الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie civil
Spécialité : Equipement de l'habitât

Étude de l'impact de l'isolation thermique sur la consommation énergétique du bâtiment

---

Présenté par

MEGATLI Mohamed Elhadi

CHEMMAA Mohamed Amine

Proposé et Dirigé par

Dr. TRIKI Zakaria

Promotion 2020

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remercions avant

Tous, dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, et

La volonté pour atteindre notre objectif, et tous les enseignants qui ont contribués à notre

Formation durant tous les cycles.

Nous remercions vivement, notre promoteur Mr : TRIKI ZAKARIA de nous avoir pris en

Charges, et pour sa disponibilité, son aide et ses précieux conseils.

Nous portons avec gratitude de reconnaissance pour l'ensemble des professeurs du

Département de Génie mécanique et génie civil qui a contribué à notre formation d'ingénieur en génie climatique.

On remercie Mr. ZIRARI MOUNIR et Mr. GASTI TAYEB et Mr CHIBA YOUNES de nous avoir aidés à réaliser Ce travail.

Et on n'oublie pas cher collège de classe frère et sœur.

Nous ne saurons oublier de remercier les honorables Membres du Jury qui nous ont fait

L'immense honneur de Présider et d'examiner ce Modeste travail.

A tous ceux ou celles qui nous apportés leur soutien, trouvent ici, l'expression de nos vives

Et sincère reconnaissance.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire de fin d'études

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin,
A ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie,
Et à mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis,
Merci mes parents.

A toutes personnes qui ma aider à poursuivre mes études à mes très chers frères, sœur.

A toute ma famille sans exception.

A tous mes amis (es) et toute la promotion de 2 -ème année master génie climatique option équipement de l'habitat.

A celui qui m'a collaboré dans la réalisation de ce mémoire, à toi Mohamed amine.

Enfin à tous ceux qui nous sont très chers.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire de fin d'études

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin,
A ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie,
Et à mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis,
Merci mes parents.

A toutes personnes qui ma aider à poursuivre mes études à mes très chers frères, sœur.

A toute ma famille sans exception.

A tous mes amis (es) et toute la promotion de 2 -ème année master génie climatique option équipement de l'habitat.

A celui qui m'a collaboré dans la réalisation de ce mémoire, à toi Mohamed elhadi.

Enfin à tous ceux qui nous sont très chers.

Résume :

Les logements de demain doivent être durables, adaptes au climat et économisent les ressources visant à atteindre une vie confortable pour les habitants pas un échange intelligent de la température entre l'intérieur et l'extérieur pendant l'hiver et l'été

Pour améliorer le confort thermique dans un bâtiment et économiser de l'énergie, il est nécessaire de mettre en œuvre des matériaux particulièrement performant, apportant une bonne isolation thermique.

En effet, une bonne isolation thermique entraine le choix d'équipement de climatisation moins puissants donc plus économiques l'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'isolation thermique sur le comportement thermique du bâtiment en utilisant différents types de matériaux tout en tenant compte des spécificités du climat du site considéré.

Mots clés :

Bâtiment, confort thermique, isolation thermique, consommation énergétique.

ملخص:

يجب أن تكون منازل الغد مستدامة، صديقة للبيئة، وتوفر موارد تهدف إلى تحقيق حياة مريحة للسكان المحليين، وليس تبادلًا ذكيًا لدرجات الحرارة بين الداخل والخارج خلال الشتاء والصيف.

لتحسين الراحة الحرارية في المبنى وتوفير الطاقة، من الضروري استخدام مواد فعالة بشكل خاص، مما يوفر عزلًا حراريًا جيدًا.

في الواقع، يؤدي العزل الحراري الجيد إلى اختيار معدات تكييف هواء أقل قوة وبالتالي أكثر اقتصادا الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير العزل الحراري على السلوك الحراري للمبنى باستخدام أنواع مختلفة من المواد مع مراعاة خصوصيات مناخ الموقع المعتبر

الكلمات المفتاحية:

.البناء، الراحة الحرارية، العزل الحراري، استهلاك الطاقة

Abstract :

The homes of tomorrow must be sustainable, climate-friendly and save resources aimed at achieving a comfortable life for the locals not a smart exchange of temperature between inside and outside during winter and summer.

To improve thermal comfort in a building and save energy, it is necessary to use particularly high-performance materials, providing good thermal insulation.

Indeed, good thermal insulation leads to the choice of less powerful air conditioning equipment therefore more economical. The objective of this work is to study the effect of thermal insulation on the thermal behavior of the building by using different types of materials. while taking into account the specificities of the climate of the site considered.

Keywords :

Building, thermal comfort, thermal insulation, energy consumption.

Sommaire

Sommaire

Introduction générale ……..……..01

Chapitre I : généralité sur le confort thermique

I.1. Introduction ……..…….04

I.2. Notions sur le confort thermique……04

I.3. Les approches du confort thermique…….……. 04

I.3.1. Approche statique du confort thermique …….04

I.3.1.1. L'aspect Physiques……..…….04

I.3.1.2. L'aspect psychologique……..…….05

I.3.1.3. L'aspect physiologique…….…….05

I.4. Les paramètres affectant le confort thermique ……06

I.4.1. Paramètres liés à l'ambiance extérieure …….……..07

I.4.1.1. La température de l'air ambiant …….……07

I.4.1.2. La vitesse de l'air ……..08

I.4.1.3. L'humidité relative de l'air ……08

I.4.2. Paramètres liés à l'individu ……..08

I.4.2.1. La vêture (L'habillement)…….……08

I.4.2.2. L'activité (Le métabolisme) …….……09

I.4.3. Paramètres liés aux gains thermiques internes …….……10

I.5. Les échanges thermiques du corps humain ……11

I.5.1. Les échanges de chaleur par conduction ……12

I.5.2. Les échanges de chaleur par convection…… 12

I.5.3. Les échanges de chaleur par rayonnement…….. 12

I.5.4. Les échanges de chaleur par évaporation …….……13

Chapitre II : Economie d'énergie dans le bâtiment

II.1. Introduction : …….14

II.2. Transfer dans le bâtiment …….14

II.3. Economie d'énergie ……..14

II.3.1. Définition ……..14

II.3.2. Economie d'énergie dans le secteur du bâtiment……..15

II.3.2.1. Les travaux permettant d'effectuer des économies d'énergies ……..15

II.3.2.1.1. Travaux d'isolation…….15

II.3.2.1.2. Isolation de la toiture ……16

II.3.2.2. Les types d'isolant de toiture d'un bâtiment ……..17

II.3.2.2.1. Isolation des murs (parois opaques verticales) ……..20

II.3.2.2.2. Isolation par l'intérieur……..21

II.3.2.2.3. Isolation par l'extérieur……..22

II.3.2.2.4. Isolation intégrée à la paroi…….23

II.3.2.2.5. Isolation sur les deux faces de la paroi……23

II.3.2.2.6. Isolation du plancher…… 24

II.3.2.2.6.1. L'isolation par le bas…… 24

II.3.2.2.6.2. L'isolation par le haut …….24

II.3.2.3. Ventilation mécanique …….…….24

II.3.2.4. Fenêtre double ou triple vitrage ……..…….25

II.3.2.5. Installations à énergies renouvelables……..……...26

II.3.2.5.1. Panneaux photovoltaïques ……..……...27

II.3.2.5.2. Chauffe-eau solaire …….…….27

II.3.2.5.3. Chauffe-eau thermodynamique…….…… 28

II.3.2.5.4. Éolienne …….29

II.3.2.6. Chauffage écologique ……....29

II.3.2.6.1. Pompe à chaleur ……30

II.3.2.6.2. Chaudières écologiques ……..30

II.3.2.6.2.1. Chaudière gaz à condensation…….. ……30

II.3.2.6.2.2. Chaudière à granulés de bois…….30

II.3.2.6.2.3. Chaudière basse température…… 31

II.3.3. Travaux de construction écologique ……31

II.3.3.1. Toiture végétalisée ……31

II.3.3.2. Récupération d'eau de pluie …….31

II.3.3.3. Domotique …….32

Chapitre III : L'impact de l'isolation thermique sur les performances Énergétique du bâtiment

III.1. Introduction ……..33
III.2. L'isolation thermique…….33
III.2.1. Définition……33
III.2.1.1. L'isolation par l'intérieure ……34
III.2.1.2. L'isolation par l'extérieur……..34
III.2.2. Avantages d'isolation thermique ……..35
III.2.2.1. Avantage économique……35.
III.2.2.2. Avantage environnemental……35
III.2.2.3. Réduire le niveau de bruit……35
III.2.2.4. Intégrité structurale d'un bâtiment……..35
III.2.2.5. Empêchement de condensation de vapeur……..36
III.2.2.6. Protection contre le feu……..36
III.3. Classification des matériaux isolants…… 36
III.3.1. Les matériaux bio sources ……..36
III.3.1.1. Fibres de bois ……..36
III.3.1.2. La laine de mouton ……..36
III.3.1.3. Béton de chanvre…….. 37
III.3.2. Les matériaux minéraux ……37
III.3.2.1. La laine minérale ……37
III.3.2.2. Les fibragglos ……..37
III.3.2.3. Terre cuite ……..37
III.3.3. Les matériaux synthétiques ……37
III.3.3.1. Le polystyrène (expansé et extrudé) ……37
III.3.3.2. Les polyuréthanes ……38
III.3.4. Autres matériaux isolants……..38
III.3.4.1. Le PIV (panneaux d'isolants sous vide) ……38
III.3.4.2. L'aérogel……..38
III.4. Propriétés et performances d'un matériau isolant ……38
III.4.1. Propriétés physiques ……..38
III.4.2. Propriétés environnementales ……..38
III.4.3. Propriétés de l'hygiène et de la santé ……39
III.5. Les notions importantes à connaitre pour bien isoler un bâtiment…… 39
III.6. La priorité pour des travaux de rénovation énergétique…….. 40
III.7. Les différentes techniques pour isoler une maison…… 40
III.8. Choisir les bons matériaux isolants ……41
III.8.1. La très grande diversité de l'offre ……41
III.8.2. Les indices pour mesures la performance des matériaux isolants ……..41

III.8.3. Le niveau de résistance thermique préconisé par la réglementation actuelle est situé ……42
III.9. L'isolation des fenêtres ……43
III.9.1. Les différentes technologies recommandées ……43
III.9.2. Les caractéristiques thermiques du vitrage ……43
III.9.3. La performance thermique des fenêtres à atteindre……. 44
III.10. L'isolation du toit ……47
III.10.1. La toiture idéale pour une isolation parfaite ……47
III.11. L'isolation des fenêtres ……48
III.12. L'isolation des parois ……48
III.12.1. L'isolation par l'intérieur ……..49
III.12.2. L'isolation à l'extérieur…….. 49
III.13. Choix du chauffage ……50
III.13.1. un chauffage au sol……50
III.13.2. un chauffage électrique……50
III.13.3. un chauffage à inertie……50
III.13.4. un chauffage radiant…….50
III.13.5. Le chauffage au gaz ……50
III.13.6. Le chauffage au bois ……51
III.14. Choix de son chauffe-eau ……..51
III.14.1. Le chauffe-eau électrique…….52
III.14.2. Le chauffe-eau au gaz ……52
III.14.3. Le chauffe-eau thermodynamique ……52
III.14.4. Le chauffe-eau solaire……52
III.15. Le bâtiment performant ……52
III.15.1. Les points importants de la Maison passive…….52
III.15.1.1. Une orientation bien pensée……..53
III.15.1.2. Une isolation performante……..53
III.15.1.3. Les ponts thermiques et l'étanchéité à l'air……54
III.15.1.4. La ventilation……..54
III.15.2. Bâtiment basse consommation BBC……..54

III.15.2.1. La conception bioclimatique……55

III.15.2.2. Le renforcement du bâti pour une très haute isolation…….55

III.15.2.3. Le choix des équipements techniques pour la ventilation, le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la production d'énergie renouvelable ……..55

Chapitre IV : résultat et discussion

IV.1. Introduction générale…….57

IV.2. Présentation de DTR …….57
IV.2.1. Définition de DTR…….57

IV.2.2. Objet de DTR……57

IV.2.3. Domaine d'application…….57

IV.2.4. Référence ……..57

IV.3. Les apports thermiques ……..…58
IV.3.1. Définition d'apports thermique…….58

IV.3.2. Principe et méthode de calcul des apports thermiques…….58

IV.3.2.1. Calcul thermique de paroi……..61

IV.3.2.2. Calcul de coefficient K…….61

IV.3.2.3. Application au projet……..…….63

IV.4. Apports par les parois extérieures……..……69
IV.4.1. Principes……..……69
IV.4.2. Expression générale……..……..69
IV.5. Les apports de chaleur à travers une paroi opaque …….70
IV.6. Apports de chaleur à travers les parois vitrées…….72
IV.6.1. Les apports à travers les parois vitrées intérieures AVT(t)……...72

IV.6.2. Les gains à travers les parois vitrées extérieures AV(t) ……..72

IV.6.3. Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures …….72

IV.6.4. Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t) …….72

Chapitre V : Conclusion générale

Conclusion ……..75

Bibliographie……..76

Liste des tableaux

Tableau I.1: Paramètres influents sur la sensation de confort thermique……..…..…..06

Tableau I.2: Valeurs de référence de température de l'air…….07

Tableau I.3 : Valeurs en "clo" pour quelques habillements……..……09

Tableau I.4: Taux de métabolisme correspondant à diverses activités……10

Tableau II.1: les différents types d'isolant de toiture d'un bâtiment…….……17

Tableau IV.1 : Valeurs des coefficients d'échange superficiel……..…….62

Tableau IV.2: Résistance des différentes couches de la paroi……63

Tableau IV.3: Résistance des différentes couches de la paroi……..…….……64

Tableau IV.4: Résistance des différentes couches de la paroi……..……..…….…..65

Tableau IV.5: Résistance des différentes couches de la paroi……...……..66

Tableau IV.6:résistance des differentes couches de la paroi……..…….67

Tableau IV.7: Résistance des différentes couches de la paroi…….68

Liste des figures

Figure I.1 : valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires……09

Figure I.2 : Gains thermiques internes d'un espace…….11

Figure. I.3 : L'interaction thermique entre le corps humain et son environnement……...12

Figure I.4 : Relations entre les paramètres de confort et les modes d'échange de Chaleur…13

Figure II.1 : isolation par l'intérieur……..22

Figure II.2 : Isolation par l'extérieur……22

Figure II.3 : Paroi a isolation intègre…….23

Figure II.4 : Isolation sur les deux faces……23

Figure II.5 : isolation du plancher par le bas……..24

Figure II.6 : système de ventilation mécanique (VMC)…….25

Figure II.7 : fenêtre double ou triple vitrage……26

Figure II.8 : fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque……..27

Figure II.9 : Principe de fonctionnement d'un Chauffe-Eau Solaire…….28

Figure II.10 : Chauffe-eau thermodynamique……..29

Figure II.11 : recupiration d'eau de pluis……32

Figure III.1 **:** Répartition des déperditions thermiques dans une maison non isolée……..34
Figure III.2 : Isolation intérieur et extérieur des murs……35
Figure III.3 : Le châssis de fenêtres bois : concilier le patrimoine et le confort……..45
Figure III.4 : les équipements de production de distribution et d'émissions de chaleur……46
Figure III.5 : Fenêtre en triple vitrage……..……..48
Figure III.6 : L'isolation par l'intérieur……49
Figure III.7 : d'isolation extérieure de mur……49
Figure III.8 : Besoin de chauffage selon la proportion de vitrages……..53
Figure IV.1 : plan du 2 -ème étage de la bibliothèque……59
Figure IV.2 : vus satellite du site étudier……60
Figure IV.3 : vu satellite de la bibliothèque étudier…….61
Figure IV.4: vue en coupe d'un mur intérieur entre locaux……63
Figure IV.5 : vue en coupe d'un mur extérieur double cloison……64
Figure IV.6: vue en coupe d'un mur extérieur (mur béton)……..65
Figure IV.7 : Mur extérieur avec un isolant (laine minérale) ……66
Figure IV.8 : vue en coupe d'une toiture terrasse……67
Figure IV.9 : vue en coupe d'une toiture terrasse…….68