérimentation objective réalisée à l'aide de plusieurs simulations numériques à l'aide de deux programmes : Radiance et Daysim comme outils d'évaluation des performances de l'ambiance lumineuse, et TRNSYS comme outil d'évaluation du confort et de la chaleur des lampes. Il n'existe pas d'autres solutions garantissant le confort thermique dans ces deux types d'habitations. Cela est dû à l'absence totale de dispositifs architecturaux dans les espaces des baies ainsi qu'à la mauvaise intégration des systèmes d'isolation thermique dans ces deux types d'habitations. D'autre part, l'analyse et l'interprétation des données montrent également que ces logements

offrent un environnement lumineux idéal à l'intérieur, où les résidents se sentent à l'aise pendant une très longue période d'occupation annuelle pendant la journée, où ils peuvent effectuer leurs tâches visuelles normalement, sans avoir besoin d'éclairage artificiel. [1]

Thermal comfort design of traditional houses in hot dry region of Algeria

La nouvelle architecture qui a été récemment produite dans le sud algérien est connue sous le nom de "construction moderne" selon la direction des villes du nord, qui ont un climat différent, pas complètement adapté au climat rigoureux du sud algérien, Ksar Kenadsa est considéré comme l'une des villes antiques les plus importantes de la région sud-ouest de l'Algérie avec ses dimensions culturelles et religieuses.

L'architecture est conçue pour apporter du confort à la saison chaude. Les nouvelles maisons ont été construites selon la conception architecturale du nord, ignorant le climat extrêmement rigoureux de la région sud de l'Algérie, qui a un climat extrêmement chaud et sec. Pour évaluer le confort thermique de ce logement moderne comparatif, une analyse du logement traditionnel existant est réalisée à l'aide du programme TRNSYS. Les résultats de la simulation montrent que la maison typique moderne semble inadaptée au climat désertique. En effet, hormis l'utilisation de la climatisation en été, aucune autre solution ne peut garantir le confort thermique.[21]

- **Thème : Amélioration du confort thermique dans un bâtiment touristiqueCas du complexe thermal Chellala - Guelma**

Ce travail s'intéresse à la qualité et à la garantie du confort thermique à l'intérieur du bâtiment au détriment de l'isolation de la structure extérieure du bâtiment et met ainsi en évidence l'influence de ce facteur sur la température intérieure de l'espace.

La simulation a été présentée à l'aide du programme Ecotac sur une étude de cas pour évaluer la performance des techniques et des matériaux utilisés dans le projet.

Dans cette dernière considération de normes, le routage de l'isolation et du double vitrage dans l'architecture permettent une meilleure conception et de meilleures performances en termes d'amélioration du confort.[22]

- **Evaluation du confort thermique dans les anciennes bâtisses de la région d'Adrar**

Ce travail vise à mettre en place un état des lieux de la réhabilitation et de la restauration des édifices en terre qui constituent le patrimoine architectural local de la région de l'Adrar dans le désert algérien. . En effet, l'utilisation de nouveaux matériaux dans les bâtiments résidentiels peut entraîner une utilisation systémique de la climatisation et par conséquent une augmentation de la consommation d'énergie électrique, tandis que la réhabilitation des maisons en terre permet d'assurer un confort thermique avec une moindre consommation d'énergie. Dans ce cadre nous nous intéressons à l'aspect adaptatif du confort thermique ainsi qu'à l'aspect analytique, ce qui permet d'obtenir une vision globale du confort thermique dans les bâtiments anciens de la zone d'ADRAR. Partant d'une étude bibliographique du bâti ancien de la zone considérée, ils ont mené une étude analytique in situ de cette zone pour explorer au plus près le confort thermique et caractériser l'interaction entre l'occupant et son environnement, habitable à partir de données climatiques mesurées aussi récemment qu'en 2016. Ensuite, il a été développé une méthodologie basique d'évaluation du confort thermique qui permet d'intégrer dans la bibliographie les différentes compositions d'une enveloppe habitable ancienne pour cette région spécifique. Cette méthodologie permet de déterminer l'état de confort thermique de l'habitat en fonction des caractéristiques des locaux et des données climatiques prises en compte dans les calculs.[12]

10. Conclusion

On peut conclure des concepts et de la synthèse bibliographique que nous avons étudiée dans ce premier chapitre l'état de confort de l'occupant vis-à-vis de l'ambiance thermique qui dépend de l'interaction entre plusieurs facteurs physiques, physiologiques et psychologiques. En conséquence, nous avons constaté que l'approche rationnelle et l'approche adaptative sont les deux principales approches les plus fréquemment utilisées par les chercheurs en architecture pour évaluer le confort thermique dans les environnements bâtis. La nécessité d'évaluer le confort thermique dans les bâtiments a conduit au développement de méthodes, et des outils graphiques qui sont l'une des méthodes d'évaluation préférées.

Chapitre 02

1. Introduction

La simulation thermique des bâtiments est une méthode puissante pour étudier la performance thermique des bâtiments et évaluer la conception architecturale. Prendre les normes et conditions optimales lors de la conception du bâtiment assure le confort thermique de ses habitants et son adaptation au climat, puis éclairer le niveau thermique du bâtiment, notamment sur l'isolation thermique de l'enveloppe, qui joue un rôle important dans la maîtrise de la consommation. Ce chapitre décrit le développement d'une plateforme de simulation thermique du bâtiment pour différents types d'isolation thermique.

2. Simulation

En raison du coût et des durées expérimentales, la simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale. La simulation thermique dynamique permet de faire vivre virtuellement le bâtiment sur une longue période, afin d'étudier son comportement prévisionnel pour des résultats proches de la réalité.

Pour valider les solutions retenues, le choix s'est fait, pour la simulation, sur le logiciel TRNSYS pour les divers avantages qu'il présente.

2.1. Les atouts de la simulation énergétique

La modélisation est un outil d'aide à la décision pour contribuer à diverses mesures d'efficacité énergétique et pour assurer l'optimisation des exigences réglementaires. Ainsi, il offre la possibilité de comparer, de modifier et de commuter différentes options de configuration de projet en comparant les performances énergétiques avant de prendre des décisions d'investissement importantes. Cela permet de faciliter l'orientation du maître d'ouvrage dans ses choix et la prise de décisions adaptées au projet, que ce soit au niveau des matériaux, des systèmes ou encore de l'orientation du bâtiment.

La simulation offre la possibilité de comparer différentes alternatives, leur importance et leur rentabilité à court et à long terme. Elle aide également l'ingénieur à concevoir des systèmes adaptés aux besoins du bâtiment, la simulation aide à évaluer les effets de grands systèmes mécaniques en fonction des besoins internes du bâtiment afin d'éviter des équipements surdimensionnés, qui peuvent entraîner des pertes économiques et énergétiques dans le long terme.[24]

2.2. Le processus de simulation énergétique

Pour effectuer une modélisation énergétique du bâtiment, plusieurs caractéristiques du projet sont à définir, tout en restant modifiables par la suite, pour déterminer la consommation énergétique du bâtiment.

La description géométrique du bâtiment se fait en saisissant des plans, où sont indiquées les dimensions et les directions des pièces, des murs, des vitrages, des ouvertures, etc.

Décrire l'environnement à proximité du bâtiment (bâtiments adjacents, plantes pouvant faire de l'ombre, etc.), en plus des données de localisation correspondantes (latitude, longitude et altitude).

Une description de l'enveloppe du bâtiment avec indication de l'implantation des murs, vitrages, portes... et des propriétés physiques (thermiques et optiques) des matériaux constitutifs.

Une description de l'équipement (chauffage, ventilation, chauffage domestique, éclairage...) par des paramètres décrivant son fonctionnement.

Description des pressions externes (données météorologiques) et internes (scénarios / données de ventilation, occupation, etc.).

Les simulations doivent être dynamiques afin de pouvoir estimer à la fois la consommation d'énergie et le confort des occupants en toutes saisons, ce qui est finalement l'un des premiers rendus requis d'un bâtiment. Ce travail de mémoire porte donc sur des modèles et les codes de simulation dynamique du comportement thermique actif des bâtiments.[25]

3. Processus météorologiques

Les données météorologiques indiquent les conditions de température, d'humidité et de rayonnement solaire du bâtiment.

Les données météorologiques ont un impact significatif sur les charges des bâtiments et le fonctionnement des équipements. Par conséquent, il jouent un rôle majeur dans les calculs de la charge du système et des performances thermiques.

Les données météorologiques typiques visent à décrire le climat typique d'un emplacement géographique particulier. Ce format de données est utilisé spécifiquement au stade de la conception des bâtiments, mais son utilisation dépasse le cadre des simulations énergétiques des bâtiments (prévisions de production agricole, production photovoltaïque, etc.). [26]

4. Processus système climatisation, ventilation et chauffage

Les systèmes de refroidissement ou de chauffage assurent le besoin de confort thermique de l'environnement intérieur selon les normes fixées par les occupants. Ces systèmes énergétiques peuvent conduire à une surconsommation d'énergie dans les bâtiments si le contexte climatique n'est pas pris en compte.

Le système d'air est les commandes qui assurent le refroidissement et le chauffage d'une zone d'un bâtiment. Un système d'air alimente une ou plusieurs zones. La présence d'un thermostat dans chaque zone permet un contrôle spécifique de la température de l'air dans chaque zone. Lors de l'analyse de puissance, les composants de la réfrigération, de la pompe à chaleur, du chauffage à résistance électrique et du chauffage à combustion font partie du système d'air.[25]

5. Matériaux d'isolation thermique

Les matériaux d'isolation ont considérablement évolué avec les avancées technologiques, des exigences de base de la réglementation thermique des bâtiments à la conformité aux objectifs gouvernementaux de réduction des émissions de carbone. Comme les produits d'isolation varient en couleur, composition de base, finition de surface et texture, la spécification des matériaux d'isolation n'est pas seulement une décision scientifique, mais également une spécification réussie également basée sur une compréhension des performances et des facteurs environnants qui peuvent affecter l'installation finale. Cependant, afin de déterminer et de choisir la bonne isolation, le sélectionneur doit comprendre pourquoi cela fonctionne et appliquer la technologie appropriée à tout détail de construction particulier. En comprenant parfaitement les processus qui font fonctionner l'isolation, et même les facteurs qui l'empêchent de fonctionner, afin de sélectionner le bon matériau pour la bonne application.

Il existe trois types d'isolants thermiques différents, chacun contenant des matériaux différents : [27]

5.1. Matériaux d'isolation classiques :

5.1.1. Laine de verre

Ce type d'isolant thermique se caractérise par ses quantités économiques et disponibles, car l'énergie utilisée dans sa production est très élevée (0,035 W / mK), car il résiste à la

décomposition et se stabilise dans le temps, mais il perd de ses performances s'il est exposé à l'humidité. [27]

5.1.2. Laine de roche :

Ce type d'isolant est obtenu par fonte de roches, notamment de basalte, où la laine de roche est un matériau économique et résistant au feu et qui présente de bonnes performances phoniques et thermiques.[27]

5.1.3. Le polystyrène:

Le polystyrène se présente sous deux formes de feuilles (polystyrène expansé (EPS) et polystyrène extrudé (PSX).[27]

5.1.4. Le polyuréthane:

Le polyuréthane libère de grandes quantités d'isocyanates au moment de sa mise en œuvre, et ces émissions sont réduites à mesure que le produit se solidifie. En cas d'incendie, il libère des substances irritantes pour les yeux, la peau et les voies respiratoires.[27]



Figure 6 : Photos de différents isolants : (1) Laine de verre, (2) Laine de roche, (3) Polystyrène, (4) Polyuréthane.[27]

5.2. Matériaux d'isolation issus de ressources naturelles ou organiques

5.2.1. Les panneaux ou laines de fibres de bois :

Les feuilles de fibres de bois ou de laine présentent de nombreux avantages car elles sont recyclables étant donné qu'ils sont des matériaux 100% naturels, en plus du fait qu'elles

contiennent parfois des retardateurs de flamme chimiques et qu'elles peuvent être posées en toute sécurité.[27]

5.2.2. La ouate de cellulose:

Ils sont fabriqués à partir de papier journal ou de carton usagé, sont biodégradables après avoir été recyclés et coûtent deux fois plus cher que la laine de verre de base.[27]

5.2.3. Les panneaux de liège:

Ce type d'isolant est produit en très petite quantité en raison de son prix élevé (trois fois le prix de base de la laine de verre). De plus, ces panneaux présentent une bonne résistance mécanique.[27]

5.3. Les isolants minces

Il est considéré comme le plus répandu sur le marché car il est très fin et garantit les mêmes performances thermiques que la laine de verre, préparé en réfléchissant une feuille d'aluminium au lieu d'empêcher le transfert de chaleur par conduction avec l'exigence d'un espace d'air pour fournir une isolation thermique. Il est non biodégradable et coûte trois fois plus cher que la laine de verre.[27]



Figure 7 : (1) Laine de bois, (2) Ouate de cellulose, (3) Liège,(4) Isolant mince [27].

6. Simulation à l'aide du logiciel TRNSYS

Choisir un outil de simulation thermodynamique permet d'évaluer plus finement les besoins énergétiques et le niveau de confort thermique des bâtiments à partir des bilans mensuels. TRNSYS est un programme développé par le Solar Energy Laboratory de l'Université du Wisconsin-Madison (Sanford A. Klein Ph.D.) - un laboratoire solaire des années 1970. [28]

C'est un outil de simulation de systèmes énergétiques [29], notamment dans les bâtiments multizones [30], organisé de manière modulaire, qui facilite le travail du programme. Il a été créé à l'origine pour étudier plus spécifiquement les systèmes liés à l'énergie solaire, et est actuellement utilisé de manière générale dans le domaine de la modélisation thermo-atmosphérique des bâtiments.

L'utilisation de la simulation dynamique permet de simuler le comportement énergétique et les caractéristiques de chauffage et de climatisation d'un bâtiment par site, matériaux de construction utilisés, architecture, concept énergétique choisi, etc. [31].

Le TRNSYS présente un environnement de simulation basé sur une approche modulaire. Tous les éléments physiques ou toutes les entrées/sorties sont simulés par des modèles mathématiques (Figure 8). Cette technique modulaire décompose un problème complexe en plusieurs problèmes élémentaires. Un "module" est appelé "Type" ou "composant". Un "module" ou "Type" peut être présenté comme suit :

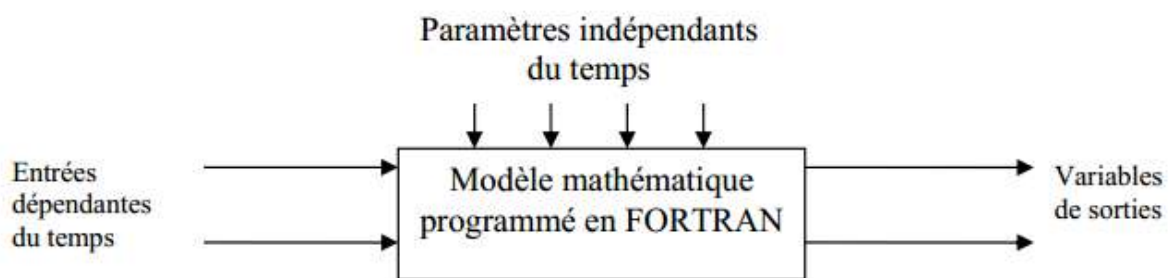


Figure 8 :Présentation schématique d'un composant sous TRNSYS.

- Entrées : liées aux informations qui seront présentées et stockées selon l'environnement de travail du programme dans les bibliothèques que le concepteur peut utiliser, et où les entrées incluent le climat, l'emplacement et l'enveloppe du bâtiment en termes de physicaliste externe, tandis que les entrées internes incluent la ventilation, le chauffage, la climatisation, etc...
- Traitement des données : Le travail du programme consiste à structurer les données selon le modèle de présentation du bâtiment et les modèles physiques mathématiques des phénomènes physiques retenus, puis à produire les résultats.[32]

- Les sorties sont les résultats que le programme peut fournir à la fin de la mise en œuvre.[33]

6.1. Avantages du logiciel TRNSYS

- Il est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité.
- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la bibliothèque d'origine.
- Documentation vaste de sous-programmes y compris explication, usages usuels et équations de base.
- Définition très souple de la période de simulation : choix de pas de temps, du début et de la fin de la simulation.[33]

6.2. Inconvénients du logiciel TRNSYS

TRNSYS ne dispose pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder des données définissant le bâtiment et le système.[33]

7. Description du modèle TRNSYS élaboré

L'interface du modèle simulée par TRNSYS est présentée sur la figure 9. Les principaux composants du modèle ainsi que leurs fonctions sont regroupées dans le tableau 2.

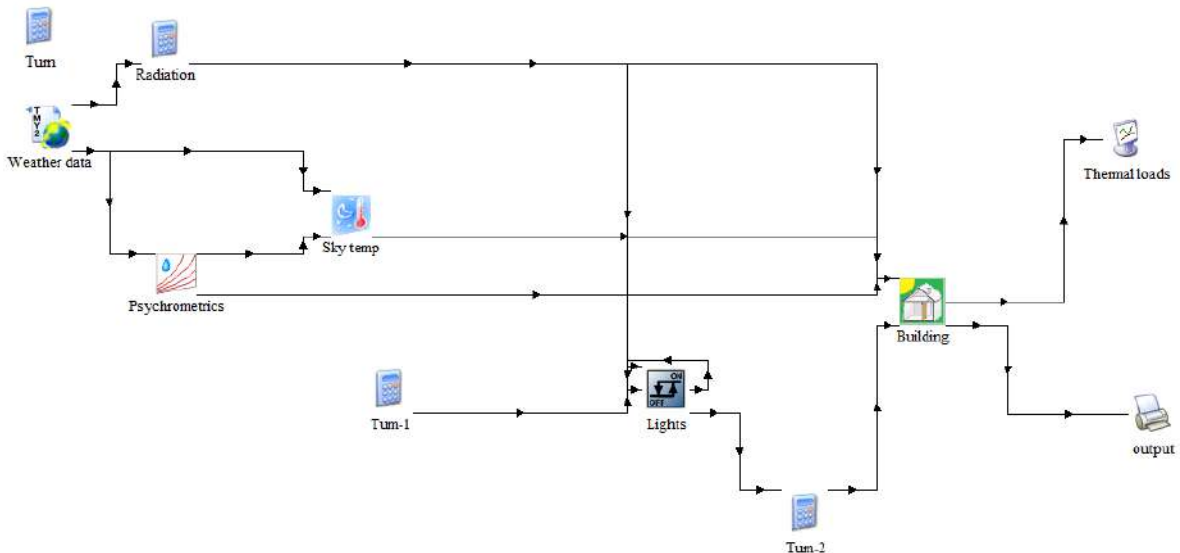


Figure 9 : Le modèle TRNSYS développé pour estimer la consommation d'énergie

Tableau 2 Les informations techniques des principaux composants du système et les types de TRNSYS

TRNSYS type	Fonction
Type 56	Bâtiment
Type 33 ^e	Calcul des propriétés de l'air humide
Type 69b	Calcul de la température du ciel
Type 109-TMY2	Données météorologiques
Type 65c	Affichage des résultats
Type 25f	Imprimante avec fichier de sortie

7.1. La description détaillée des différents composants utilisés dans le modèle TRNSYS

7.1.1. Type 56

Le modèle de bâtiment utilisé est TYPE56, qui permet de modéliser différentes zones thermiques, et détermine la géométrie du bâtiment et le mur, le sol, le plafond. Chaque mur est caractérisé par des couches d'épaisseurs différentes, chacune avec une densité, une conductivité spécifique et la capacité calorifique.

7.1.2. Type 109-TMY2

Ce composant est utilisé pour lire les données météorologiques à intervalles réguliers, et il lit le fichier de données et le traduit dans le système requis. Le type 109 lit le fichier de données météorologiques au format standard TMY2. Les sorties standard du TMY2 sont la température ambiante, l'humidité relative, la vitesse et la direction du vent.

7.1.3. Type 65

Il s'agit d'un composant de graphique linéaire pour afficher les variables du système pendant des périodes de temps spécifiques au cours de la progression de la simulation, nous permettant de détecter et de vérifier si le système ne fonctionne pas correctement. Cela nous aide à analyser les résultats de la simulation lors de l'exécution.

7.1.4. Type 25

Le composant imprimante est utilisé pour copier ou reproduire les variables indiquées à partir du système pendant des périodes de temps spécifiées. Le nombre maximum de variables par type est de 25 soit de l'ordre de 500 et il n'y a pas de limite fixée sur le nombre d'unités pouvant être utilisées dans la simulation.

7.2. Exploitation du modèle élaboré

Le modèle présenté est utilisé dans cette section pour prévoir la consommation d'énergie dans le chauffage et la climatisation des bâtiments en sud algérien. Pour cela nous avons utilisé, pour cette partie, un bâtiment commercial de surface 2500 m^2 .

Cette étude présente, dans sa première partie, les études préliminaires menées sur les effets des différents isolants thermiques (Gap d'air, double mur, polyuréthane etc....) sur la consommation énergétique du chauffage et de climatisation. Ceci afin de pouvoir trouver l'isolation thermique adéquate pour les bâtiments du sud algérien.

7.2.1. Description du local à conditionner

Le bâtiment commercial (figure 10), orienté nord, est de surface 2500 m^2 ($50 \times 50 \text{ m}$) et de hauteur intérieure de 3 m . Il a quatre murs extérieurs avec plusieurs types d'isolation thermique, et deux portes orientées sud de surface 8 m^2 .

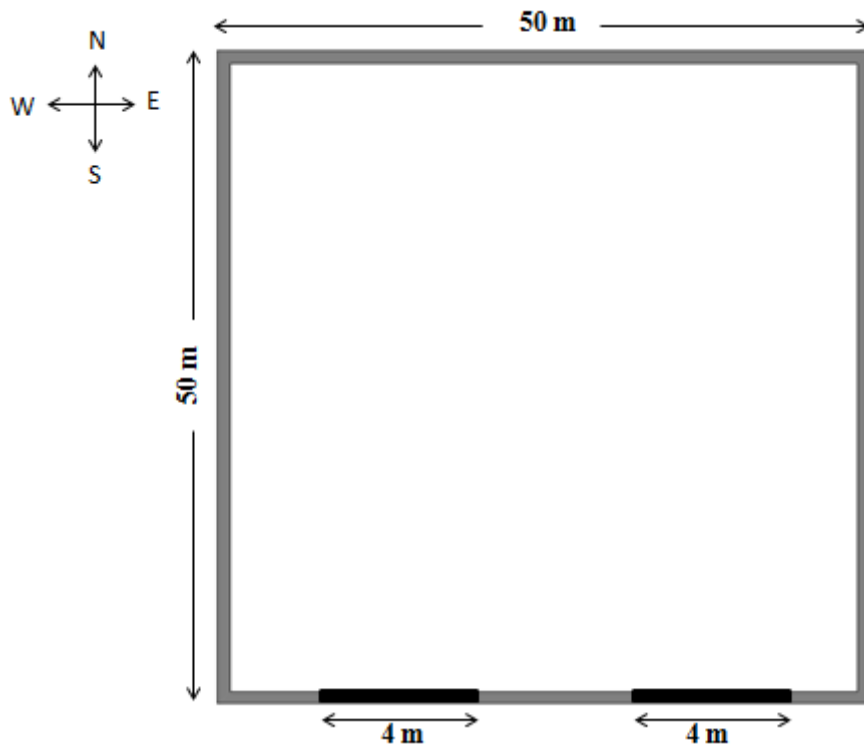


Figure 10 : Plan du bâtiment typique.

7.2.2. Les différents types d'isolation thermique

Les caractéristiques des bâtiments étudiés sont représentées dans les sections suivantes:

7.2.2.1. Construction de référence n°1

Cette construction de référence est constituée de deux couches de ciment d'une épaisseur de 2 cm, et d'une couche de brique, d'une épaisseur de 15 cm.

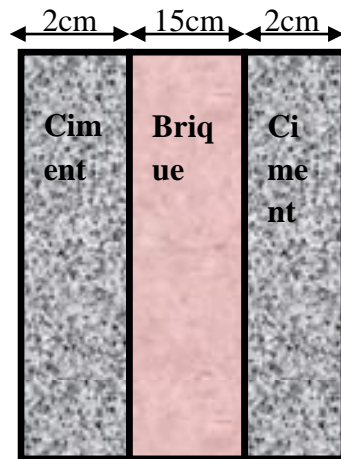


Figure 11 : mur de référence n°1

7.2.2.2. Isolation thermique n°2 :

Le premier mur du bâtiment contient deux couches de ciment de 2 cm d'épaisseur chacune et deux couches de brique de 15 cm d'épaisseur chacune, en plus de la présence d'une couche d'air entre la couche de ciment et la couche de brique, comme la montre la figure ci-dessus.

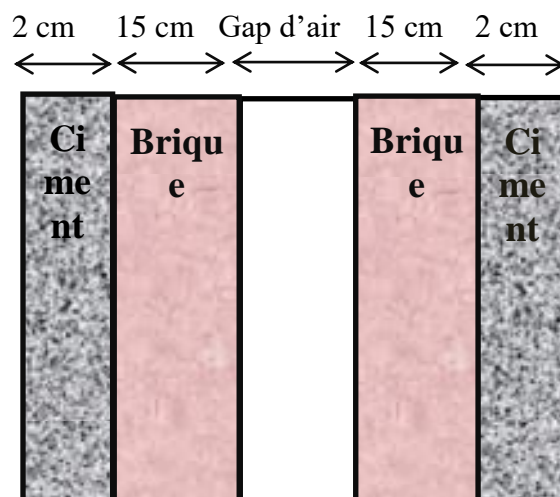


Figure 12 : mur typique n°02

7.2.2.3. *Isolation thermique n°3 :*

Le deuxième mur du bâtiment comprend une couche de ciment d'une épaisseur de 2 cm, en plus d'une couche de brique d'une épaisseur de 15 cm et d'une couche de bois d'une épaisseur de 1.5 cm, comme la montre la figure ci-dessus.



Figure 13 : mur typique n°03

7.2.2.4. *Isolation thermique (n°4 et n°5) :*

Le troisième mur du bâtiment comporte deux couches de ciment d'une épaisseur de 2 cm et une couche de brique de 15 cm d'épaisseur, en plus de la présence d'une couche intérieure de polyuréthane d'une épaisseur de 6 cm, comme la montre la figure ci-dessus.

Le quatrième mur du bâtiment contient deux couches de ciment d'une épaisseur de 2 cm et une couche de brique d'une épaisseur de 15 cm, en plus de la présence d'une couche extérieure de polyuréthane d'une épaisseur de 6 cm, comme la montre la figure ci-dessus

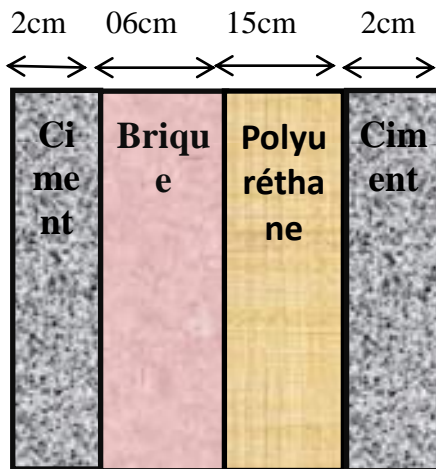


Figure 13 : mur typique n°04

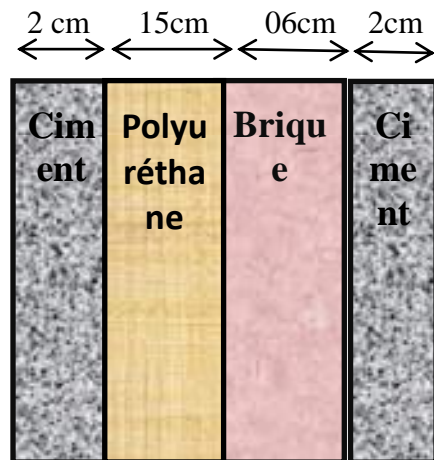


Figure 14 : mur typique n°05

8. Conclusion :

Ce chapitre présente le développement du modèle de simulation TRNSYS et comment l'utiliser, puis créer un modèle de bâtiment et l'utiliser dans le programme de simulation afin de connaître sa consommation énergétique annuelle grâce à l'utilisation de différents types de murs et d'isolants thermiques.

Chapitre 03

1. Introduction

Les matériaux d'isolation jouent un rôle important dans la réduction de la consommation d'énergie et la création d'espaces de vie sains et confortables. En hiver, la couche isolante garde la chaleur à l'intérieur, ce qui limite les pertes de chaleur du bâtiment en été, en cette saison. Une analyse des résultats obtenus à partir du programme de simulation sera effectuée.

2. Localisation de la région étudiée:

La wilaya de Béchar est située à l'ouest de l'Algérie en plein désert saharien et couvre une superficie totale d'environ 162 200 km². La wilaya de Béchar est entourée au nord par la wilaya de Naâma, à l'est par la wilaya d'El Bayadh, à l'ouest par le Maroc et au sud par les wilayas d'Adrar et de Tindouf.

Le climat de la wilaya de Béchar est de type désertique continental qui se caractérise par un été très chaud (45°C) et un hiver très froid (2°C à 3°C). Les précipitations sont de faible niveau avec 60 mm/an. Les vents de sable sont très fréquents et violents pouvant atteindre la vitesse de 100 km/h



Figure 14 : carte de localisation de la wilaya Béchar

3. Résultats et discussion

3.1. La consommation énergétique annuelle

Le modèle de simulation que nous avons développé sous l'environnement TRNSYS a été utilisé dans cette section pour étudier le comportement thermique des bâtiments et pour envisager l'efficacité thermique de différents types d'isolation pour une maison typique sous un climat désertique.

Dans ce travail, et afin de calculer les besoins thermiques annuels du bâtiment selon les normes de confort thermique, le thermostat de refroidissement a été réglé à une température moyenne entre 26 °C et 23 °C.

3.1.1. Construction de référence de bâtiment 1 (Mur local typique)

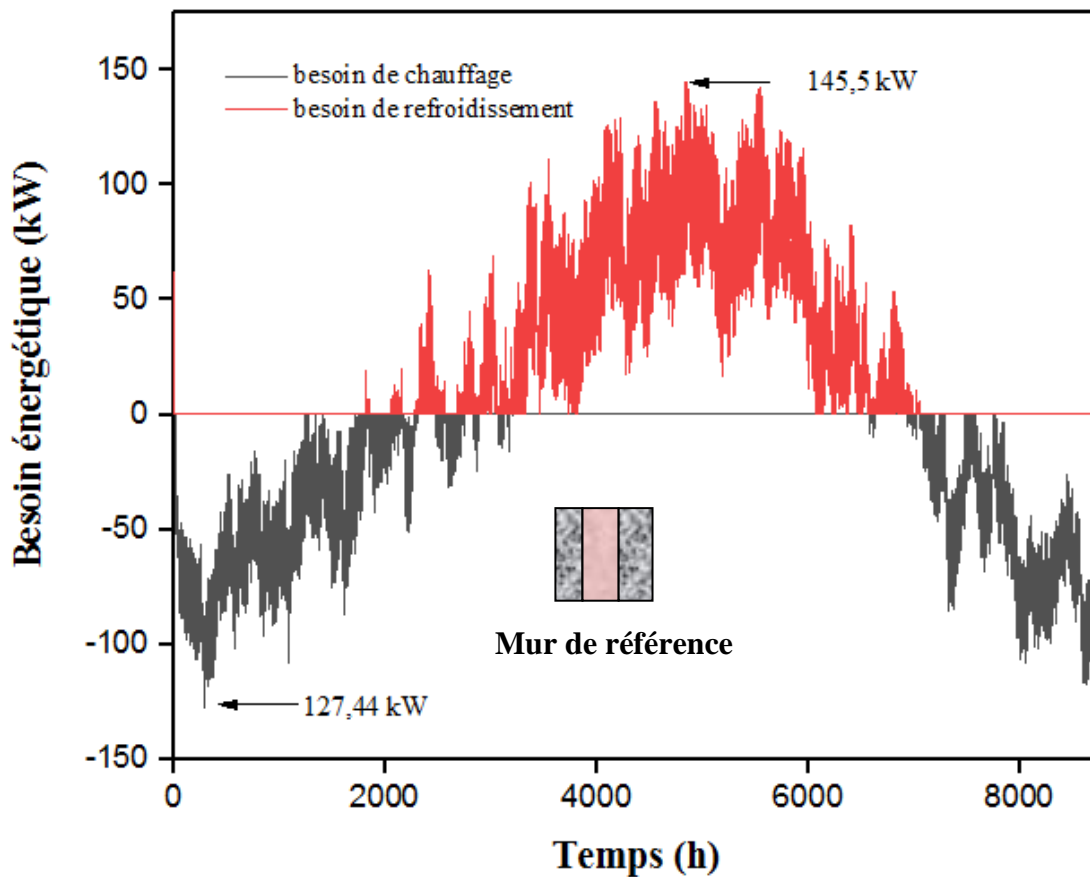


Figure 15 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment de mur local typique n°1.

La figure (15) montre les besoins énergétiques annuels pour le bâtiment de référence. Les charges de chauffage du bâtiment ont atteint leur maximum en janvier, environ 127.44, et les charges de refroidissement ont dépassé 1455. kW en juillet. Le tableau (3) montre les besoins énergétiques annuels moyens. Pour le chauffage et le refroidissement et les besoins énergétiques annuels totaux pour ce bâtiment.

Tableau 3 : charge thermique du bâtiment en KW pour le mur local typique

Besoin énergétique en chauffage	52.01
Besoin énergétique en climatisation	74.40
Besoin énergétique total	126,41

3.1.2. Comportement énergétique du bâtiment 2(Isolation thermique n°2)

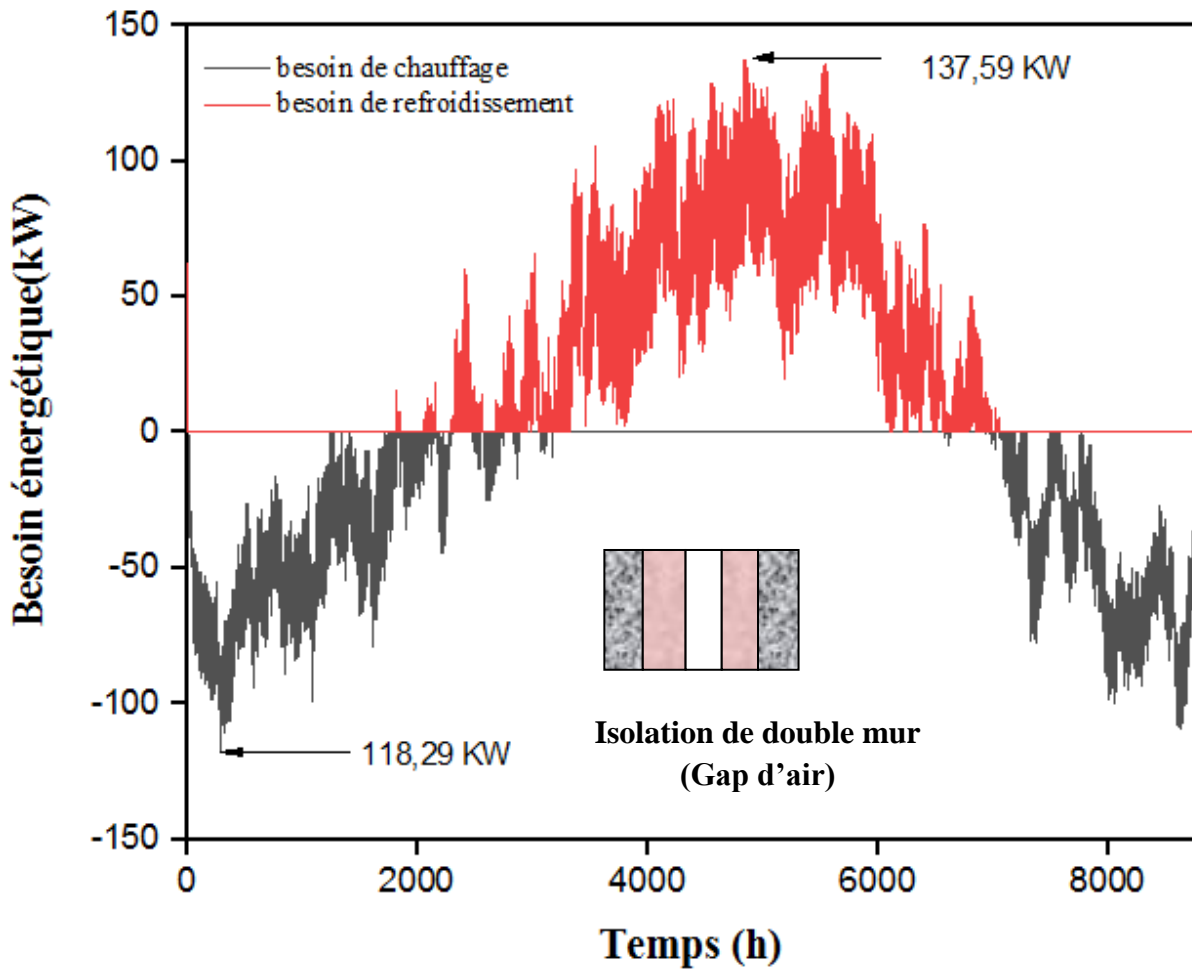


Figure 16 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 2.

La figure (16) montre les besoins énergétiques annuels du premier bâtiment au détriment des normes de confort thermique en utilisant le programme de simulation TRNSYS basé sur les données météorologiques pour l'État de Bechar. Grâce aux résultats de la simulation convective, la période de chauffage a commencé du 1er novembre au 30 mars et la période de refroidissement a commencé du 15 mai à octobre, tandis que les périodes restantes sont des périodes de transition.

Les charges de chauffage des bâtiments ont culminé en janvier à environ 118.29 kW, et les charges de refroidissement ont dépassé 137.59 kW en juillet. Le tableau (4) montre les besoins énergétiques annuels moyens pour le chauffage et la climatisation et les besoins énergétiques annuels totaux pour ce bâtiment.

Tableau 4 :charges thermiques du bâtiment en KW pour le mur 2

Besoin énergétique en chauffage	55.16
Besoin énergétique en climatisation	68.46
Besoin énergétique total	123.76

3.1.3. Comportement énergétique du bâtiment 3 (Isolation thermique n°3)

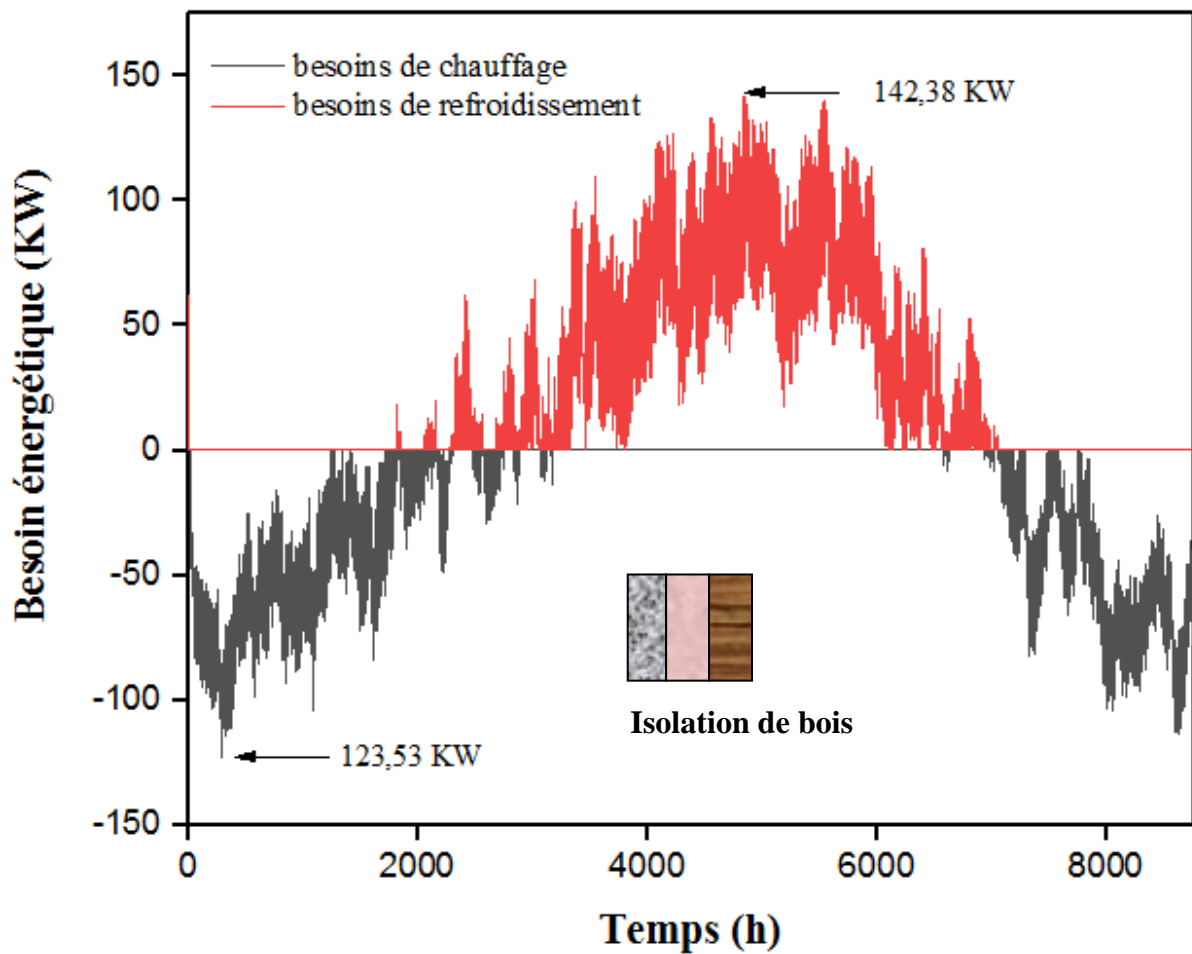


Figure 17 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 3.

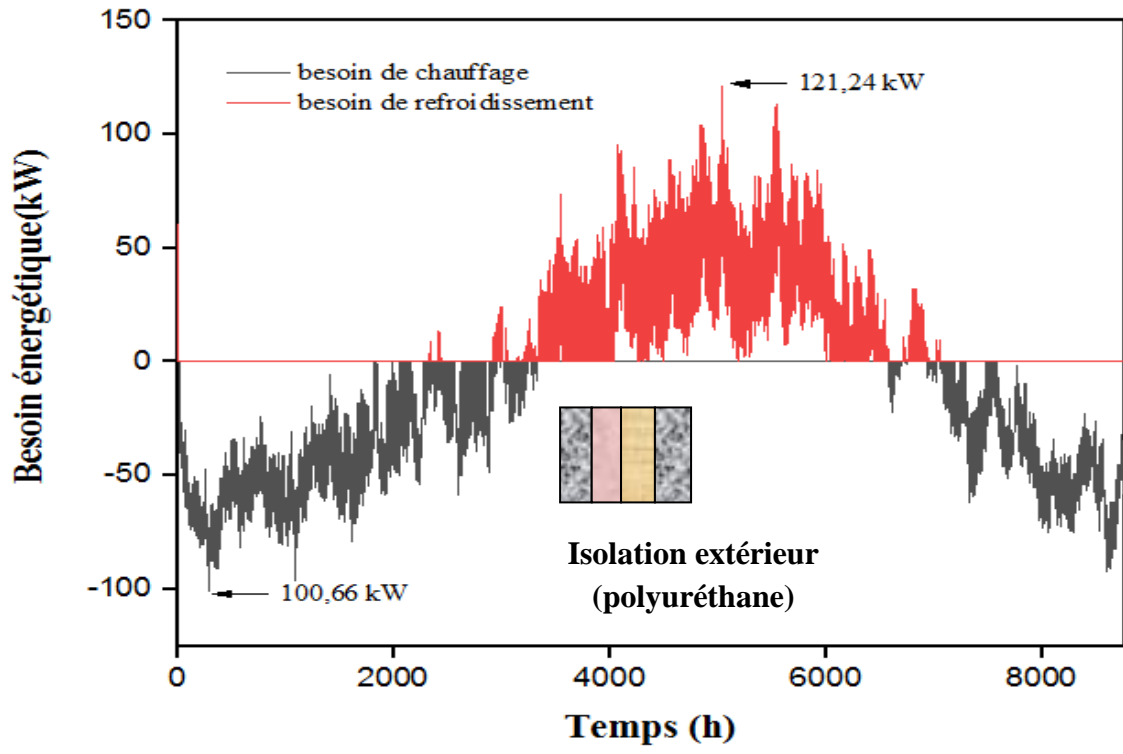
La figure (17) présente les besoins énergétiques annuels de la deuxième construction. Les charges de chauffage du bâtiment ont atteint un maximum en janvier d'environ 123.53 kW, et les charges de refroidissement ont dépassé 142.38 kW en juillet.

Les besoins énergétiques annuels moyens pour le chauffage et la climatisation et les besoins énergétiques annuels totaux pour ce bâtiment sont présentés dans le tableau (5).

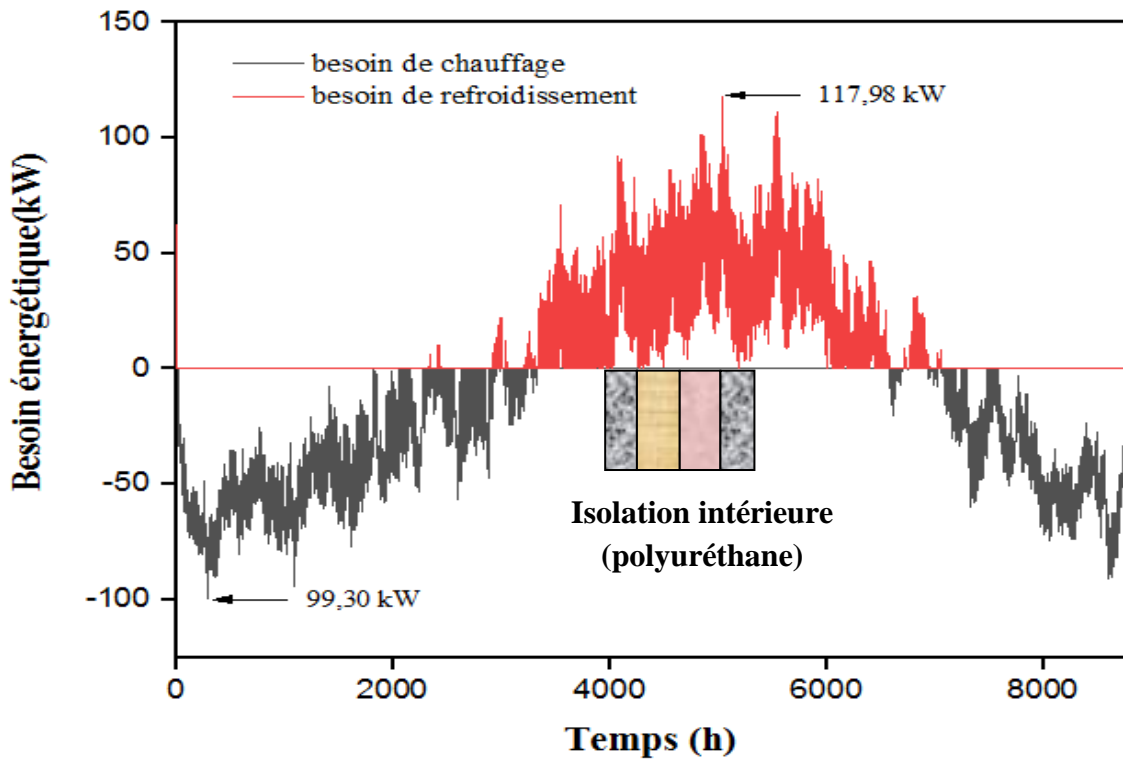
Tableau 5 :charges thermique du bâtiments en KW pour le mur 3

Besoin énergétique en chauffage	57.33
Besoin énergétique en climatisation	71.47
Besoin énergétique total	128.8

3.1.4. Comportement énergétique du bâtiment 4 (Isolation thermique n°4 et n°5)



(a)



(b)

Figure 18 : Charges horaires de refroidissement et de chauffage du bâtiment proposé de mur 4 et 5, (a) l'isolant installé à l'extérieur, (b) l'isolant installé à l'intérieur.

Selon la figure (18), qui montre les besoins énergétiques annuels pour le troisième isolant (polyuréthane), les charges de chauffage du bâtiment ont atteint un pic en janvier d'environ 100,66 kilowatts, et les charges de refroidissement ont dépassé 121,24 kilowatts en juillet lorsque l'isolation a été placée à l'intérieur du bâtiment.

Selon la figure (19), qui montre les besoins énergétiques annuels pour le quatrième isolant (polyuréthane), les charges de chauffage du bâtiment ont atteint un pic en janvier de 99,30 kilowatts, et les charges de refroidissement ont dépassé 117,98 kilowatts en juillet, lorsque l'isolation a été placée à l'extérieur du bâtiment.

Le tableau n° (6) montre les besoins énergétiques annuels moyens pour le chauffage et la climatisation et les besoins énergétiques annuels totaux pour ce bâtiment.

Tableau 6 charges thermiques des bâtiments en KW pour le mur 04 et 5

	l'isolant installé a l'extérieur	l'isolant installé a l'intérieur
Besoin énergétique en chauffage	48.66	45.60
Besoin énergétique en climatisation	51.24	49.60
Besoin énergétique total	99 ,9	95,2

3.2 Comparaison de différents isolants

Le tableau 3.5 montre la comparaison des besoins énergétiques annuels moyens pour les différents types d'isolation thermique.

Tableau 7 : Comparaison entre différents types d'isolants thermiques

	Mur1	Mur 2	Mur 3	Mur 4	Mur 5
Besoin énergétique de chauffage (kW)	52.01	55.16	57.33	48.66	45.60
Besoin énergétique de climatisation (kW)	74.40	68.46	71.47	51.24	49.60
Besoin énergétique total (kW)	126,41	123.76	128.8	99 ,9	95,2

D'après les résultats obtenus, on peut voir que la consommation énergétique annuelle de chauffage et de climatisation pour le troisième mur est la plus importante. Le troisième type d'isolant thermique (le bois), est important, environ 128.8, puis la consommation énergétique du bâtiment de référence est également importante environ 126.41, alors le deuxième mur est d'environ 123.76, alors le type d'isolation thermique pour le quatrième mur avec environ 99.9 et la moindre consommation d'énergie, le cinquième mur du type d'isolation thermique est d'environ 95.2, et c'est le plus efficace et le plus approprié pour les wilayas du sud.

4. Conclusion

L'isolation thermique joue un rôle important dans la consommation d'énergie, car chaque type d'isolant thermique a un effet différent de l'autre. Sur la base des résultats précédents, nous concluons que le polyuréthane a un impact significatif sur la consommation énergétique annuelle. En adoptant ce type d'isolation thermique, on obtient la plus faible consommation d'énergie pour les bâtiments des wilayas du sud (ex : Béchar), en plus du fait que l'isolation thermique interne est meilleure que l'isolation externe en général.

L'objectif de cette étude est d'évaluer et de connaître le besoin énergétique annuel des bâtiments dans les wilayas du sud algérien (Région de Béchar) au détriment des normes de confort thermique par l'effet de l'isolation thermique, le polyéthylène étant le plus efficace pour assurer une consommation d'énergie et un confort thermique optimal à l'intérieur du bâtiment et assurer le confort des habitants.

Conclusion générale

L'aménagement, l'utilisation rationnelle et le confort intérieur du bâtiment sont les fondements d'une architecture dynamique. Il s'agit donc de l'énergie nécessaire et de la manière de la conserver de manière naturelle et respectueuse de l'environnement. Dans le même temps, la base est de réduire et d'éliminer l'utilisation d'énergies polluantes et non renouvelables telles que le gaz et l'électricité.

La simulation thermique permet d'améliorer et de trouver correctement des solutions architecturales et techniques, afin de réduire la consommation d'énergie et d'assurer le confort thermique à l'intérieur du bâtiment. La simulation est un bon moyen de comprendre le comportement thermique du bâtiment (pour les murs et l'air...) afin de prédire le comportement thermique des parois et de l'air à l'intérieur du bâtiment, il est nécessaire de réaliser une étape de simulation qui précède le fonctionnement complet du bâtiment (schémas de transfert de chaleur).

Il existe différents types de logiciels de simulation thermique utilisés pour étudier les bâtiments, dont celui sur lequel nous nous sommes appuyés dans notre étude. Notre choix de TRNSYS comme outil de simulation est basé sur plusieurs raisons pour sa flexibilité d'utilisation et de modélisation d'une gamme de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité, ainsi que sa facilité d'utilisation et d'exploitation.

Ce travail vise à réduire la consommation d'énergie pour la climatisation et le chauffage grâce à l'émergence de différents types d'isolation thermique pour les murs du bâtiment utilisant le programme. Toutes les informations requises pour la wilaya de Béchar ont été saisies.

Sur la base de cette étude et des résultats obtenus, il a été conclu que l'isolation thermique du bâtiment est recommandée. Lorsqu'en utilisant différents types d'isolants thermiques afin d'assurer le confort thermique et de prévoir la consommation d'énergie, il a été conclu que l'isolation interne des murs est plus efficace que l'isolation externe, et que l'utilisation du type d'isolation thermique Polyuréthane est le plus efficace et le plus adapté dans les wilayas du sud algérien (notamment la wilaya de Béchar)

Références bibliographiques :

[1] : D. Berkouk , "Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif :Étude comparative entre le social et le promotionnel, dans la ville de Biskra", 06 Juillet 2017.

[2] : World Health Organization (WHO). Health is a state of complete physical, mental and social well being and not merely the absence of disease or infirmity. WHO Basic documents. 42nd. Geneva: World Health Organization; 1999.

[3] : ISO7730, Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort , Geneva, International Standards Organization; 1984.

[4] : Mikhailova S.V. Principes de construction d'un modèle de confort thermique adaptatif. UDC 697.1.

[5] :Y. Benbada /B. Elguaizi , "Initiation à la simulation de l'environnement intérieur d'un Habitat à L'aide de L'outil Energy Plus", 2020/2021. Université UKM Ouargla .

[6] : S. Bellara, Mémoire de Magister,"Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine", 2010.

[7] : A/ R.Bourouina , " Evaluation du confort thermique dans un complexe thermal ", Juin 2017. Mémoire de master , université 08 Mai 1945 de Guelma.

[8] : N.Sotehi, ", Thèse de Doctorat, " Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation, Université Mentouri - Constanine, 2010.

[9] : A. Benghalia, W. Kemaoun ,"Une façade double peau pour un meilleur confort thermique" , 2019/2020. Mémoire de master ,université L'arbi ben mhidi oum el bouaghi .

[10] : N. Adel et A. Bekhouche , "Introduction du confort thermique dans un complexe thermal dans la région de Mila", 2016. Mémoire de master.

[11] : B.Achouri et A.Bekri , " vers un habitat individuel economie en energie cas d'étude ain beida" , 2017 , Mémoire de master.

- [12] : S. Bendjaouane, N. Lemherzi , " Evaluation du confort thermique dans les anciennes bâtisses de la région d'Adrar " , 2019/2020. Mémoire de master.
- [13] : M. Kaboré, Mémoire de Master en Génie Civil et Sciences de l'Habitat, " Enjeux de la simulation pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments en Afrique subsaharienne ", Université de Grenoble, 27 janvier 2015.
- [14] : J.L.Izard, O. Kaçala, Le diagramme bioclimatique, Envi robât-Méditerranée, laboratoire abc, Esna-Marseille, 2008 téléchargé le 20 septembre 2017 à partir du site (<http://www.marseille.archi.fr/~izard/2008>).
- [15] : The démonstration component of the Joule-Thermie programme, Européen commission thermie. (<http://erg.ucd.ie/ttp.html>) 18/11/2017.
- [16] : A. Chatelet, et al, " Architecture climatique, une contribution au développement durable " Tome 2, Concepts et dispositifs, Editions Edi sud, Aix-en-Provence, France. 1998, p19.
- [18] : B. Givoni, L'Homme, L'Architecture et le Climat, Edition, Le Moniteur, paris, pp39, 1978.
- [19]: M. Kaboré, " Enjeux de la simulation pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments en Afrique subsaharienne ", Mémoire de Master en Génie Civil et Sciences de l'Habitat, Université Grenoble ables,27 janvier 2015.
- [20] : ANAH, Le Confort Thermique, Fiche Technique. Article DDB, Agence Nationale De L'habitat, Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie. Fiche technique.
- [21] : M. Khoukhi et N. Fezzioui , Thermal comfort design of traditional houses in hot dry region of Algeria, 2012. Article.
- [22] : A. Belkhiri, Amélioration du confort thermique dans un bâtiment touristique Cas du complexe thermal Chellala – Guelma, 2017.
- [23]: R. Benmehdi, mémoire de master, Conception et régulation des systèmes fermés de distribution et de circulation de chauffage/climatisation, 2013.

- [24]: F. Favoino et al, Building Performance Simulation and Characterization of Adaptive Facades. Book, 2018.
- [25] : S.Rahmouni, Thèse de doctorat " Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique ", 2020. Université Mostepha ben boulaïd –batna2.
- [26] : Crawley, Drury, et Collab, Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. Building and Environment. V 43(4), 661-673 p, 2007.
- [27] : Laure Ducoulombier, Thèse de Doctorat, " Conception d'un nouveau système d'isolation par l'extérieur pour le bâtiment", Ecole centrale de Lille, 2014.
- [28] : M. Bernier - Introduction à TRNSYS (Version 16) - Département De Génie Mécanique Ecole Polytechnique De Montréal.
- [29] : Fraisse, Gilles Thèse De Doctorat " La Régulation Thermique Des Bâtiments Tertiaires Application De La Logique Floue A La Régulation Centrale Du Chauffage En Régime Intermittent. S.L " : INSA De Lyon, 1997.
- [30] : Y. Raffenel, Optimisation Du Contrôle Thermique Dans Une Habitation Multi Sources. L'école Centrale De Lyon. 2008.
- [31] : W. Keilholz, Paul Sette - Les évolutions de TRNSYS – la version 16 – journée thématique sft-ibpsa, mars 2005.
- [32] : D.MEDJELEKH - Impact De l'inertie Thermique Sur Le Confort Hygrothermique Et La Consommation Energétique Du Bâtiment - Cas De l'habitation De l'époque Coloniale A Guelma - Université De Constantine, 2011.
- [33] : L. Beggaa, S. Gherier , Mémoire de master "impact de la forme architecturale sur la performance énergétique , 2017 , Université UKM Ouargla.

