



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique
جامعة غرداية
Université de Ghardaïa
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الهندسة المدنية
Département de Génie Civil

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Filière: Génie Civil
Spécialité : Structures

Présentés par :

Baroud Charaf Eddine & Hadj kouider Mohamed Bachir

Thème :

**Pour une construction économe, amélioration des
performances thermiques d'une habitation**

Soutenue publiquement le : 17/06/2023

Mr Aziez Mohamed Najib

M Matallah Zineb

Mr Laroui Abdelbasset

Président

Examinatrice

Encadreur

Devant le jury composé de :

M.C.B université de Ghardaïa

M.A.A université de Ghardaïa

M.A.A université de Ghardaïa

Année universitaire : 2022/2023



الحمد لله الذي ما تم جهد ولا ختم سعي الا بفضله

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à mes parents, mes plus grands soutiens et sources de motivation tout au long de mes études. Leurs encouragements et leurs sacrifices ont été inestimables dans la réalisation de ce mémoire de fin d'études. Leur confiance en moi et leur soutien constant ont été les piliers de ma réussite académique.

Je dédie aussi ce travail à mes chers frères et leurs épouses et à mes chers neveux et à toute ma grande famille.

Mr. Hadj kouider Mohamed Bachir





الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد:

أشكر الله العليّ القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين. القائل في محكم التنزيل * وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ * سورة يوسف * آية 76. صدق الله العظيم

Louange à Allah qui nous a permis de valoriser cette étape de notre parcours académique avec ce mémoire, fruit de nos efforts et de notre succès, dédié à nos chers parents :

Ma mère :

À la source de tendresse et de cœur pur, je tiens à te remercier pour tout ce que tu as fait pour moi. Me voici maintenant vêtu de la toge de graduation devant toi. Tu as tout donné pour moi, des prières, des sacrifices et des conseils. Ma chère mère, tu mérites d'être la première à qui je dédie mon succès. Que Dieu fasse de moi un fils pieux pour toi, qu'il te protège et te garde comme une lumière sur mon chemin.

Mon père :

À celui qui a supporté chaque instant de douleur que j'ai traversé, sans jamais m'abandonner, et à celui qui a consacré des années d'efforts à la générosité et a construit les échelons de la vie pour que je puisse y grimper, je dédie ma graduation à toi, ô mon père. Que Dieu te protège et fasse de ta mère une lumière sur mon chemin.

À mes frères : Ahmed, Abdelhak,

À ma sœur : Wissal,

À ma famille et à mes amis, je vous remercie.

Et à tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu, même avec un simple mot,

À tous les professeurs de génie civil,

À tous les étudiants de la promotion 2023/2022,

Merci à vous tous du fond du cœur.

Mr. BAROUD CHARAF EDDINE



الحمد لله الذي بفضلته تم إنجاز هذا العمل المتواضع

Remercîment

Nous remercions nos Parents pour leurs soutiens et leurs aides tous au long de notre parcours académique.

Nos remerciements vont à notre encadreur Mr.Abdelbaset Laroui qui nous a guidés dans notre travail et pour nous avoir accordé son temps, et d'avoir été très patient avec nous

**Nous tenons à présenter notre remerciement aux membres de jury
Le président Dr.Aziez Med Najib et Mme.Matallah Z, qui ont accepté de juger notre travail.**

Mes plus vifs remerciements vont à M. Miloud Cherif qui a nous aidés à la compréhension précise des détails de ce travail.

Nous remercions aussi M.Kamal Mimouni d'avoir fourni un point de départ pour le chemin de ce mémoire.

Merci à tous ceux qui nous encouragés et soutenu, même avec un simple mot

Baroud Charaf Eddine & Hadj kouider Mohamed Bachir

الملخص:

يتميز البناء الصحراوي بوجوده في مناطق ذات مناخ حار وجاف، حيث تعتبر طرق العزل المستخدمة في تسقيف هذه البنايات غير فعّالة في مقاومة التحديات المناخية القاسية، مثل تطاير الرمال وارتفاع درجات الحرارة.

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة كفاءة المواد المستخدمة في العزل الحراري للأسقف وتأثيرها على الراحة الحرارية في المساكن. يتم ذلك من خلال استخدام تقنيات المحاكاة لتقييم أداء المواد المختلفة في العزل الحراري. يتم تنفيذ المحاكاة عن طريق إنشاء نموذج افتراضي للمسكن وتطبيق شروط محددة مثل درجة الحرارة الخارجية ونسبة الرطوبة واختبار أداء المواد المختلفة وتأثيرها على العزل الحراري للأسقف. يتم قياس العوامل المختلفة مثل توصيل الحرارة، ومقاومة الحرارة، وانتقال الحرارة عبر المواد وتأثيرها على درجة الحرارة الداخلية والراحة الحرارية للمسكن.

من خلال نتائج الدراسة يمكن تحديد المواد الأكثر كفاءة في العزل الحراري للأسقف والتوصية باستخدامها في المساكن. قد تساهم نتائج هذه الدراسة في الحد من تبعات استهلاك الطاقة وتوفير تكاليف التدفئة والتبريد في المساكن، وبالتالي تحسين الراحة الحرارية للسكان

الكلمات المفتاحية: الأسقف - العزل - المسكن - توصيل الحرارة - المحاكاة

Résumé :

Les constructions sahariennes ont la particularité de se situer dans des zones à un climat chaud et aride, les méthodes utilisées pour l'isolation de la toiture des constructions ne tiennent pas à résister contre les facteurs climatiques difficiles tels que l'ensoleillement intense et vent de sable.

Cette étude vise à étudier l'efficacité des matériaux utilisés pour l'isolation thermique des toits et leur impact sur le confort thermique des habitations, en utilisant des techniques de simulation pour évaluer les performances des différents matériaux en matière d'isolation thermique.

La simulation est réalisée en créant un modèle virtuel de l'habitation et en appliquant des conditions spécifiques telles que la température extérieure et l'humidité, afin de tester les performances des différents matériaux d'isolation thermique des toits. Des facteurs tels que la conductivité thermique, la résistance thermique et le transfert de chaleur à travers les matériaux sont mesurés, ainsi que leur impact sur la température intérieure et le confort thermique de l'habitation.

Mots clé : la toiture - L'isolation - l'habitation - conductivité thermique – simulation

Abstract :

Saharan constructions are characterized by their location in hot and arid climates, The methods used for roof insulation in these buildings do not withstand challenging climatic factors such as intense sunlight and sandstorms.

This study aims to investigate the effectiveness of materials used for thermal insulation of roofs and their impact on the thermal comfort of dwellings, using simulation techniques to evaluate the performance of different materials in terms of thermal insulation.

The simulation is conducted by creating a virtual model of the dwelling and applying specific conditions such as external temperature and humidity to test the performance of different roof insulation materials. Factors such as thermal conductivity, thermal resistance, and heat transfer through the materials are measured, along with their impact on indoor temperature and thermal comfort in the dwelling.

Key Words : Roof –Insulation – Dwelling - Thermal Conductivity - Simulation

Table des Matières

| | |
|--|------------------------------------|
| Sommaire | 1 |
| NOMENCLATURE | 5 |
| Liste des figures | 6 |
| Liste des tableaux..... | 8 |
| Liste des Graphe | 9 |
| Introduction générale: | 11 |
| Référence : | 13 |
| Approche introductive | Erreur ! Signet non défini. |
| I.1 Introduction : | 15 |
| I.2 Problématique :..... | 15 |
| I.3 Les hypothèses : | 16 |
| I.4 Objectifs : | 16 |
| I.5 Méthodologie :..... | 17 |
| Chapitre I :Construction Et développement durable..... | 20 |
| I.1 Introduction : | 21 |
| I.2 Développement durable :..... | 21 |
| I.2.1 Les principes du développement durable:..... | 24 |
| I.2.2 Les objectifs du développement durable : | 24 |
| I.2.3 Les enjeux du développement durable : | 25 |
| I.3 La Construction durable : | 26 |
| I.3.1 Objecti f de la construction durable :..... | 26 |
| I.3.2 Les principes de la construction durable :..... | 27 |
| I.4 Les Normes et labels d'éco construction :..... | 29 |
| I.5 Les règlementations thermiques: | 29 |
| I.5.1 Réglementations thermiques dans le monde :..... | 30 |
| I.5.1.1 Réglementation Américaine: (ASHREA)..... | 30 |

| | |
|--|----|
| I.5.1.2 La réglementation Anglaise : | 30 |
| I.5.1.3 La réglementation algérienne : | 33 |
| I.6 L'état de la construction durable en Algérie : | 31 |
| I.6.1 Programme ECO-BÂT : | 32 |
| I.7 Matériaux durable : | 33 |
| I.7.1 Matériaux durables adaptés aux régions sahariennes : | 34 |
| I.8 Conclusion : | 35 |
| Référence : | 36 |
| Chapitre II :Transfert de chaleur et l'isolation thermique | 39 |
| I.1 Introduction : | 40 |
| II.2 Définition de transfert de chaleur : | 41 |
| II.2.1 Les différentes modes de transfert de chaleur : | 41 |
| II.2.1.1 Le Rayonnement : | 41 |
| II.2.1.2 La conduction : | 41 |
| II.2.1.3 La convection : | 41 |
| II.3 Modes de déperdition thermique sont de trois ordres : | 44 |
| II.3.1 Les ponts thermiques : | 45 |
| II.3.2 Les sources de déperdition de chaleur : | 46 |
| II.4 L'isolation thermique : | 47 |
| II.4.1 Avantages de l'isolation thermique : | 47 |
| II.4.2 Les techniques d'isolation thermique dans le bâtiment : | 48 |
| II.4.3 L'isolation intérieure : | 48 |
| II.4.4 L'isolation extérieure : | 49 |
| II.5 La Toiture : | 49 |
| II.5.1 Le Rôle thermique de la toiture : | 49 |
| II.5.2 La performance thermique d'une toiture : | 50 |
| II.5.3 Isolation thermique et la toiture : | 51 |

| | |
|--|----|
| II.5.3.1 Le plancher terrasse : | 51 |
| II.5.4 La position de l'isolant : | 52 |
| II.5.5 Isolation et étanchéité des toits terrasses : | 53 |
| II.6 Classification des matériaux isolants: | 54 |
| II.6.1 Les isolants synthétiques (Le Polystyrène expansé) : | 54 |
| II.6.2 Les isolants minéraux : | 55 |
| II.6.3 Les isolants naturels : | 55 |
| II.6.4 Les isolantes nouvelles générations : | 55 |
| II.7 Caractéristique thermiques de l'isolant : | 56 |
| II.7.1 Résistance thermique : | 56 |
| II.7.2 Conductivité thermique (λ) : | 56 |
| II.7.3 La capacité thermique : | 57 |
| II.7.4 L'inertie thermique : | 57 |
| II.7.4.1 La diffusivité thermique (D_f , en m^2/h): | 58 |
| II.7.4.2 L'effusivité thermique (E_f , en $J/(K.m^2 .s^{1/2})$): | 58 |
| II.8 Conclusion : | 58 |
| Référence : | 59 |
| Chapitre III Matériaux durable : | 63 |
| III.1 Introduction : | 64 |
| III.2 Matériaux durable : | 64 |
| III.2.1 Type des matériaux durable : | 65 |
| III.3 Matériaux locaux : | 66 |
| III.3.1 Matériaux composites à base des matériaux locaux : | 67 |
| III.4 Fibres naturelles : | 68 |
| III.4.1 Les fibres végétales : | 69 |
| III.4.1.1 Utilisation des fibres végétales dans la construction : | 69 |
| III.4.2 Fibre de palmier dattier : | 69 |

| | |
|---|-----|
| III.5 Conclusion : | 70 |
| Référence : | 71 |
| Chapitre IV: Cas d'études et Simulation : | 74 |
| IV.1 Introduction : | 76 |
| IV.2 Présentation de la ville : | 76 |
| IV.3 Analyse bioclimatique sur la ville de Ghardaia : | 77 |
| IV.3.1 Le climat : | 77 |
| IV.3.2 La température : | 77 |
| IV.3.3 : Pluviométrie : | 77 |
| IV.3.4 : Les vents : | 78 |
| IV.3.5 :L'humidité relative de l'air : | 78 |
| IV.4 Matériaux proposé dans notre étude : | 80 |
| IV.4.1 Composition de ce matériau : | 80 |
| IV.4.2 Pour quoi la fibre de palmier : | 81 |
| IV.5 Outils de simulation : (EnergyPlus). | 81 |
| IV.5.1 Étapes des simulations : | 82 |
| IV.6 Cas d'étude : | 83 |
| IV.6.1 Présentation du cas d'étude: | 84 |
| IV.6.2 Hypothèses et données : | 85 |
| IV.6.3 Composition du plancher : | 84 |
| IV.6.3.1: L'étanchéité saharienne : | 84 |
| IV.6.3.2 La composition des parois : | 86 |
| IV.6.4 Présentation des cas étudié : | 87 |
| IV.6.5 Résultats de simulation : | 91 |
| IV.7.Conclusion : | 98 |
| Référence : | 99 |
| Conclusion générale : | 100 |

NOMENCLATURE

| Symbole | Désignation | Unité |
|---------------|------------------------------|----------------------|
| λ | Conductivité thermique | (W/m.k) |
| ε | Emit-tance thermique | (%) |
| ρ | Masse volumique | (kg/m ³) |
| Φ | flux thermique watt | watt (W) |
| Φ | la densité de flux thermique | W /m ² |

| Indice | Désignation | Unité |
|----------------|--|--------------------------------------|
| La | Indice d'aridité | / |
| P | précipitations annuelles | / |
| Ta | Température de l'air ambiant moyen | / |
| Df | diffusivité thermique | m ² /h |
| Ef | L'effusivité thermique | J/K.m ² .s ^{1/2} |
| To | Température opérative | (°C) |
| Tmr | Température moyenne radiante | (°C) |
| HR moy | Humidité relative moyenne | (%) |
| HRext | Humidité relative extérieure | (%) |
| HRint | Humidité relative intérieure | (%) |
| V | Vitesse du vent | (m/s) |
| R | Résistance thermique | (m ² .k/W) |
| U | Coefficient de transmission surfacique | (W/m ² .k) |
| C | Capacité thermique (J/kg. °C) | (J/kg. °C) |
| D | D: Densité | (Kg/m) |
| M.C FDP | Mortier ciment en fibre de palmier dattier | / |

Liste des figures

Chapitre I :

| | |
|---|----|
| Figure I.1: Les 3 piliers du développement durable | 22 |
| Figure I.2: Objectifs du développement durable | 25 |
| Figure I.3: Échelle chronologique de création de quelques labels | 28 |

Chapitre II

| | |
|--|----|
| Figure II.1: Les trois modes de transfert de chaleur | 41 |
| Figure II.2: Transfert de chaleur par Rayonnement | 42 |
| Figure II.3: Principe de la conduction | 42 |
| Figure II.4: Principe de la convection | 44 |
| Figure II.5: Modes de déperdition thermique (auteur) | 45 |
| Figure II.6: Positions des principaux ponts thermiques | 45 |
| Figure II.7: Pourcentages de déperdition de chaleur avant l'isolation | 47 |
| Figure II.8: Comportement thermique d'une toiture | 51 |
| Figure II.9: Coupe sur un plancher terrasse | 51 |
| Figure II.10: les trois formes de positionnement de l'isolant..... | 53 |
| Figure II.11: Schéma d'isolation d'un plancher..... | 54 |
| Figure II.112: Le Polystyrène expansé..... | 55 |
| Figure II.113: Les différents isolants : (1) Laine de verre, (2) Laine de roche, (3) Polystyrène, (4) Polyuréthane..... | 56 |

Chapitre III :

| | |
|--|----|
| Figure III.(I.II) : Matériaux locaux dans la région de Ghardaïa (l'utilisation de la pierre dans les murs des maisons traditionnelles, mur en terre crue dans la palmeraie de Béni Isguen. | 66 |
| Figure III.3 : Schéma d'un matériau composite | 66 |
| Figure III.4 : Schéma de classification des différents types de composites..... | 67 |
| Figure III.5 : Différentes parties d'un palmier dattier. | 69 |
| Figure III.6 : Fibre de palmier dattier..... | 69 |

Chapitre IV :

| | |
|---|----|
| Figure IV.1: Vue du ciel de la ville de Ghardaïa..... | 75 |
| Figure IV.2: Type de Plaque de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier..... | 79 |
| Figure IV.3 : Le mélange de la matrice cimentaire renforcé par la fibre de palmier dattier ... | 79 |
| Figure IV.4: Interface graphique d'EnergyPlus | 81 |
| Figure IV.5: Schéma récapitulatif des étapes de simulation | 82 |
| Figure IV.6: Plan de la maison | 83 |
| Figure IV.7: Rentré principale de la maison | 83 |
| Figure IV.8: Le plan 3D de l'habitat | 84 |
| Figure IV.9 : Compostions de l'étanchéité saharienne..... | 85 |

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau III.1: Masse volumique et conductivité thermique de quelque isolant..57

Chapitre IV :

Tableau IV.1:Composition et caractéristiques thermo-physiques du plancher (Rédiger par l'auteur).....86

Tableau IV.2 : Composition et caractéristiques thermo-physique des murs.....86

Tableau IV.3 : Caractéristique thermo-physique du cas initial (Rédiger par autuer)87

Tableau IV.4 : Caractéristiques thermo-physique du 2eme cas en carrelage (Rédiger par auteur)88

Tableau IV.5 : Caractéristiques thermo-physique du 3eme cas (Rédiger par auteur).....89

Tableau IV.6 : Caractéristiques thermo-physique du 4eme cas (Rédiger par auteur).....90

Liste des Graphe

Chapitre IV :

| | |
|--|----|
| Graphe IV.1 : Moyenne des températures (°C.) mensuelles de la région de Ghardaïa pour la période de dix ans (2012-2022) | 76 |
| Graphe IV.2 : Précipitation mensuelles de la région de Ghardaïa pour les dix années Dernières (2012-2022)..... | 77 |
| Graphe IV.3 : Moyenne mensuelles des vitesses de vent de la région de Ghardaïa pour l'année (2022)..... | 78 |
| Graphe IV.4 : Moyenne mensuelles l'humidité de l'air de la région de Ghardaïa pour les dix années Dernières (2012-2022) | 78 |
| Graphe IV.5 : Températures de l'air intérieur et extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet ... | 91 |
| Graphe IV.6 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet) | 92 |
| Graphe IV.7 : Comparaison des températures intérieures simulées par apport a la Températures extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet | 93 |
| Graphe IV.8 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet) | 93 |
| Graphe IV.9 : Comparaison des températures intérieures simulées par apport a la Températures extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet | 94 |
| Graphe IV.10 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet) | 95 |
| Graphe IV.11 : Comparaison des températures intérieures simulées par apport a la Températures extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet | 96 |
| Graphe IV.12 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet) | 96 |
| Graphe IV.13 : Comparaison des températures intérieures simulées au quatre cas par apport à la Températures extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet | 97 |

Introduction Générale

Introduction générale :

L'homme a cherché depuis l'antiquité de faire tout ce qui était en son pouvoir pour se protéger des conditions naturelles auxquelles il est confronté. Il a développé ses moyens de faire face aux conditions environnementales qui l'entourent grâce à de longues et continues expériences dans la construction. Il a ainsi été en mesure d'identifier les caractéristiques des matériaux de construction primitifs qu'il utilise avec une efficacité maximale pour répondre à ses besoins et exigences, notamment il a cherché des solutions et des systèmes qui le protègent de la chaleur extrême et du froid glacial, utilisant différents matériaux locaux disponibles qui l'entourent, il les a utilisés dans des constructions de maisons simples avec l'efficacité de lui protéger contre les facteurs thermiques sévères, ce qui a été appelé plus tard l'isolation thermique. [Delzangles.H (2008)]

Le secteur de la construction a récemment connu un développement considérable dans le domaine des matériaux de construction, en particulier le béton qui se distingue par sa facilité de travail et sa capacité élevée à supporter des forces mécaniques. Cependant, l'utilisation de ces matériaux présente certains inconvénients liés à leurs propriétés thermiques qui ne répondent pas au confort thermique souhaité. En effet, le béton armé a une propriété de conductivité thermique rapide ainsi qu'une lente perte de chaleur, ce qui rend son utilisation dans la construction de bâtiments sans isolation thermique inconfortable pour l'homme. [Hallonet, A. (2016)]

Cela entraîne une augmentation importante de la consommation d'énergie due à la climatisation. Ce problème se pose avec force dans le secteur de la construction, en particulier parce que ce secteur consomme environ la moitié de la production nationale totale d'énergie.

« De plus, les efforts déployés pour économiser l'énergie ne dépassent pas 10 à 15%, ce qui a conduit à un besoin urgent de mettre en place une stratégie efficace pour contrôler la consommation d'énergie dans le secteur de la construction. Les études ont montré que l'utilisation d'une isolation thermique dans les bâtiments pourrait permettre d'économiser environ 40% de l'énergie consommée, soit environ un quart de la production d'énergie destinée à la consommation publique ». [1]

Et c'est ce qui a poussé depuis les années 70's. Et surtout après la crise mondiale, la plupart des pays industrialisés à adopter une politique d'économie d'énergie et de protection de l'environnement, ce qui a conduit ces pays à s'intéresser au développement de l'isolation Thermique et à établir des lois et des réglementations pour l'isolation thermique des bâtiments, ainsi qu'à généraliser la politique de préservation de l'environnement en raison de la pollution causée par la production de cette énergie.[Bairoch, P. (1971)]

L'Algérie et d'autres pays en voie de développement sont particulièrement concernés par ce problème, d'autant plus qu'il s'appuie largement de sources d'énergie non renouvelables (pétrole et gaz) pour leur production d'énergie, en particulier avec la croissance économique importante et la demande croissante en énergie, où les produits pétroliers représentent 98% du revenu national¹

Avec l'augmentation de la demande d'énergie dans le monde et le caractère non renouvelable de cette énergie, il est urgent de prendre des mesures sérieuses pour réduire le gaspillage d'énergie et inventer des méthodes et des matériaux permettant de réduire la consommation d'énergie dans les futures constructions. De plus, il est important de trouver de nouvelles sources d'énergie renouvelable, ce qui nécessite des efforts de recherche scientifique.

Le gaspillage d'énergie constitue un défi majeur dans le sud de l'Algérie, où le climat est chaud et sec. Les zones désertiques recouvrent plus de 80% de la surface totale du pays, caractérisées par un climat chaud et sec. La région connaît des variations saisonnières importantes, avec un hiver froid de décembre à février, et un été très chaud et sec de mai à octobre, accompagné d'une forte baisse de l'humidité relative et des précipitations.

Dans ces conditions difficiles, l'utilisation de systèmes d'isolation thermique dans les bâtiments de ces régions serait essentielle pour garantir le confort thermique des résidents souhaité, tout en réduisant les factures d'électricité.

¹ (Presentation of OPEC's "Annual Statistical Bulletin 2008)

Référence :

[1]. [BENTCHIKOU. M/ Thèse de Doctorat d'Etat, ENP, Alger, 2008]. Bentchikou, M. (2008). Contribution à l'étude et à l'élaboration de matériaux composites pour l'isolation thermique: Cas de béton de fibres de papiers recyclés (Doctoral dissertation).

I.1 Introduction :

Dans cette mémoire, et pour une meilleure maîtrise de notre sujet, nous comptons considérer la notion «Performance thermique de l'habitat » dans le sens le moins large, soit le sens de confort thermique, isolation thermique, développement durable, sans pour autant négliger les milieux où ils évoluent tel que notre région qui considérait chaud et aride et les interactions entre les différents éléments qui les composent.

I.2 Problématique :

L'évolution croissante de la consommation énergétique primaire mondiale depuis 1971, telle qu'attestée par les rapports de WES (World Énergie Statistics), est indéniable. Parmi les différents secteurs, le secteur du bâtiment se démarque en tant que premier consommateur d'énergie, représentant plus de 40% de la consommation totale. Consciente de cet enjeu, l'Algérie a pris des mesures après sa participation au sommet de Kyoto en adoptant une politique favorisant le développement durable dans tous les domaines, notamment celui du bâtiment, à travers des plans d'action à long terme tels que le SNAT 2018.

Dans cette optique, il est impératif que les acteurs du domaine de la construction se tournent vers de nouvelles méthodes et techniques visant une production durable et économe en énergie. Face à ce défi, notre étude vise précisément à répondre à ces besoins en se concentrant sur l'amélioration des caractéristiques thermiques des bâtiments, dans le but ultime de réduire leur consommation énergétique.

Les zones désertiques en Algérie sont connues pour leur climat chaud et aride, Ce qui engendre d'énormes dépenses pour la consommation d'énergie au secteur des bâtiments, Le défi d'atteindre le confort thermique au moindre cout nous pousse à chercher le développement des méthodes de constructions et des matériaux ayant une bonne isolation thermique et à faible coût de production.

Cette problématique doit prendre en compte plusieurs facteurs tels que la qualité de l'isolation thermique, les matériaux isolants utilisés et leur disponibilité dans les zones saharienne notamment, prise en compte des modes de construction adaptés dans ces zones.

Après avoir identifié ces exigences qui doivent être remplies pour atteindre le confort thermique souhaitant dans l'habitat, en pose les deux questions suivantes :

Quelles sont les meilleures méthodes et techniques à mettre en œuvre pour améliorer les performances thermiques de l'habitat dans une région chaude et aride telle que la région de Ghardaïa, en vue de réduire leur consommation énergétique de manière durable et efficace ?

Quelle partie de la bâtisse sera-t-elle la plus concernée ?

I.3 Les hypothèses :

1^{er} Hypothèse :

Il est possible d'améliorer considérablement les performances thermiques de l'habitat dans la région de Ghardaïa, réduisant ainsi la consommation d'énergie de manière durable et efficace. Cependant, il convient de prendre en compte les conditions locales, les matériaux disponibles et les aspects économiques pour mettre en œuvre les solutions les plus adaptées à cette région.

2eme Hypothèse :

La cause la plus influente du confort thermique par l'extérieur est le rayonnement du soleil, en raison de la position du toit dans la maison il est considéré comme l'un des endroits les plus exposés au soleil. Physiquement, on sait que la chaleur est toujours en haut dans un espace fermé, de ce point de vue on cherche à réduire les déperditions de chaleur par le toit.

I.4 Objectifs :

L'objectif du présent travail est de répondre à la problématique sus-citée est de tester le comportement thermique d'une maison individuelle sous les conditions climatiques d'une région chaude et aride tel que notre ville (Ghardaïa).

- Proposer des solutions d'amélioration de cas d'étude existant pour le rendre plus performant dans son contexte, les propositions sont renforcées par des simulations via le logiciel Energie Plus pour montrer leurs efficacités

- Diminuer la consommation d'énergie primaire et de réduire les impacts environnementaux associés, afin de tendre vers des bonnes performances thermique des habitats.

I.5 Méthodologie :

Pour répondre aux objectifs préalablement cités, deux parties nous semblent nécessaires pour mener à bien ce travail : une partie théorique et une autre analytique (cas d'étude).

- **Une partie théorique :**

Nous avons collecté des informations à partir de diverses sources bibliographiques et documentaires pour mieux comprendre les notions de conception des habitats en HPE et l'intégration de ces paramètres. Nous avons réalisé un travail d'observation, de lecture et d'interprétation des données afin de capitaliser ces informations. À partir de ces concepts et théories, nous avons commencé à développer les contours de notre recherche, qui vise à déterminer le modèle adéquat d'un bâtiment d'une bonne performance thermique à la région chaude et aride.

- **Une partie analytique :**

Nous avons choisi un cas d'étude maison qui fait partie de la commune de Ghardaia dans la wilaya de Ghardaïa en Algérie comme une référence pour notre étude de l'évolution au niveau du plancher terrasse. Cette évaluation sera suivie d'une étude comparative pour identifier le meilleur isolant avec faible cout et proposer des solutions d'amélioration.

Selon la méthodologie expliquée ci-dessus, notre travail est composé d'un introductif, une partie théorique ainsi qu'une partie expérimentale:

- **Partie introductif** comporte l'introduction, la problématique, les hypothèses, les objectifs ainsi que la méthodologie de recherche.
- **La partie théorique** est contient deux chapitres :
 - Le premier chapitre porte sur la Construction et développement durable

- Le deuxième chapitre porte sur transfert de chaleur et l'isolation thermique.

-Le troisième chapitre porte sur matériaux durable.

- **La partie pratique :**

QATRIEM CHAPITR :

-Présentation de la ville choisie et données climatique

-Choix du site et matériaux pour la Simulation numérique.

Parti théorique

Chapitre I :

Construction Et développement durable

I.1 Introduction :

Avec l'attention croissante portée au développement durable, l'industrie de la construction doit répondre aux exigences fondamentales : contrôler l'impact sur l'environnement extérieur tout en garantissant un environnement intérieur sain et confortable. [1]

De cela vient le concept de construction durable qui s'inscrit dans une démarche de promotion du développement durable. Il s'ensuit les effets néfastes du logement sur la santé. Il vise également à lutter contre la dégradation de l'environnement et le réchauffement climatique. En fait, nous comprenons que les intérêts économiques, environnementaux et sociaux sont importants. Par conséquent, il est nécessaire de concevoir différemment les projets de construction de bâtiments. En d'autres termes, les projets de construction doivent se concentrer sur la protection de la planète et de la santé collective. Cependant, il doit rester économique. En effet, le concept ne repose plus uniquement sur l'évolution des énergies fossiles et de leurs coûts.

I.2 Développement durable :

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre à leur propres besoins » [2]

Le concept de développement durable est aujourd'hui largement intégré dans le discours des dirigeants et des acteurs politiques impliqués dans le développement. Cependant, il est important de souligner que ce concept est le fruit d'une réflexion approfondie sur les conséquences néfastes de l'activité humaine sur l'environnement. Les premières grandes conférences internationales consacrées à l'impact de l'activité humaine sur l'environnement remontent à la fin du XIXe siècle. À cette époque, l'accent était principalement mis sur la protection de certains aspects environnementaux, en particulier une espèce spécifique. [3]



Figure 1 : Les 3 piliers du développement ²

Le pilier social :

Le premier pilier du développement durable est social. Globalement, il s'agit de lutter contre les inégalités sociales et, plus globalement, des conséquences sociales du développement des sociétés humaines.

Cela passe par un mode de développement qui ne se fait pas aux dépens des autres, mais en collaboration avec eux. Les entreprises s'inscrivant dans une démarche de Responsabilité Sociale s'engagent, par exemple, à limiter l'impact social de leurs activités, à lutter contre l'exclusion et la discrimination et à se soucier du bien-être des employés.

La croissance d'un pays doit aussi s'observer sous le prisme du progrès social. Commencer par observer l'indice de développement humain d'un pays plutôt que son produit intérieur brut pour évaluer son niveau de développement fait partie de cette démarche.

Le pilier économique :

Le second pilier du développement durable est l'économie responsable. L'économie doit être circulaire : Les richesses produites par une activité doivent être partagées. Le commerce équitable œuvre à un modèle économique ayant un impact plus positif. Cela passe, par exemple, par ne pas exploiter une main d'œuvre sous-payée à l'autre bout du monde et rémunérer au juste prix chaque personne impliquée dans la production.

Le développement des coopératives et la notion d'économie du partage sont de grands axes du pilier économique.

² (Cy-clope3 août 2022)

Le développement durable préconise également le retour à une économie locale Plutôt qu'à une économie mondialisée qui tend à creuser les inégalités et à augmenter radicalement la pollution liée à notre consommation.

Le pilier environnemental :

Enfin, le pilier central du développement durable est l'impact environnemental des activités humaines. Le Bilan Carbone de nos habitudes de consommation doit impérativement être réduit sans quoi, selon les rapports du GIEC, nous allons droit à la catastrophe écologique.

Réduire notre empreinte carbone passe par un changement de notre mode de vie, mais également une gestion des ressources différente, une réduction des déchets et une valorisation de ceux que l'on produit, une meilleure utilisation des matières premières, et bien d'autres mesures. Globalement, depuis la révolution industrielle, il s'agit de mener des actions de sensibilisation sur les conséquences du développement économique sur le réchauffement climatique. En optant pour des énergies propres et en prenant conscience individuellement des répercussions de nos choix, le développement durable nous offre une dernière chance de préserver notre environnement.

I.2.1 Les principes du développement durable :

les principes de développement durable sont des concepts clés qui guident les actions visant à atteindre les objectifs de développement durable. Ces principes incluent [4] :

-L'intégration : Les actions de développement doivent prendre en compte les aspects économiques, sociaux et environnementaux afin de garantir un développement durable à long terme.

-La participation et la consultation : Les populations concernées doivent être impliquées dans la prise de décision et la mise en œuvre des projets de développement.

-La prévention : Il est préférable de prévenir les problèmes environnementaux et sociaux plutôt que de les traiter après leur apparition.

-Le principe de précaution : En cas d'incertitude scientifique, des mesures préventives doivent être prises pour protéger l'environnement et la santé humaine.

-La durabilité à long terme : Les actions de développement doivent être viables à long terme pour garantir la pérennité des ressources naturelles et de la qualité de vie des populations.

-La solidarité : Les actions de développement doivent tenir compte des besoins des populations les plus vulnérables et les plus défavorisées.

-La responsabilité : Les acteurs impliqués dans les actions de développement doivent prendre leur responsabilité pour les impacts environnementaux et sociaux de leurs actions. [5]

I.2.2 les objectifs du développement durable :

Les objectifs de développement durable (ODD) sont un ensemble de 17 objectifs mondiaux adoptés par les Nations unies en 2015 pour guider les politiques et les actions de développement à l'échelle mondiale jusqu'en 2030. Les 17 ODD sont les suivants [6] :



Figure I.2 : Objectifs du développement

(1) Pas de pauvreté (2) Faim "zéro" (3) Bonne santé et bien-être (4)Éducation de qualité (5)Égalité humaine(6)Eau propre et assainissement(7)Énergie propre et d'un coût abordable(8)Travail décent et croissance économique(9)Industrie, innovation et infrastructure(10)Inégalités réduites(11)Villes et communautés durables(12)Consommation et production durables(13)Lutte contre le changement climatique(14)Vie aquatique(15)Vie terrestre(16)Paix, justice et institutions fortes(17)Partenariats pour la réalisation des objectifs.

I.2.3 Les enjeux du développement durable :

Les enjeux du développement durable sont multiples et variés, mais ils sont tous liés à la nécessité de trouver un équilibre entre les besoins économiques, sociaux et environnementaux pour assurer un avenir viable pour les générations futures. Voici quelques exemples d'enjeux du développement durable [7] :

-La lutte contre le changement climatique : Le changement climatique est l'un des plus grands défis auxquels le monde est confronté.

-La gestion des ressources naturelles : Les ressources naturelles telles que l'eau, l'air, les sols, les forêts, les océans et la biodiversité sont essentielles pour la vie humaine et doivent être gérées de manière durable pour garantir leur disponibilité à long terme.

-La réduction de la pauvreté : La pauvreté est un problème majeur dans le monde, et le développement durable vise à réduire la pauvreté en améliorant l'accès à l'éducation, à la santé, à l'eau et à l'assainissement, à l'emploi et à d'autres besoins essentiels.

-La promotion de la santé et du bien-être : Le développement durable vise à améliorer la santé et le bien-être des populations en promouvant des modes de vie sains, en réduisant les risques environnementaux pour la santé et en garantissant l'accès à des soins de santé de qualité.

I.3 La Construction durable :

La construction durable est une approche de la construction qui vise à minimiser l'impact environnemental des bâtiments tout en maximisant leur durabilité et leur efficacité énergétique. Cela implique de concevoir et de construire des bâtiments qui sont économes en énergie, qui utilisent des matériaux durables et respectueux de l'environnement, qui sont conçus pour durer, et qui sont faciles à entretenir et à réparer [8]

Les principes de la construction durable peuvent être appliqués à toutes les étapes de la construction, de la planification initiale à la démolition et au recyclage. Cela peut inclure des pratiques telles que l'utilisation de matériaux recyclés ou renouvelables, la conception de bâtiments pour maximiser l'utilisation de la lumière naturelle et la ventilation naturelle, et l'utilisation de technologies de pointe pour minimiser la consommation énergétique.

I.3.1 Objectif de la construction durable :

La construction durable vise principalement la planification et la mise en œuvre d'un bâtiment dont les caractéristiques sont conformes au principe du développement durable. L'objectif est de minimiser la consommation d'énergie et de ressources. [9]

Les facteurs suivants doivent être pris en compte dans la construction durable :

- Réduction de la consommation d'énergie.....23

- Réduction de la consommation des ressources d'exploitation.
- Optimisation des coûts de transport des matériaux.
- Le retour en toute sécurité de tous les matériaux utilisés.
- Possibilité de réutilisation.
- Préservation des espaces naturels (grâce à une construction peu encombrante).

I.3.2 Les principes de la construction durable :

Les principes de la construction durable comprennent : [10]

- **L'efficacité énergétique** : La construction durable vise à minimiser la consommation d'énergie en utilisant des matériaux et des systèmes économes en énergie, en maximisant l'utilisation de la lumière naturelle et en optimisant les performances des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation.
- **La gestion de l'eau** : La construction durable intègre des techniques de gestion de l'eau pour minimiser la consommation d'eau potable, récupérer l'eau de pluie et traiter les eaux usées.
- **Le choix des matériaux** : La construction durable encourage l'utilisation de matériaux durables, renouvelables et recyclables pour réduire l'impact environnemental de la construction et améliorer la qualité de l'air intérieur.
- **La qualité de l'air intérieur** : La construction durable vise à créer des espaces de vie sains en minimisant la pollution de l'air intérieur, en éliminant les matériaux toxiques et en améliorant la ventilation.
- **La gestion des déchets** : La construction durable intègre des stratégies pour minimiser la quantité de déchets générés pendant la construction et pour recycler et réutiliser les matériaux de construction.

I.4 Les Normes et labels d'éco construction :

Afin de garantir qu'une construction soit considérée comme durable, elle doit se conformer à une réglementation spécifique et satisfaire aux exigences en matière de lutte contre le réchauffement climatique et la pollution.

En France, ces normes sont définies par les lois Grenelle. Pour avoir l'assurance qu'une construction est réellement durable, il est recommandé de se fier à certaines normes reconnues. [11]

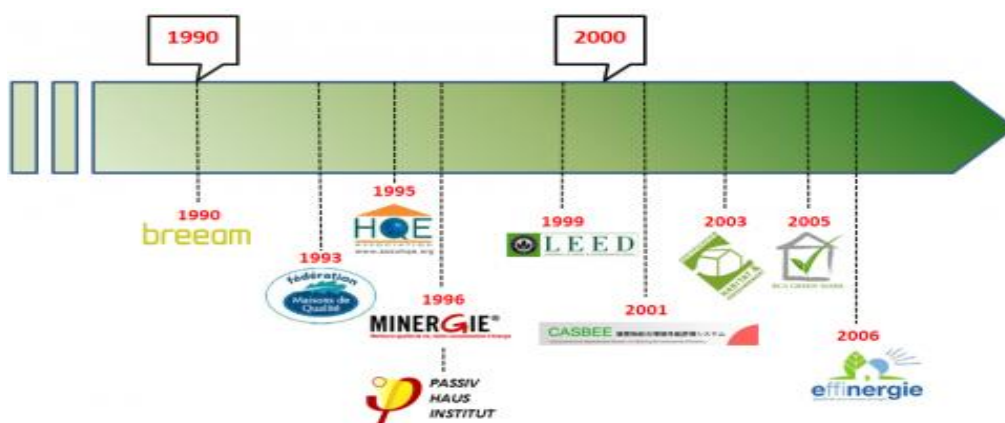


Figure I.3 : Échelle chronologique de création de quelques labels

- **HQE** (La haute qualité environnementale) : « La Haute Qualité Environnementale est une démarche qui vise à limiter à court et à long terme les impacts environnementaux d'une opération de construction ou de réhabilitation, tout en assurant aux occupants des conditions de vie saines et confortables. Elle prend en compte, dès la conception, toutes les interactions et tous les coûts générés par la construction durant toute sa durée de fonctionnement, de sa réalisation à sa démolition » [12]

- **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) :

Ce label est délivré par le Conseil du bâtiment durable des États-Unis et est largement reconnu comme l'une des normes les plus rigoureuses en matière d'éco-construction. Il se

concentre sur la réduction de la consommation d'énergie et d'eau, l'utilisation de matériaux durables et la qualité de l'air intérieur. [13]

- **Passivhaus** : est un label allemand de performance énergétique dans les bâtiments, Il est accordé aux logements neufs dont les besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m²/an.

La consommation totale, calculée en énergie primaire, prenant en compte le chauffage, la ventilation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires et les équipements électrodomestiques, doit être inférieure à 120 kWh/m²/an.[14]

- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) : Cette norme est largement utilisée en Europe et en Asie. Elle évalue la durabilité d'un bâtiment En se concentrant sur l'utilisation de l'énergie, de l'eau et des matériaux, ainsi que sur la qualité de l'air intérieur ³
- **WELL** (Building Standard) : Cette norme internationale évalue la qualité de l'environnement intérieur et la santé des occupants en se concentrant sur des facteurs tels que l'air, l'eau, la nourriture, la lumière, le fitness et le confort. ⁴
- **PEEB** (Programme d'efficacité énergétique dans les bâtiments) : est une initiative franco-allemande, mise en œuvre par l'AFD, la GIZ et l'ADEME sous l'égide de l'Alliance globale pour les bâtiments et la construction (Global ABC). Par ses actions, le PEEB soutient les pays dans leur transition vers un secteur du bâtiment efficace en énergie, bas-carbone et résilient. [15]

I.5 Les réglementations thermiques:

La réglementation thermique comprend un ensemble de lois qui ont pour objectif de maîtriser la consommation d'énergie dans les bâtiments en imposant des performances globales, notamment à travers un seuil réglementaire. Cette réglementation vise à garantir le confort des occupants du bâtiment, à réduire les émissions de polluants et à diminuer les charges d'exploitation des locaux, telles que le chauffage ou la climatisation [16]

³ (<https://www.wellcertified.com/>)

⁴ (<https://www.wellcertified.com/>)

I.5.1 Réglementations thermiques dans le monde :

I.5.1.1 Réglementation Américaine: (ASHREA)

L'objectif de la réglementation thermique américaine est de réglementer la conception de l'enveloppe des bâtiments afin que ceux-ci disposent d'une résistance thermique suffisante et d'une faible perméabilité à l'air. La réglementation étudiée ne donne aucune norme spécifique. N'ayant trait au confort thermique, celui-ci est traité dans d'autres normes. Le confort intérieur et le confort hygrométrique sont traités en détail dans (ASHRAE 1997).

La réglementation américaine de la maîtrise de l'énergie permet le calcul des performances thermiques à l'aide de logiciels avancés. Cette méthode permet de concevoir un bâtiment d'une manière optimale. Les normes autorisent également l'utilisation de calculs simplifiés pour ce qui est des exigences maximales de la transmission surfacique des différentes parois ainsi que des solutions de type standard.

.La norme prend en compte les climats d'hiver et d'été, et en régions chaudes, les normes d'isolation thermique ne sont pas aussi exigeantes mais spécifient l'utilisation de protection solaire des baies. Par contre, elle ne prévoit pas de protection solaire des façades.

Indépendamment des méthodes spécifiées, les calculs autorisés prennent en compte l'inertie thermique des murs extérieurs. Les calculs informatisés autorisent l'utilisation du chauffage passif provenant de l'énergie solaire ainsi que du refroidissement réalisé par une ventilation nocturne. [17]

I.5.1.2 La réglementation Anglaise :

Toutes les règles régissant la construction au Royaume-Uni se trouvent dans les règlements de construction. Ce code national remplace les ordonnances municipales qui étaient en vigueur avant 1984. La dernière loi datait de 1991 et a été modifiée en 1994.

La réglementation ne considère que l'hiver. Comme les normes françaises et américaines, il a la possibilité de calculer différents niveaux depuis la performance thermique de l'ensemble du bâtiment jusqu'aux solutions standards. Les calculs de pointe prennent en compte à la fois le gain interne et le gain solaire. En revanche, les calculs ne tiennent pas compte de l'inertie thermique.

Comme la France, le Royaume-Uni autorise des performances thermiques inférieures lorsque les logements utilisent des sources d'énergie autres que l'électricité. [18]

I.5.1.3 La réglementation algérienne :

En Algérie, Le nouveau règlement thermique est porté par le décret exécutif n°2000-90 qui est inclus dans la loi 99-90 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment,

Celle-ci est pour introduire l'efficacité énergétique dans les bâtiments neuf à usage d'habitation et autres. La mise en application de cette réglementation permettra de porter le niveau d'économie d'énergie à plus de 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation. [19]

A travers cette réglementation, le centre national de la recherche de l'industrie du bâtiment (CNERIB) a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment:

-Le **DTR.C 3-2** qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation.

-Le **DTR.C 3-4** relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments.

-Le **DTR.C 3-31** relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation. Cette réglementation vise à améliorer la performance énergétique globale des bâtiments, offrant ainsi une grande flexibilité aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage pour choisir entre différentes performances thermiques en matière de choix des matériaux et de conception de la structure du bâtiment.

I.6 L'état de la construction durable en Algérie :

Les habitats produits en Algérie présentent actuellement de sérieux problèmes de qualité de vie, notamment de confort thermique, dont le bilan thermique, que ce soit en hiver ou en été, est généralement négatif. Les dernières recherches, notamment l'étude (APRUE), ont montré que les secteurs résidentiel et tertiaire en Algérie consomment plus de 40% de l'énergie totale.

L'Algérie a entrepris divers programmes et projets pilotes pour remédier aux problèmes d'habitats existants qui sont à la fois inconfortables sur le plan thermique et énergivores. Ces initiatives font suite à des expérimentations menées dans le domaine du logement neuf, notamment avec le Village solaire intégré de Boussaâda et le projet Med-Enec. Parmi ces initiatives, le programme ECO-BÂT vise à réformer l'habitat existant.⁵

I.6.1 Programme ECO-BÂT :

Dans le cadre du Plan National de Maîtrise de l'Énergie (PNME) de 2007 à 2011, l'Algérie a lancé le programme ECO-BAT en collaboration avec l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRU0E) et les Offices de Promotion et de Gestion Immobilière (OPGI)⁶

Le programme ECO-BAT contient deux projets pilotes:

- Projet de réalisation de 600 logements à haute performance énergétique (HPE) sur tout le territoire national.
- Projet de rénovation thermique de 100 logements.

Le lancement de ces deux projets dans le cadre d'ECO-BAT vise à atteindre les objectifs suivants :⁷

1. Amélioration du confort thermique des logements et réduire la consommation énergétique associée au chauffage et à la climatisation.
2. Les acteurs du secteur bâtiment se mobilisent autour de la problématique associée à l'efficacité énergétique.
3. La mise en œuvre d'une action démonstrative prouve la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie.

⁵ (Ministère de l'Énergie et des Mines, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE), Consommation énergétique finale de l'Algérie, Chiffres clés Année 2005. Edition.2007)

⁶ (APRUE. « Programme ECO-BAT, Signature d'une convention entre l'Aprue et 11 OPGI ».La lettre, Bulletin trimestriel de l'Aprue. N° 15. Juin 2009)

⁷(www.aprue.org.dz.)

4. Introduire la pratique de la rénovation thermique du parc de logements existants est envisagée.
5. créer un marché de rénovation thermique en introduisant les matériaux appropriés et en formant les corps de métiers adéquats.
6. Stimulation de l'adoption généralisée des pratiques intégrant la maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale, en créant un effet d'entraînement.

I.7 Matériaux durable :

Les matériaux durables sont des matériaux de construction qui ont un impact environnemental minimal tout au long de leur cycle de vie, de l'extraction des matières premières jusqu'à leur fin de vie. Ces matériaux sont également choisis en fonction de leur capacité à être renouvelables, recyclables ou biodégradables, ainsi que de leur durabilité et de leur performance énergétique. Les exemples de matériaux durables comprennent le bois issu de forêts gérées de manière responsable, le béton fabriqué à partir de matériaux recyclés, les briques en terre cuite et les matériaux composites à base de fibres végétales.

L'utilisation de matériaux durables dans la construction est de plus en plus encouragée car elle permet de réduire l'impact environnemental et de contribuer à la durabilité à long terme des bâtiments.⁸

On peut citer quelque matériau durable pour la construction :⁹

- **Le béton cellulaire** : composé à 80% d'air, il est léger, facile à poser et 5 fois plus isolant par exemple que les parpaings traditionnels. La fabrication non polluante du béton cellulaire, notamment grâce à une faible utilisation d'énergie, en fait un matériaux tout à fait durable.
- **Le bois** : il est naturel et renouvelable, concilie maîtrise des émissions de CO2 et qualité de la réalisation dans le neuf comme dans la réhabilitation. Il est léger, durable et offre une bonne

⁸ (World Green Building Council. (2019))

⁹ (maisons-durables.com /construction-durable/)

- performance thermique. La construction à ossature bois permet de bénéficier de tous ces avantages.
- **La terre cuite** : grâce à elle, l'hygrométrie est régulée et il n'y a donc aucune condensation dans les murs ce qui évite les moisissures et protège l'habitat du feu. Aussi ce matériau permet d'éviter des variations de températures.
- **Le béton de chanvre** : c'est un mélange naturel de chènevotte, d'eau et de chaux pour obtenir une bonne résistance thermique. Ce matériau offre à la maison une meilleure perméabilité à la vapeur, un confort durant l'été et une bonne absorption acoustique.
- **L'argile** : c'est un matériau naturel sain. Il peut permettre de fabriquer les briques (mono mur, creuses traditionnelles) pour assurer une excellente isolation thermique.
- **La pierre** : c'est un matériau de construction atemporel extrêmement durable. La pierre possède d'excellentes propriétés d'isolation phonique et thermique. Sa densité la rend très robuste dans le temps et face aux aléas du quotidien. La nature de roche utilisée en construction varie selon la région de la construction.
- **Le liège aggloméré** : C'est un matériau de très faible conductivité, ignifuge, qui n'accumule pas l'électricité statique et n'absorbe pas l'humidité. De ce fait, il est principalement utilisé pour isoler les maisons. Le liège provient de l'écorce des chênes-lièges et peut être extrait sans couper l'arbre, le recréant avec le temps, ce qui en fait un matériau hautement durable.
- **Le polypropylène, poly butylène et polyéthylène** : En général, on utilise des tuyaux en PVC qui incorporent des éléments biocides libérant des particules nocives pour la santé. La meilleure alternative plastique pour les tuyaux plus respectueux de l'environnement est l'exploitation du polypropylène, du poly butylène et du polyéthylène. .

I.7.1 Matériaux durables adaptés aux régions sahariennes :[20]

- La terre crue, également connue sous le nom de pisé ou de banco.
- Les briques en terre cuite.
- Les fibres des palmiers, sont des matériaux naturels et durables.

- Briques de terre renforcées par des fibres de palmier dattier.

I.8 Conclusion :

La construction durable est étroitement liée au développement durable et aux réglementations thermiques. Pour répondre aux enjeux environnementaux, sociaux et économiques actuels, il est essentiel de concevoir et de mettre en œuvre des constructions qui minimisent leur impact sur l'environnement, favorisent l'efficacité énergétique et garantissent le bien-être des occupants.

Les réglementations thermiques jouent un rôle clé dans la promotion de la construction durable. Elles fixent des normes et des exigences en matière de performance énergétique des bâtiments, encourageant ainsi l'utilisation de techniques et de matériaux efficaces sur le plan énergétique. Ces réglementations incitent également à adopter des pratiques de construction respectueuses de l'environnement, telles que l'utilisation de sources d'énergie renouvelable et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

En conclusion, la construction durable et les réglementations thermiques sont des éléments indispensables pour atteindre les objectifs de développement durable. Elles contribuent à la préservation de l'environnement, à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et au bien-être des occupants. Il est primordial de promouvoir et de soutenir ces initiatives afin de construire un avenir durable pour tous.

Référence :

- [1]. Lagnika, S. B. M. (2009). La gestion des risques environnementaux au sein des entreprises immobilières.
- [2]. Brundtland, G. H. (1987). Our common future—Call for action. *Environmental conservation*, 14(4), 291-294.
- [3]. BROCHARD, L. D. (2011). LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ.
- [4]. Kahn-Jochimek, A. (2016). Le programme de développement durable [Internet]. Développement durable.[cité 2 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/development-agenda>.
- [5]. Boumati, A., & Inal, M. (2017). La Pénurie de facteurs et le comportement des opérateurs dans le secteur public local de la construction de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- [6]. Djennane-Hadibi, F., Bachtarzi, M., Layaida, K., Ali Arous, N., Nakmouche, M., Saadi, B., ... & Burucoa, C. (2016). High-level primary clarithromycin resistance of *Helicobacter pylori* in Algiers, Algeria: a prospective multicenter molecular study. *Microbial Drug Resistance*, 22(3), 223-226.
- [7]. Chevassus-Au-Louis, B., Barbault, R., Blandin, P., & Chapitre, V. I. I. I. (2004). Biodiversité et changements globaux: enjeux de société et défis pour la recherche, Ministère des Affaires Etrangères—ADPF, Paris, 192-217
- [8]. Dionne, J. P. (2015). Conception intégrée, processus facilitateur pour la réduction des impacts sur l'environnement et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- [9]. Cao, M. L., Wu, J. J., Mo, H. J., & Ye, B. H. (2009). Template trapping and crystal structure of the magic number (H₂O) 21 cluster in the tetrahedral hole of a nanoscale global ion packed in a face-centered cubic pattern. *Journal of the American Chemical Society*, 131(10), 3458-3459.

- [10]. Wiley, C. D., Velarde, M. C., Lecot, P., Liu, S. U., Sarnoski, E. A., Freund, A., ... & Campisi, J. (2016). Mitochondrial dysfunction induces senescence with a distinct secretory phenotype. *Cell metabolism*, 23(2), 303-314.
- [11]. Cao, M. L. (2009). Les vrais enjeux d'un projet de construction durable. Les vrais enjeux d'un projet de construction durable, 1-112.
- [12]. Sellama, C., Messibah, H., Boulkaraa, I., & Boutellis, T. E. (2019). la rénovation énergétique dans l'habitat collectif en Algérie: Vers une stratégie d'efficacité (Doctoral dissertation, Université de Jijel)
- [13]. Sistek, V., Maheux, A. F., Boissinot, M., Bernard, K. A., Cantin, P., Cleenwerck, I., ... & Bergeron, M. G. (2012). *Enterococcus ureasiticus* sp. nov. and *Enterococcus quebecensis* sp. nov., isolated from water. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 62(Pt_6), 1314-1320.
- [14]. Souvestre, J. (2021). Chapitre 5: La chimie au service de l'efficacité énergétique: comment concevoir un habitat performant?. In *La chimie et l'habitat* (pp. 97-108). EDP Sciences.
- [15]. ©Kéré Architecture(2018)
- [16]. Sellama, C., Messibah, H., Boulkaraa, I., & Boutellis, T. E. (2019). la rénovation énergétique dans l'habitat collectif en Algérie: Vers une stratégie d'efficacité (Doctoral dissertation, Université de Jijel)
- [17]. Foura, S., & Zerouala, M. S. (2017). Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie.
- [18]. Ouadadi, A. (2018). Élaboration d'une interface graphique calculant les apports calorifiques des bâtiments «ClimBâtim» (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'sila).
- [19]. Messai, K., Boughalem, C., & Boudjadja, R. (2016). L'optimisation du confort thermique dans un projet d'ecoquartier a tebessa

[20]. Lafkir, F., & ELFAAtTAH, B. A. (2021). Les Matériaux locaux dans le domaine de construction en zone saharienne (Doctoral dissertation, universite Ahmed Draia-ADRAR).

CHAPPITRE II :

Transfert de chaleur et l'isolation thermique

I.1 Introduction :

Les théories anciennes différaient dans la compréhension du phénomène de chaleur, où il était connu depuis longtemps qu'il y avait un échange de chaleur entre deux milieux, l'un chaud et l'autre froid. Les scientifiques des 18ème et 19ème siècles pensaient qu'il existait un fluide invisible à l'intérieur des matériaux et que des calories circulaient à l'intérieur, responsables du transfert de chaleur. [1]

Actuellement des études indiquent que le pourcentage de chaleur s'échappant des murs et des plafonds dans les bâtiments des zones désertiques est estimé à Environ 60-70% , tandis que le reste passe par les ouvertures des fenêtres et les portes, ce qui signifie que la chaleur qui s'échappe des murs et des plafonds représente la plus grande partie à éliminer par les appareils de climatisation, et donc l'isolation thermique est d'une grande importance car cela conduit à une réduction de la chaleur qui s'échappe dans le bâtiment et donc à une réduction de la consommation d'énergie électrique utilisée pour le refroidir. Le contenu de ce chapitre vise à identifier les matériaux d'isolation thermique et l'importance de les utiliser dans les constructions désertiques afin de réduire l'énergie électrique utilisée à des fins de climatisation. Pour atteindre ces objectifs.¹⁰

Pour améliorer le confort thermique dans un bâtiment et économiser de l'énergie, il est nécessaire de mettre en œuvre des matériaux particulièrement performants, apportant une bonne isolation thermique. En effet, une bonne isolation thermique entraîne le choix d'équipements de climatisation moins puissants donc plus économiques.

Dans la plupart des cas, l'isolation est obtenue par l'emploi de matériaux spécifiques, qui, outre une bonne résistance à la transmission de la chaleur, doivent présenter d'autres qualités qui sont fonction des impératifs de mise en œuvre comme:

- La légèreté et le non hygroscopicité afin de conserver dans le temps ses qualités isolantes.
- Une bonne résistance mécanique.
- Une bonne tenue aux températures d'emploi,-une absence d'effets nuisibles sur les matériaux en contact avec l'isolant.

¹⁰ (هيئة السعودية للمهندسين " مشروع اللائحة التنفيذية لاستخدامات العزل الحراري في المباني 2010/02/17)

II.2 Définition de transfert de chaleur :

Le transfert thermique correspond à la transmission de l'énergie d'un milieu à un autre, en raison d'une différence de température. Cette transmission est régie par une combinaison de lois physiques. Dans la littérature sur le transfert de chaleur, on reconnaît généralement trois modes de transmission thermique : la conduction, la convection et le rayonnement. [2]

II.2.1 Les différents modes de transfert de chaleur :

Il existe trois modes de transferts thermiques : la convection, la conduction et le rayonnement. Seul le rayonnement est un mode de propagation qui a lieu dans le vide. La convection et la conduction nécessitent de la matière pour se propager.

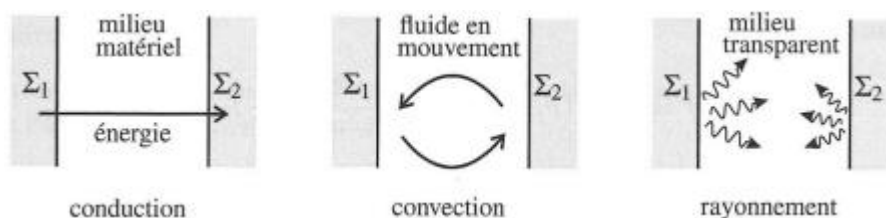


Figure II.1 : Les trois modes de transfe de chaleur ¹¹

II.2.1.1 Le Rayonnement :

L'énergie thermique est transférée par des ondes électromagnétiques sans nécessiter un contact direct. En réalité, tous les objets physiques émettent et reçoivent un rayonnement sous forme de phonons, qui convertit une partie de leur énergie en énergie interne, entraînant ainsi une augmentation de la température du corps récepteur. ¹²

¹¹ (Laurent Pietri. Cours : D – Thermodynamique)

¹² (HORBANIUC, B., & DUMITRAȘCU, G. TECHNIQUE ET TRANSFERT DE CHALEUR.)

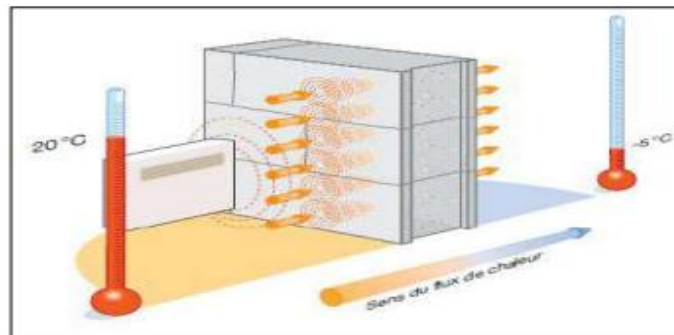


Figure II.2 : Transfert chaleur par Rayonnement Source : [Campbell, A(2017)]

II.2.1.2 La conduction :

La conduction est un mode de transfert thermique dû à une différence de température entre deux surfaces. La conduction s'effectue sans transfert de matière et est irréversible. Elle est spécifique aux solides. Elle s'effectue lorsque deux systèmes de température différente sont en contact direct ou indirect (par l'intermédiaire d'un mur qui les sépare). [3]

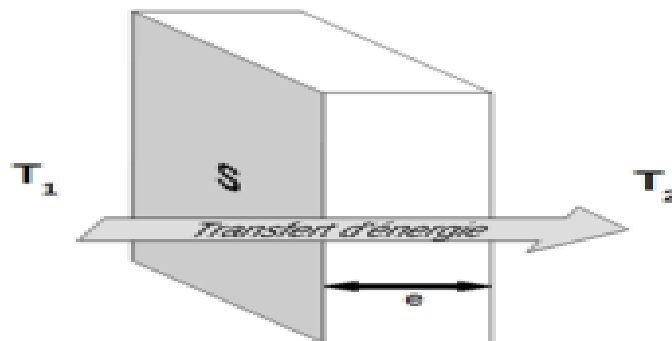


Figure II.3 : Principe de la conduction

Source : [Perkins, S. (2016)]

La conduction peut être mesurée par la Loi de Fourier. En effet, on prend deux parois de surface 'S' et de températures T1 et T2 différentes ($T_1 > T_2$), distantes d'une épaisseur 'e' et dont la matière qui sépare les parois est de conductivité thermique ' λ '. [4]

- Le flux thermique ' ϕ ' qui passe entre les deux peut être mesuré par la formule :

$$\phi = \frac{\lambda S}{e} (T_1 - T_2)$$

La conductivité thermique ' λ ' est propre à chaque matériau. Puisqu'en effet, chaque matériau a ses propres spécificités, qui lui confère une conductivité différente d'un autre matériau. Elle a pour unité $W.m^{-1} .K^{-1}$. Plus la conductivité est élevée, plus le matériau conduit la chaleur.

La conductivité thermique se mesure soit physiquement à l'aide d'un analyseur thermique soit à travers un calcul utilisant l'équation de la conductivité thermique, appelée hypothèse de Fourier, qui est :

$$\phi = - \lambda \text{ grad (T)}$$

ϕ : densité de flux thermique (en Wm^{-2})

λ : conductivité thermique (en $W.m^{-1} .K^{-1}$)

Le signe – montre bien que la chaleur se déplace du milieu le plus chaud vers le plus froid.

Une autre mesure qui caractérise encore mieux l'aptitude d'un matériau à endiguer le transfert de chaleur est la résistance thermique. Elle a pour unité $m^2 .K. W^{-1}$. La résistance thermique caractérise la qualité de l'isolant : plus la résistance thermique est grande, plus le matériau est isolant.

La résistance thermique se calcule à partir de la conductivité thermique :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

II.2.1.3 La convection :

La convection est un mode de transfert qui se produit uniquement dans le cas des fluides (liquides ou gaz) et est étroitement lié au mouvement du milieu. Le transfert de chaleur par convection peut être divisé en deux parties principales :

1. Convection naturelle :

Ce phénomène se manifeste généralement lorsqu'il y a une variation de la masse volumique du fluide due à des gradients de température et de concentration. La distribution non uniforme de la densité, résultant de ces gradients thermiques et de concentration, entraîne un mouvement convectif induit par la gravité. [5]

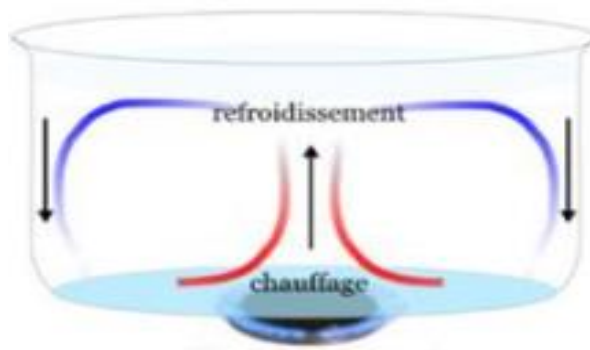


Figure II.4 : Principe de la convection [6]

2. Convection forcée :

Le mouvement du fluide est provoqué par des actions mécaniques extérieures (pompe, ventilateur...) [7]

La convection est régit par la loi de Newton qui s'exprime comme suit :

$$\phi = h (T_p - T_{\infty})$$

ϕ : densité de flux thermique par convection

h : coefficient de transfert de chaleur par convection

T_p : température du solide à la surface

T_{∞} : température du fluide éloigné du solide

II.3 Modes de déperdition thermique sont de trois ordres :

Les déperditions surfaciques, Les déperditions par les ponts thermiques et Les déperditions par renouvellement d'air. [8]

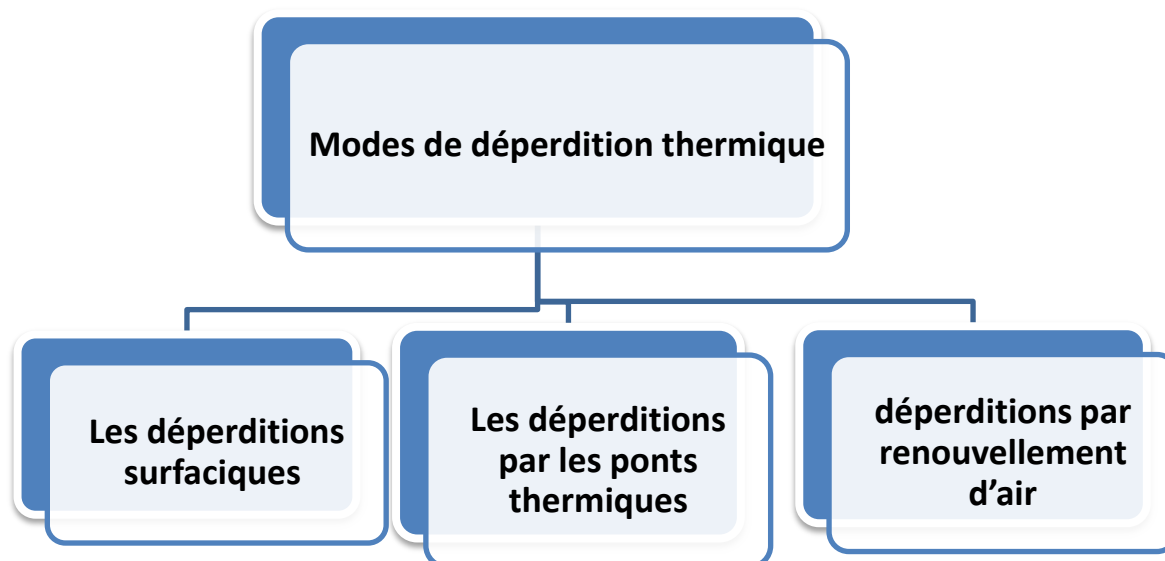


Figure II.5 : Modes de déperdition thermique (auteur)

II.3.1 Les ponts thermiques :

Dans le secteur du bâtiment le terme "ponts thermiques" désignent les zones où l'isolation est moins efficace que dans le reste de la structure. Ces ponts sont souvent situés dans les murs, les toits, les plafonds, les balcons, les planchers et les ouvertures telles que les portes, les fenêtres et les vérandas. Ils peuvent également être présents autour des prises électriques ou des sorties de câble lorsque des courants d'air sont constatés. [9]

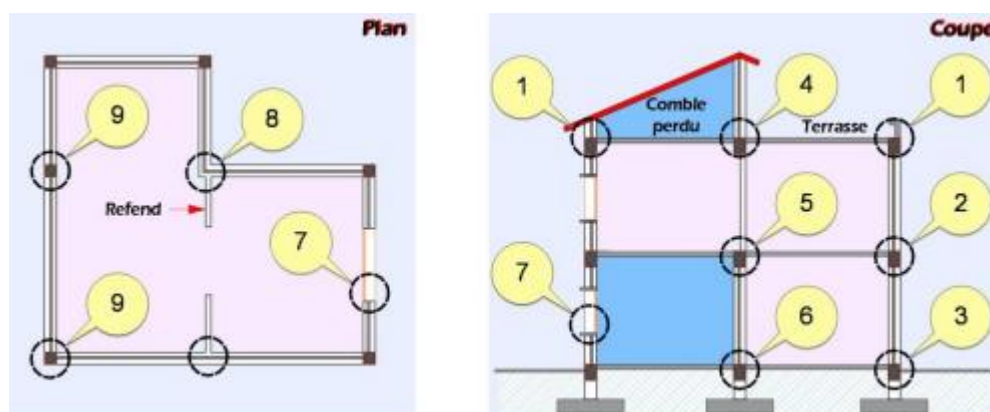


Figure II.6 : Positions des principaux ponts thermiques

| | |
|--------------------|--|
| Repères 1, 2, et 3 | Murs et planchers hauts, intermédiaires et bas |
| Repères 4, 5 et 6 | Refends et planchers hauts et bas |
| Repère 7 | Baies et ouvertures |
| Repère 8 | Refends et murs |
| Repère 9 | Murs et éléments de structure |

II.3.2 Les sources de déperdition de chaleur :

Voici les valeurs moyennes des sources de déperdition thermique dans une maison individuelle non isolée :

-le toit 25 à 30 % . -les murs 20 à 25 % .

-le renouvellement d'air 20 à 25 % .

-les fenêtres et portes extérieures 10 à 15 % . -le plancher 7 à 10 % .

-les ponts thermiques 5 à 10 % . **[10]**



Figure II.7 : Pourcentages de déperdition de chaleur avant l'isolation

II.4 L'isolation thermique :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour limiter le transfert de chaleur entre deux environnements distincts. Cette propriété permet non seulement de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage ou à la climatisation (en limitant les pertes en hiver et les gains en été), mais également d'améliorer le confort intérieur. En effet, une bonne isolation thermique maintient des températures et une humidité agréables toute l'année, tout en évitant les parois froides en hiver et chaudes en été. [11]

II.4.1 Avantages de l'isolation thermique :

Une bonne isolation thermique est essentielle pour réduire la consommation d'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir un bâtiment.

En limitant les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été, l'isolation thermique permet de maintenir une température intérieure plus stable et plus confortable pour les occupants. De plus, l'isolation thermique contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre en réduisant la consommation d'énergie.

Enfin, l'isolation thermique peut également protéger les bâtiments contre les dommages causés par les variations de température, ce qui peut prolonger leur durée de vie. [12]

❖ **Les avantages importants pour l'isolation thermique :**

- **Réduction de la consommation d'énergie :** L'isolation thermique permet de réduire les pertes de chaleur en hiver et de limiter les gains de chaleur en été, ce qui réduit la consommation d'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir un bâtiment.
- **Confort accru :** L'isolation thermique permet de maintenir une température intérieure plus stable, ce qui améliore le confort des occupants.
- **Réduction des émissions de gaz à effet de serre :** En réduisant la consommation d'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir un bâtiment, l'isolation thermique contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- **Economies financières :** L'isolation thermique permet de réaliser des économies sur les factures énergétiques à long terme.
- **Amélioration de la durée de vie des bâtiments :** L'isolation thermique peut protéger les bâtiments contre les dommages causés par les variations de température, ce qui peut prolonger leur durée de vie.

II.4.2 Les techniques d'isolation thermique dans le bâtiment :

Il existe diverses techniques d'isolation thermique, dont on peut citer quelques exemples :

- La bonne orientation du bâtiment afin de profiter de l'ensoleillement, il est important de placer les ouvertures aux emplacements appropriés.
- L'utilisation d'une grande épaisseur d'isolant.
- Réduire les pertes causées par le pont thermique causé par ruptures de continuité dans l'isolation du bâtiment.

II.4.3 L'isolation intérieure :

Ce type d'isolation est le plus couramment utilisé en raison de sa facilité de mise en œuvre. Il nécessite des travaux à l'intérieur du logement, où l'isolant est placé sur la face intérieure

du mur. L'isolation intérieure permet de conserver le mur à l'extérieur de la zone isolée et favorise une montée rapide de la chaleur, ce qui la rend adaptée à une utilisation temporaire. Cependant, elle réduit l'espace intérieur et peut entraîner la formation de ponts thermiques, qui nécessitent une attention particulière. [13]

II.4.4 L'isolation extérieure :

Cette technique d'isolation requiert généralement une épaisseur d'isolant plus mince. Elle implique l'application d'un isolant sur le mur extérieur de l'habitation. Ses avantages incluent une meilleure isolation en éliminant les ponts thermiques, une protection globale de la structure du bâtiment, aucune réduction de la surface intérieure de l'habitation et la préservation de la masse thermique du mur à l'intérieur de l'enveloppe isolée. Cependant, elle peut être difficile à mettre en œuvre sur certains édifices anciens. De plus, elle nécessite une protection contre les intempéries, ce qui engendre un coût plus élevé et la rend moins avantageuse sur le plan énergétique. [14]

II.5 La Toiture :

La toiture, parfois appelée la cinquième façade, recouvre la partie supérieure d'un bâtiment. Son rôle principal est de protéger l'intérieur contre les éléments extérieurs tels que les intempéries, la pluie, la neige, le vent, les tempêtes de sable, etc. Lors de sa conception, plusieurs propriétés essentielles sont recherchées, notamment la stabilité, la sécurité, l'étanchéité, la résistance mécanique et physique, la légèreté, l'évacuation efficace des eaux pluviales et l'aspect esthétique. [15]

II.5.1 Le Rôle thermique de la toiture :

Les caractéristiques thermiques de la toiture sont influencées par divers éléments tels que la masse et l'inertie thermique des matériaux utilisés, l'emplacement de l'isolant, ainsi que la texture et la couleur de la surface externe. [16]

Ces propriétés influent sur l'échange de chaleur et la conservation de l'énergie, ce qui permet de réduire les températures ambiantes et opérationnelles à l'intérieur des bâtiments non climatisés. Elles contribuent également à diminuer la charge de refroidissement en été et de chauffage en hiver, tout en maintenant un confort thermique optimal.

II.5.2 La performance thermique d'une toiture :

La position horizontale (ou presque horizontale) rend la toiture plus susceptible d'être affectée par les conditions extérieures de l'environnement. Les interactions entre la toiture et les conditions climatiques extérieures entraînent des échanges radiatifs et thermiques entre la toiture elle-même, l'environnement extérieur et l'intérieur du bâtiment. [17]

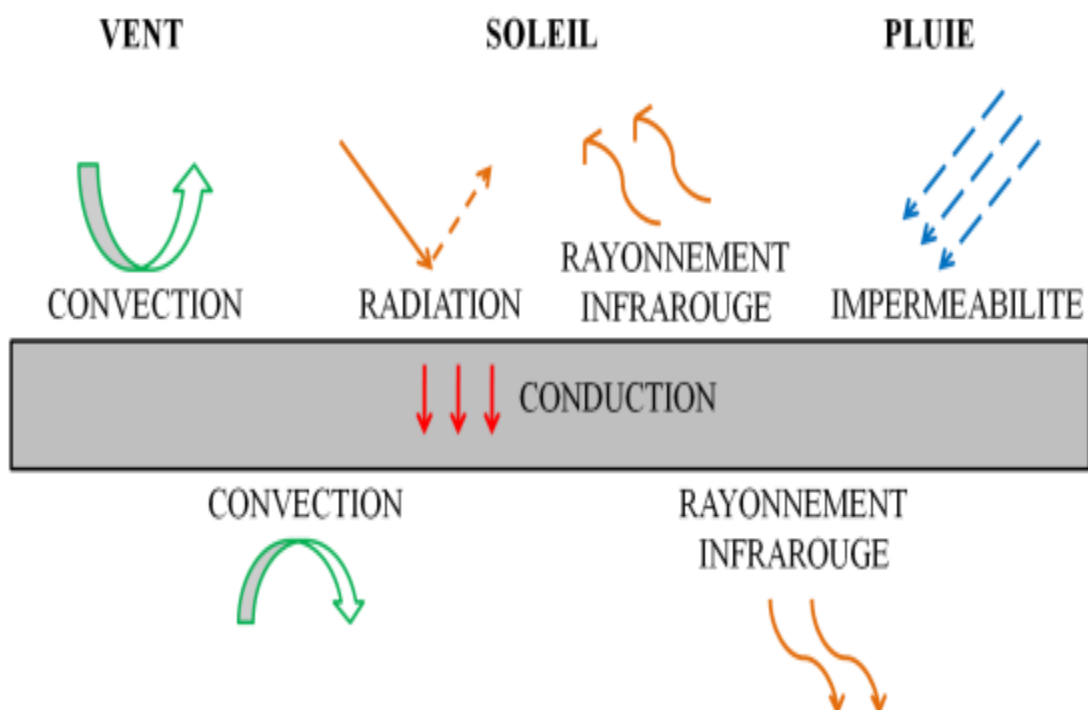


Figure II.8 : Comportement thermique d'une toiture [18]

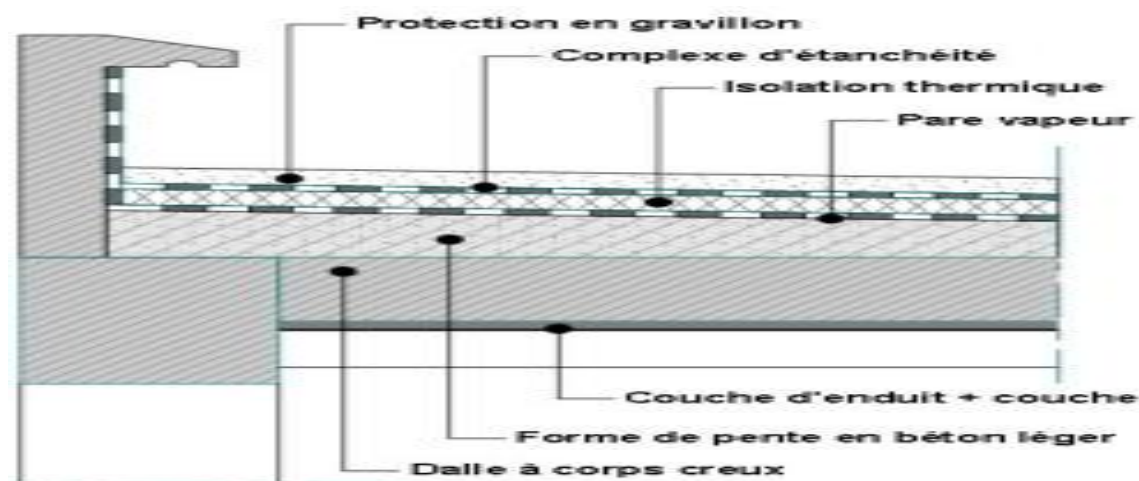


Figure II.9: Coupe sur un plancher terrasse

II.5.3 Isolation thermique et la toiture :

L'isolation thermique des toitures en zone chaude et aride telle que notre région où les écarts de températures sont élevés est important car elle permet de réduire les déperditions thermiques dans les planchers du plus haut niveau et d'assurer un confort thermique à l'intérieur des bâtis.¹³

Elle peut être assurée par :

- Un matériau qui assure l'inertie thermique (granulats, terre, sable ,...).
- Un système à circulation d'air (doublement de toiture).
- Une combinaison des deux.

II.5.3.1 Le plancher terrasse :

Les composants d'un plancher terrasse utilisant un isolant comme suit (de l'intérieur vers l'extérieur):

¹³ (KADRI, M. L'optimisation de la performance énergétique des toitures des édifices dans les zones chaudes et arides: Cas des Ksours du M'Zab Doctoral dissertation, Université 8 mai 1945 de Guelma)

- Couche mince de peinture. plâtre
- Couche de 02 cm d'enduit au
- (ou au ciment dans les salles d'eau).
- Plancher à corps creux de 20 cm (poutrelles + hourdis + dalle de compression) ou (plus rarement) plancher dalle pleine en béton armé.
- Forme de pente en béton.
- Film pare vapeur.
- Panneaux isolants en liège ou en polystyrène.
- Etanchéité multicouche.
- Protection en gravillons.

II.5.4 La position de l'isolant :

- L'isolant est support d'étanchéité : C'est la solution courante, adaptable à tous éléments porteurs.
- L'isolant est au-dessus de l'étanchéité (toiture inversée) : Cette solution s'applique au cas d'éléments porteurs en béton sur terrasses neuves ou à revêtement entièrement refait.
- L'isolant se trouve sous une forme fractionnée (sur éléments porteurs en béton) : C'est une solution à risques avec beaucoup de restrictions réglementaires (ce système est pratiquement abandonné)
- ❖ Les deux 1^{er} positions de l'isolant sont est justiciable d'un avis technique. **[19]**
- Les trois positions sont schématisées comme est suivant :

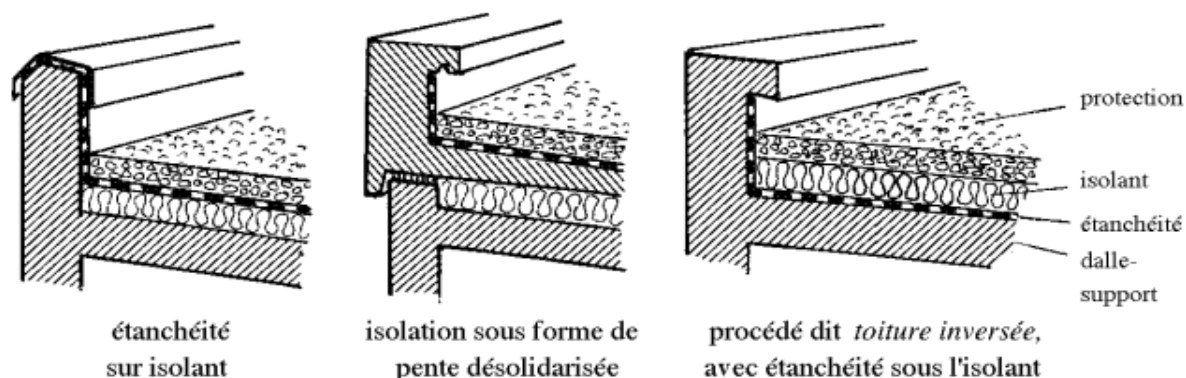


Figure II.10 : les trois formes de positionnement de l'isolant ¹⁴

II.5.5 Isolation et étanchéité des toits terrasses :

En copropriété, les travaux liés à la toiture-terrasse de l'immeuble ne présentent pas les mêmes défis que les travaux liés à une toiture inclinée. En effet, la toiture-terrasse a des fonctions supplémentaires car les résidents peuvent l'utiliser. Les éléments clés à surveiller sont l'isolation thermique et l'étanchéité.

Bien que les travaux d'isolation et d'étanchéité de la toiture-terrasse en copropriété soient coûteux, ils offrent des avantages financiers, tels que des aides et des subventions, dans le cadre de la transition énergétique.

Les professionnels disposent de différentes techniques pour isoler une toiture terrasse de copropriété :

- l'isolation la plus courante est appelée isolation toiture chaude.
- l'isolation inversée.
- l'isolation végétale.(en utilisant des matériaux d'une source végétale)

¹⁴ (Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef)

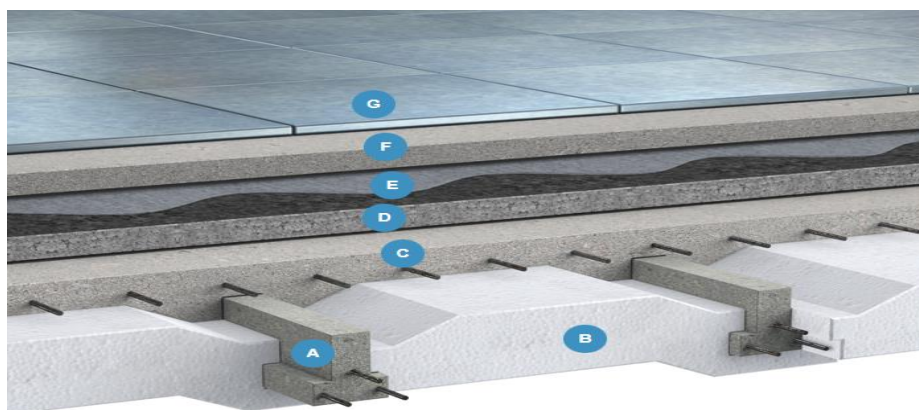


Figure II.11 : Schéma d'isolation d'un plancher ¹⁵

- [A] Poutrelles béton
- [B] Hourdi PSE Th (PSE : Polystyrène expansé)
- [C] Dalle de compression
- [D] Panneaux PSE Th.
- [E] Film Polyane
- [F] Chape flottante
- [G] Revêtement de sol

II.6 Classification des matériaux isolants:

Les isolants thermiques sont regroupés dans quatre grandes catégories selon leur origine. Les quatre types d'isolants sont : isolants naturels, isolants minéraux, isolants synthétiques et isolants nouvelle génération. Chaque famille d'isolants a des propriétés particulières en fonction de leur utilisation pour l'isolation d'un bâtiment. [20]

II.6.1 Les isolants synthétiques (Le Polystyrène expansé) :

Les isolants synthétiques sont ceux qui font preuve de la meilleure efficacité en termes d'isolation thermique. Cependant, l'aspect écologique n'est pas aussi glorieux (Mousse de polyuréthane, polystyrène expansé ou encore polystyrène extrudé).

¹⁵ (Association Française de l'Isolation en Polystyrène Expansé dans le Bâtiment : <https://www.fipeb.org/solution/planchers-pse-duo/>)

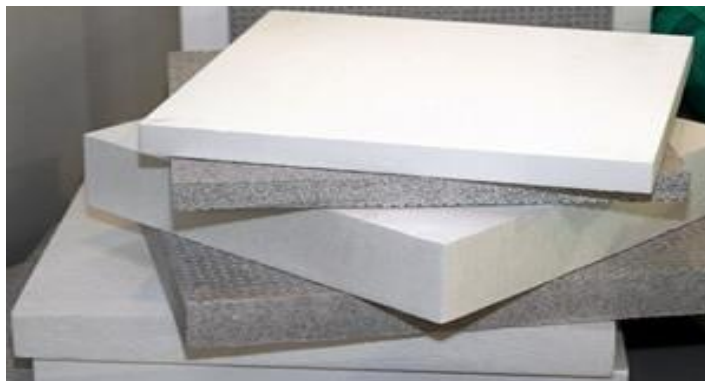


Figure II.12 : Le Polystyrène expansé ¹⁶

II.6.2 Les isolants minéraux :

Les isolants minéraux sont fabriqués à partir de matières naturelles telles que les roches volcaniques, le sable ou le verre recyclé, disponibles en abondance en France et en Europe. Ils sont souvent composés de matériaux recyclés et peuvent être entièrement recyclés en fin de vie. Malgré leur grande résistance au feu et leur longue durée de vie, leur fabrication reste très énergivore (Laine de verre, laine de roche ou encore perlite).

II.6.3 Les isolants naturels :

Les isolants naturels sont fabriqués à partir de matières bio-renouvelables d'origine animale ou végétale, avec des procédés de fabrication peu énergivores

(Chanvre, laine de mouton, paille, plumes de canard, laine de coton, liège ou encore laine de bois).

II.6.4 Les isolantes nouvelles générations :

Les isolants de nouvelle génération, bien que peu utilisés actuellement, ont des performances variables, allant des isolants minces pour les combles aux matériaux plus imposants comme le béton cellulaire qui sert de mur portant et d'isolant (brique ou encore béton cellulaire).

¹⁶ (www.prodestravaux.com – Tous droits réservés(2023))

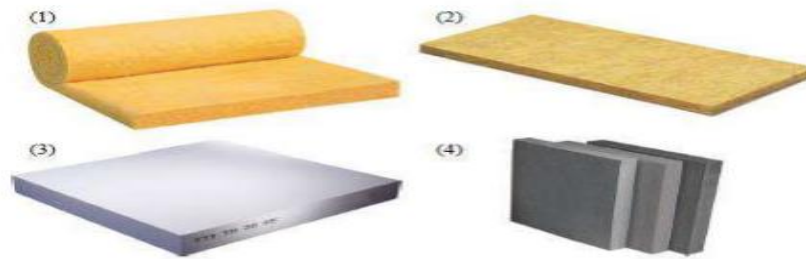


Figure II.13 : e différents isolants : (1) Laine de verre, (2) Laine de roche, (3) Polystyrène, (4) Polyuréthane. [21]

II.7 Caractéristique thermiques de l'isolant :

Contrairement aux métaux, les isolants thermiques ne conduisent pas la chaleur mais lui opposent une résistance. Et par conséquent, plus la résistance exercée par l'isolant est importante, alors plus l'isolation thermique est efficace [22]

La performance thermique d'un isolant est liée à la conductivité thermique λ du matériau et la résistance thermique R qui lui est associée.

II.7.1 Résistance thermique :

La résistance thermique (R) s'exprime en m^2K/W . Elle correspond au rapport de l'épaisseur (en mètre) sur la conductivité thermique (W/mK) du matériau considéré.

Se définit comme la résistance aux flux de chaleur d'un matériau avec une épaisseur associée, c'est pourquoi elle est nécessaire pour définir la performance énergétique.

Ainsi, plus la résistance thermique est forte, alors plus le matériau considéré est isolant et donc performant. Un matériau est considéré comme isolant lorsque la résistance thermique est supérieure à $0,5 m^2K/W$.¹⁷

II.7.2 Conductivité thermique (λ) :

S'exprime en W/Mk , Elle correspond à la capacité d'un isolant thermique à ne pas laisser passer la chaleur, en d'autres termes, à la quantité de chaleur pouvant être transférée par un

¹⁷ (Livre : Fundamentals of Heat and Mass Transfer" de Incropera et De Witt page : 198)

matériau. Ainsi, plus la conductivité thermique est faible, alors plus le matériau, à épaisseur égale, est isolant.

Un matériau est considéré comme isolant lorsque la conductivité thermique est inférieure à **0,06 W/mK**. [23]

| Matériaux | Mass volumique | Conductivité |
|-------------------------|----------------|--------------|
| Laine de verre minérale | 18 | 0.034-0.056 |
| Polystyrène expansé | 18 | 0.040-0.046 |
| Verre cellulaire | | 0.050 |
| Poluéthane | 35 | |
| Polystyrène extrudé | 35 | 0.031-0.034 |
| Laine de bois | 150 | 0.052-0.065 |
| Perlite expansé | 90 | 0.060 |

Tableau III.1 : Masse volumique et conductivité thermique de quelque isolant¹⁸

II.7.3 La capacité thermique :

La capacité thermique s'exprime en $Jkg^{-1}^{\circ}C^{-1}$, elle indique la tendance d'une substance à emmagasiner et restituer de la chaleur (en fonction de sa masse).

Plus précisément, c'est le nombre de calories qu'un gramme d'une substance doit absorber. Ou perdre sa température vers le haut ou vers le bas d'un degré Celsius. La capacité thermique spécifique est également appelée capacité thermique spécifique ou chaleur spécifique. [24]

II.7.4 L'inertie thermique :

L'inertie thermique des constructions contribue au confort thermique des occupants et à l'efficacité énergétique du bâtiment. Une étude comparative a été réalisée sur l'habitat contemporain. [25]

L'inertie thermique ne fonctionne pas s'il n'y a pas de changement de température. Par conséquent, une fois que la température de l'air ambiant est inférieure à la température de la surface du matériau, de la chaleur sera libérée.

¹⁸ (Par Sénova/ mai 2010)

A l'inverse, lorsque la température intérieure est supérieure à celle des murs et du toit, la fraîcheur se récupère naturellement. [26]

II.7.4.1 La diffusivité thermique (D_f , en m^2/h):

Elle caractérise la vitesse à laquelle la chaleur se propage, par conduction, dans un corps. Plus elle est faible, et plus le déphasage est important.

II.7.4.2 L'effusivité thermique (E_f , en $J/(K.m^2 .s^{1/2})$) :

Elle caractérise la capacité des matériaux à réagir plus ou moins rapidement à un apport de chaleur intérieur au logement (provenant d'une source interne ou du rayonnement solaire). Plus l'effusivité est grande, et plus vite la chaleur interne sera absorbée par le mur, plus l'élévation de la température sera limitée. Une grande effusivité implique une grande capacité thermique du mur, dont la température ne s'élève que lentement.¹⁹

II.8 Conclusion :

En conclusion de ce chapitre, les transferts de chaleur peuvent causer des pertes d'énergie importantes dans les bâtiments, notamment à travers les murs et les toitures. L'isolation thermique est donc essentielle pour réduire ces pertes et améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique souhaité dans l'habitat. Il existe aujourd'hui de nombreuses solutions d'isolation thermique efficaces et durables pour les différentes parties de l'habitation y compris les toitures, qui permettent de réaliser des constructions économes d'énergie significatives et contribuent à la transition énergétique.

¹⁹ (Veille documentaire - Fiches « Qualité Environnementale »)

Référence :

- [1]. GEORGE.2008. How the brain might work : A hierarchical and temporal model for learning and recognition. Stanford University.
- [2]. (DJERADI, K.2019) .Etude numérique de la conduction thermique bidimensionnelle en régime stationnaire dans une ailette (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
- [Campbell, A(2017)]. Battaglieri, M., Belloni, A., Chou, S.Campbell A., Cushman.p , Echenard, B., Essig, R., ... & McDonald, A. (2017). US cosmic visions: new ideas in dark matter 2017: community report. *arXiv preprint arXiv:1707.04591*.
- [3]. Cérézo, V. 2005. Propriétés mécaniques, thermiques et acoustiques d'un matériau à base de particules végétales: approche expérimentale et modélisation théorique. Institut National des Sciences Appliquées, Lyon.
- [Perkins, S. (2016)]. Hobday, A. J., Alexander, L. V., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C., ... & Wernberg, T. (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141, 227-238.
- [4]. CHABANE-SARI, A.Z. 2022. Vers la transition énergétique dans le secteur du bâtiment en Algérie: Analyse et recommandations (Doctoral dissertation, Directeur: Mr. BENNEKROUF Mohammed/Co-directeur: Mr. AMARA Sofiane).
- [5]. BEN KHRIDLA, H., & BENZID, M. C. Etude analytique de la convection naturelle thermosolutale dans un milieu Fluide (Doctoral dissertation).
- [6]. John Wiley & Sons, 2013. Townend, J. (2013). Practical statistics for environmental and biological scientists. John Wiley & Sons.
- [7]. Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2017). *Mécanique des fluides*. De Boeck supérieur.
- [8]. Hedreville, M., Connes, P., Romana, M., Magnaval, G., David, T., Hardy-Dessources, M. D., ... & Hue, O. (2009). Central retinal vein occlusion in a sickle cell trait carrier after a cycling race. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 14-8.
- [9]. Rivallain, M. (2013). Étude de l'aide à la décision par optimisation multicritère des programmes de réhabilitation énergétique séquentielle des bâtiments existants (Doctoral dissertation, Paris Est).

- [10]. Hamouda, C., & Malek, A. (2006). Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna. *Revue des énergies renouvelables*, 9(3), 211-228.
- [11]. Meukam, P. (2004). Valorisation des briques de terre stabilisées en vue de l'isolation thermique de bâtiments. Université de Yaoundé I, 5, 10-00]
- [12]. Philippe, E., Borne, E., Le Maire, B., Penicaud, M., Darmanin, G., Gourault, J., ... & Denormandie, J. (2019). Law nr 2019-1147 of the 8 November 2019 related to energy and climate.
- [13]. Sotehi, N., & Chaker, A. (2010). Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1)
- [14]. Sotehi, N., & Chaker, A. (2010). Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
- [15]. Chahrazad, B., Souhila, O., Smail, B., Meriem, B., Meriem, K., Lynda, K., ... & Wahiba, A. E. K. (2023). The Different Clinical Phenotypes of Huntington's Disease, About Ten Families. *Mathews Journal of Neurology*, 7(1), 1-4.
- [16]. (Hwaish, A. N. A. (2015). Impact of heat exchange on building envelope in the hot climates. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 5(2), 47-57.
- [17]. (Zhou, C. Q., Lu, C. H., Mai, L., Bao, L. J., Liu, L. Y., & Zeng, E. Y. (2021). Response of rice (*Oryza sativa* L.) roots to nanoplastic treatment at seedling stage. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123412.
- [18]. (Sayigh, Y. (2019). Owners of the republic: An anatomy of Egypt's military economy.
- [19]. IDDER, M., IDDA, O., & SEMCHA, A. 2019. Etude des revêtements d'étanchéité pour toitures et terrasses des constructions sahariennes (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).

- [20]. Hesses, R., & Hamdi, A. (2020). Etude expérimental d'un mur trombe avec intégration d'un matériau a changement de phase (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-ouzou).
- [21]. Kienzlen, V., Erhorn, H., Krapmeier, H., Lützkendorf, T., Werner, J., & Wagner, A. (2015). The significance of thermal insulation.
- [22]. Hesses, R., & Hamdi, A. (2020). Etude expérimental d'un mur trombe avec intégration d'un matériau a changement de phase (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-ouzou).
- [23]. Brans, M., & Aubin, D. (Eds.). (2017). Policy analysis in Belgium (Vol. 10). Policy Press.
- [24]. BENBADA, Y., & ELGUAIZI, B. Initiation à La Simulation de L'environnement Intérieur d'un Habitat à L'aide de L'outil EnergyPlus (Doctoral dissertation(2021)]
- [25]. Medjelakh, D., & Abdou, S. (2008). Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment. *Journal of Renewable Energies*, 11(3), 329-341.
- [26]. Martinelli, M. (2016). Stockage d'énergie thermique par changement de phase– Application aux réseaux de chaleur (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes).

Chapitre III :

Matériaux durable

III.1 Introduction :

L'Algérie, Le sud en particulier, est riche en matériaux naturels qui peuvent être directement utilisés dans le domaine de la construction. Une étude approfondie de leurs propriétés est nécessaire pour étendre leur utilisation. [1]

Parmi les matériaux exploitables que nous l'avons touchée, les fibres de palmier dattier. Actuellement, la technologie la plus utilisée pour améliorer certaines propriétés des matériaux de construction consiste à renforcer ces derniers avec des fibres végétales. Cette approche donne des résultats prometteurs et permet de développer l'utilisation d'éco-matériaux. Bien que l'Algérie dispose de sources illimitées de fibres végétales (palmier, alfa, abaca, chanvre, coton, etc.), et malheureusement leur utilisation dans le domaine de la construction est presque inexistante.

La technique de renforcement des bétons et du mortier à l'aide de fibres végétales est relativement récente par rapport à l'utilisation de fibres métalliques ou synthétiques. Toutefois, l'emploi de fibres dans le béton est devenu de plus en plus répandu.

Grâce aux résultats probants obtenus par l'expérience, de nombreuses applications ont été développées pour ces nouveaux composites, démontrant leur capacité à limiter et contrôler la fissuration causée par les contraintes mécaniques, ainsi qu'à améliorer la résistance à la flexion et aux chocs.²⁰

Pour améliorer les performances thermiques d'une habitation situé dans une zone saharienne chaude et aride nous présentons des matériaux locaux ce qui plus tard nous mettrons les caractéristiques thermique de chacun d'eux sous la simulation.

III.2 Matériaux durable :

Un concept générale de matériaux durables peut être défini par une lister des principales qualités concernant ces matériaux :

- faible empreinte écologique
- gestion saine et durable de la ressource

²⁰ (DISADVANTAGES OF GREEN CONCRETE., 2020)

- favoriser le développement local
- garantir un habitat sain pour les occupants
- produit naturel
- pas de rejet toxique durant leur cycle de vie
- recyclage en fin de vie

Au-delà de ces qualités "durables", ces matériaux possèdent certaines propriétés physiques remarquables et leurs techniques de mise en œuvre particulières peuvent se révéler très intéressantes : matériaux respirant, isolation intérieure, insufflation d'isolants naturels (cellulose, fibre de bois, ...), limitation du risque de surchauffe, ...²¹

III.2.1 Type des matériaux durable :

Il existe plusieurs matériaux durables recommandés pour la construction d'habitats. Ces matériaux sont choisis en raison de leur faible impact environnemental et de leurs propriétés durables. Voici quelques-uns de ces matériaux [2]:

Le bois : Le bois est un matériau renouvelable, léger et résistant, qui peut être utilisé dans la construction de structures, de charpentes et de revêtements extérieurs. Il est également un excellent isolant thermique et contribue à la réduction de l'empreinte carbone.

Les briques de terre compressée : Les briques de terre compressée sont fabriquées à partir de terre crue mélangée à un liant naturel, tel que la chaux. Elles offrent une excellente isolation thermique et régulent l'humidité. De plus, elles sont recyclables et ne nécessitent pas une grande consommation d'énergie pour leur fabrication.

Les matériaux recyclés : Utiliser des matériaux recyclés, tels que le béton recyclé, les briques recyclées ou les panneaux de particules recyclées, contribue à réduire la quantité de déchets et l'exploitation de nouvelles ressources. Ces matériaux peuvent être utilisés dans diverses applications de construction.

Les isolants naturels : Les isolants naturels, tels que la laine de mouton, la ouate de cellulose ou le chanvre, offrent d'excellentes propriétés d'isolation thermique tout en étant respectueux

²¹ (Bureau 2E SCS/bureaux étude & énergie (consulté en 2023) : <https://www.bureau2e.be/energie/energie-durables/materiaux-durables/>)

de l'environnement. Ils peuvent être utilisés dans les murs, les plafonds et les planchers pour réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et au refroidissement.

Les matériaux composites : Il existe également des matériaux composites, tels que les panneaux de fibres de bois de différentes ressources naturelles. Ces matériaux offrent à la fois résistance structurelle et durabilité environnementale.

III.3 Matériaux locaux :

Dans les habitats traditionnels les matériaux de construction ont joué un rôle principal dans le maintien du confort thermique des occupants.

En règle générale, ces matériaux sont disponibles localement et sont utilisés pour la construction des toitures et murs épais dotés d'une importante capacité thermique. [3]

Les matériaux locaux tels que la brique de boue, l'adobe, la pierre, la terre crue et cuite, ainsi que les palmiers, sont fréquemment utilisés dans la construction des murs extérieurs et des toits des maisons. Ces matériaux possèdent une forte capacité thermique, ce qui leur permet de ralentir le transfert de chaleur à travers l'enveloppe de la maison, réduisant ainsi les besoins en refroidissement. Plus particulièrement, les matériaux lourds comme l'adobe ont la capacité de retarder le transfert de chaleur à travers les murs pendant environ 8 heures. Cela signifie que la chaleur accumulée pendant la journée sera libérée à l'intérieur de la maison pendant la nuit grâce à l'effet de déphasage thermique. [4]



Figure III.(1,2): Matériaux locaux dans la région de Ghardaïa (l'utilisation de la pierre dans les murs des maisons traditionnel, mur en terre crue dans la palmeraie de Béni Isguen.²²

III.3.1 Matériaux composites à base des matériaux locaux :

Un composite est correspond à l'association de matériaux élémentaires ayant des caractéristiques complémentaires. L'objectif est de conférer à ce composite, à une échelle macroscopique et au moins dans certaines directions, un ensemble unique de propriétés qui ne peuvent pas être atteintes par les constituants individuels pris séparément. Dans cette association, l'un des constituants peut agir comme matrice, tandis que l'autre est incorporé dans la matrice pour jouer le rôle de renfort. [5]

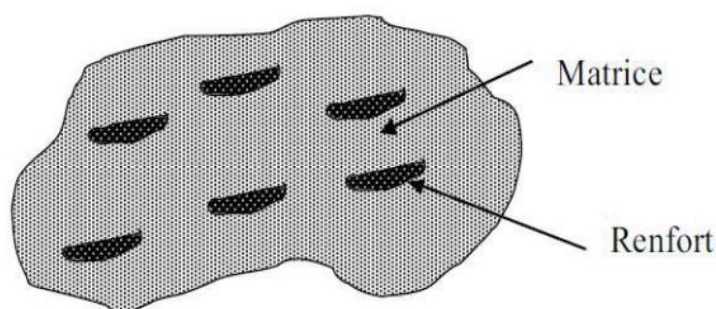


Figure III.3 : Schéma d'un matériau composite

Le domaine des composites est vaste, se divisant en trois types distincts. Voici une classification schématique des matériaux composites qui permet de les différencier en trois

²² (Source par auteur(2023)

catégories principales : les composites renforcés par des particules, les composites renforcés par des fibres et les composites structuraux.

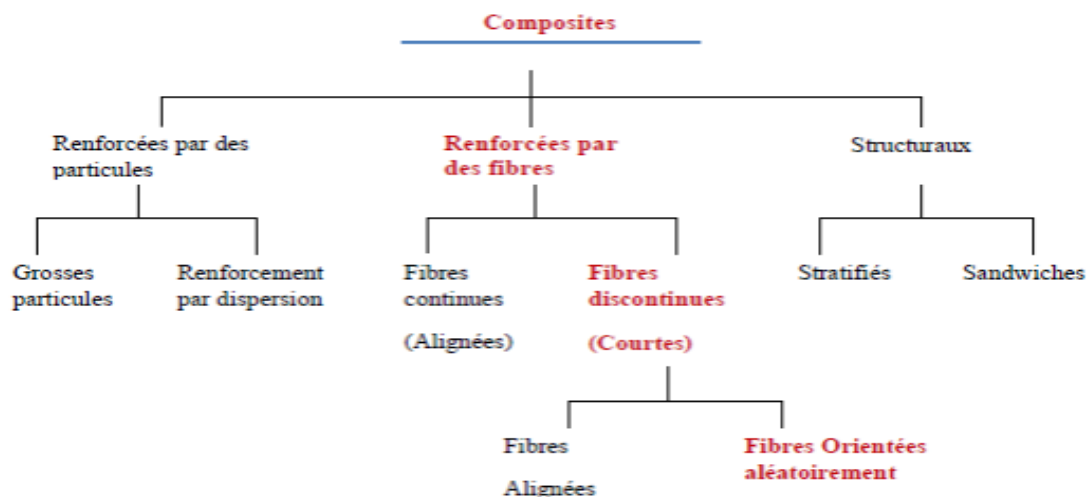


Figure III.4 : Schéma de classification des différents types de composites [6]

III.4 Fibres naturelles :

Le terme « fibres naturelles » regroupe divers types de fibres provenant de sources végétales (cellulosiques) et animales (protéiniques, qui ne seront pas abordées dans ce contexte).

Il existe également des fibres minérales, comme l'amiant (qui ne sera pas traitée ici).

Ces fibres peuvent être isolées ou regroupées avec d'autres pour former un faisceau. [7]

L'utilisation des fibres naturelles dans le secteur de la construction vise à remplacer les matériaux d'isolation traditionnels par des matériaux naturels.

Dans cette optique, ces fibres sont utilisées soit seules, soit en combinaison avec d'autres matériaux, afin de créer des matériaux de gros œuvre ou architecturale offrant une meilleure résistance thermique. [8]

Ainsi, l'utilisation de matériaux composites à base de fibres végétales tels que (chanvre, la paille, le lin, le bois, le palmier dattier, etc..) représente une solution pertinente pour préserver la santé humaine, répondre aux besoins de bien-être et de confort, ainsi que réduire les impacts environnementaux. [9]

III.4.1 Les fibres végétales :

Les matériaux à base de fibres végétales présentent les avantages suivants : [10]

- Ils proviennent de ressources abondantes, renouvelables, recyclables et durables. Les végétaux se régénèrent périodiquement, ce qui garantit une source abondante, tandis que d'autres ressources telles que le charbon, le pétrole et le gaz s'épuiseront dans quelques décennies.
- Ils contribuent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- Propriétés mécaniques et caractéristique thermo-physique importantes.

III.4.1.1 Utilisation des fibres végétales dans la construction :

Les fibres de toute nature sont très employées dans différents ouvrages dans le but d'améliorer leurs performances thermiques, mécaniques et physiques.

L'utilisation de fibres végétales pour renforcer les ciments est une pratique relativement récente. En effet, de nombreuses recherches sont actuellement menées pour remplacer les fibres d'amiante par des fibres végétales. Les fibres végétales sont de plus en plus utilisées dans la fabrication de dalles, de tuiles et de revêtements de sol pour les parkings, ainsi que dans le renforcement du plâtre.[11]

III.4.2 Fibre de palmier dattier :

Le palmier dattier est considéré comme l'une des sources les plus disponibles et peu coûteuses de fibres naturelles par rapport à d'autres sources.

De plus, ces fibres présentent des propriétés physiques, mécaniques et thermiques qui varient selon la partie du palmier d'où elles ont été obtenues. Les fibres du palmier dattier sont ligno-cellulosiques, comme la plupart des fibres végétales, et peuvent être obtenues à partir de quatre parties de la plante : le Fibrillum, le Régime de datte, le Rachis et les Folioles. [12]



Figure III.5 : Différentes parties d'un palmier dattier

Figure III.6: Fibre de palmier

Pour arriver à la détermination des valeurs de la conductivité thermique des matériaux composites à base de fibres naturels combiner avec d'autres matériaux (matrices), de nombreuses études bibliographiques était incarné, permettant de caractériser ses propriétés thermiques afin de les intégrer et les utiliser dans les applications de bâtiment.

A.KRIKER a fait une Etude expérimentale sur les caractéristiques du béton renforcé par fibre des palmiers dattier, âpre les observations microscopiques au MEB montrent que ces fibres possèdent plusieurs pores. Leur surface n'est pas lisse et possède plusieurs alvéoles qui permettent une bonne adhérence avec la matrice, Par ailleurs, l'analyse biologique montre que ces fibres contiennent un pourcentage en cellulose et hémicellulose relativement faibles par rapport à d'autre type de fibre Rappelons que la cellulose est l'élément responsable de la résistance. [13]

Une autre étude expérimentale a était fait en 2015 par A.Kriker pour l'objectif d'étudier les caractéristiques thermiques de la composite du brique renforcé par fibre des palmiers dattier à trouver que L'ajout de fibres de palmier-dattier dans les briques réduit la conductivité thermique et la chaleur spécifique et la densité, tout en augmentant la résistance thermique. [14]

Driss Taoukil et al. Ont examiné les potentiels d'isolation thermique de l'incorporation de la laine de bois dans un mortier de sable, afin de valoriser l'utilisation de ce type de matériaux allégés comme un béton léger isolant. Il a été montré d'après leur travail que l'incorporation de laine de bois dans le mortier diminue considérablement sa conductivité thermique et sa densité. D'autre part, ils ont remarqué que la conductivité thermique de mortier renforcée par la laine de bois a été fortement influencée par la teneur en eau du matériau. [15]

A .Djoudi et al ont étudié l'utilisation d'un nouveau matériau composite de construction de plâtre, sable, gravier concassé et les fibres de palmier dattier. Les auteurs ont prouvé également une diminution de la conductivité thermique en fonction des taux massiques des fibres végétales. [16]

III.5 Conclusion :

En conclusion, l'utilisation de matériaux durables dans la construction présente de nombreux avantages tant sur le plan environnemental que sur le plan économique.

Ces matériaux offrent des solutions alternatives qui réduisent l'impact négatif sur l'environnement, favorisent la conservation des ressources naturelles et améliorent l'efficacité énergétique des bâtiments.

Les matériaux locaux ont été touchés aussi par leur importance au confort thermique dans les habitats traditions de la région de Ghardaïa.

Ensuite on a arrivé à des recherche bibliographique sur la composition des matériaux référer aux fibres végétale, en mettant l'accent sur les fibres de palmier dattier et les dernière études expérimentale concerné a ce type de fibre.

Référence :

- [1]. Almi, K., Benchabane, A., Lakel, S., & Kriker, A. (2015). Potential utilization of date palm wood as composite reinforcement. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 34(15), 1231-1240.
- [2]. Marceau, S., Caré, S., & Lesage, P. (2016, May). Matériaux biosourcés et naturels pour une construction durable. In *Séminaire MABIONAT*.
- [3]. Mitchell, R. O., Rashid, H., Dawood, F., & AlKhalidi, A. (2013, January). Hajj crowd management and navigation system: People tracking and location based services via integrated mobile and RFID systems. In *2013 International conference on computer applications technology (ICCAT)* (pp. 1-7). IEEE.
- [4]. Keshtkaran, P. (2011). Harmonization between climate and architecture in vernacular heritage: A case study in Yazd, Iran. *Procedia Engineering*, 21, 428-438.
- [5]. Yahiaoui, L. (2018). Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss) (Doctoral dissertation).
- [6]. Po, L. M., & Ma, W. C. (1996). A novel four-step search algorithm for fast block motion estimation. *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, 6(3), 313-317.
- [7]. Mejdoubi, A. (2007). Étude par simulation numérique des propriétés diélectriques d'hétérostructures multiphasiques contenant des inclusions de forme arbitraire (Doctoral dissertation, Université de Bretagne occidentale-Brest).
- [8]. Lorrette, C. (2007). Outils de caractérisation thermophysique et modèles numériques pour les composites thermostructuraux à haute température (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).
- [9]. Rashmi, B. J., Prashantha, K., Lacrampe, M. F., & Krawczak, P. (2016, March). Toughening of poly (lactic acid) without sacrificing stiffness and strength by melt-blending with polyamide 11 and selective localization of halloysite nanotubes. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1713, No. 1, p. 060001). AIP Publishing LLC.

- [10]. Lecompte, T., Perrot, A., Picandet, V., Bellegou, H., & Amziane, S. (2012). Cement-based mixes: shearing properties and pore pressure. *Cement and Concrete Research*, 42(1), 139-147.
- [11]. Nabil, G. O. S. S. A. (2013). *Elaboration et caractérisation expérimentale du comportement mécanique du béton à base de fibres de palmier dattier (Doctoral dissertation)*.
- [12]. Elseify, L. A., Midani, M., Shihata, L. A., & El-Mously, H. (2019). Review on cellulosic fibers extracted from date palms (*Phoenix Dactylifera L.*) and their applications. *Cellulose*, 26, 2209-2232.
- [13]. KRIKER Abdelouahed : Thèse Doctorant «Caractérisation des Fibres de Palmier Dattier Et Propriétés des Bétons et Mortiers Renforcés par ces Fibres en Climat Chaud et Sec ».(2005)
- [14]. Hachem CH., A.Kriker,A.Mekhermeche.(2015)
- [15]. Driss Taoukil, Abdelmajid El bouardi, Friedrich Sick, Abdelaziz Mimet, Hassan Ezbakhe, Taib Ajzoul, “Moisture content influence on the thermal conductivity and diffusivity of wood–concrete composite”, *Construction and Building Materials*.(2013)
- [16]. A. Djoudi, M.M. Khenfer , A. Bali , E.H. Kadri and G. Debicki, “Performance of date palm fibers reinforced plaster concrete“, *International Journal of Physical Sciences*.(2012)

Parti Pratique

Chapitre IV :

Cas d'étude et Simulation

IV.1 Introduction :

Dans les villes des régions à climat chaud et aride, selon des études locales les toitures constituent les surfaces les plus exposées aux rayons solaires intenses. [1]

En outre, en raison des températures extrêmement élevées, la consommation énergétique dans ces régions est plus élevée. Par conséquent, il y a une demande croissante pour l'adoption de solutions passives afin de réduire la consommation d'énergie.

Le travail présenté dans ce chapitre correspond à l'optimisation de la performance thermique de la toiture d'une habitation située à Bouhrawa dans la commune de Ghardaïa par le biais d'une simulation afin de sélectionner les matériaux adéquats pour un meilleur comportement thermique.

IV.2 Présentation de la ville :

La ville de Ghardaïa se distingue par son caractère architectural et technique unique qui diffère du reste des villes en Algérie.

La région de Ghardaïa se caractérise par un climat saharien, qui se distingue par une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit, d'été et d'hiver. Il se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers froids.



Figure IV.1: Vue du ciel de la ville de Ghardaïa

IV.3 Situation Climatique de la ville de Ghardaia :

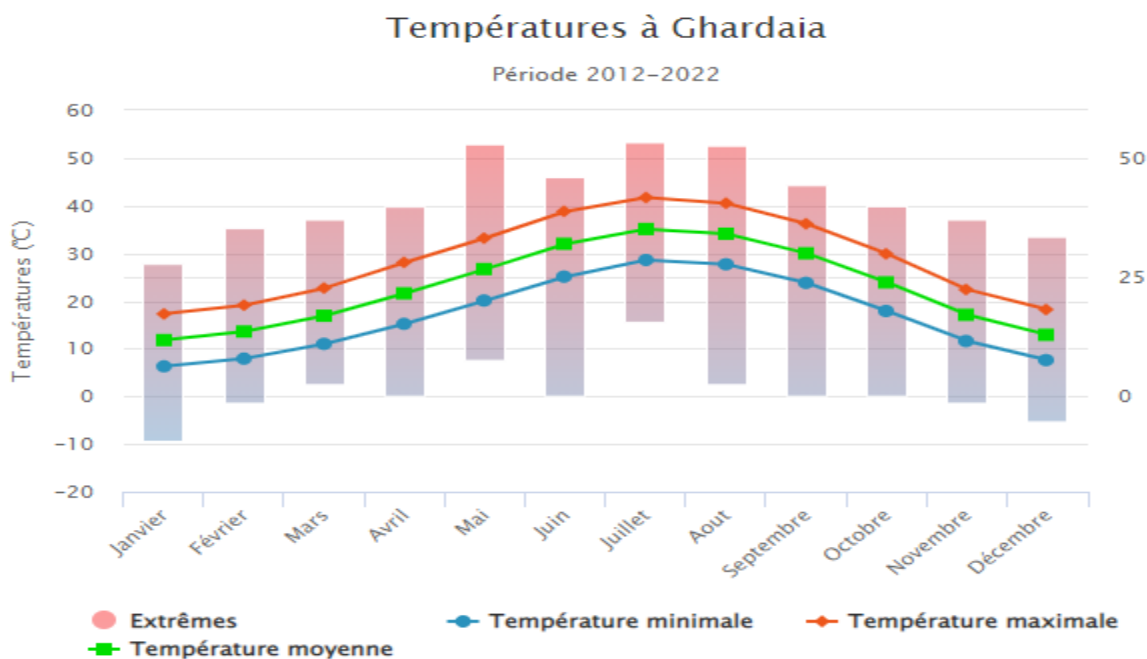
IV.3.1 Le climat :

Le climat de la wilaya est de type désertique saharien (ARIDE), il se caractérise par des étés très chauds et des hivers doux et une grande différence entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver.

IV.3.2 La température :

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, D'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre.

L'analyse d'une série rétrospective d'observations statistiques enregistrée au niveau de la wilaya de Ghardaïa, sur une période d'observations de l'année(2022), a fait ressortir que La température moyenne enregistrée a été de 23.34 °C.



Graphe IV.5 : Moyenne des températures (°C.) mensuelles de la région de Ghardaïa pour l'année (2022) Source: ²³

²³ (infoclima.fr/consulté le26/05/2023)

T min : moyennes de températures minimales mensuelles exprimées en (°C).

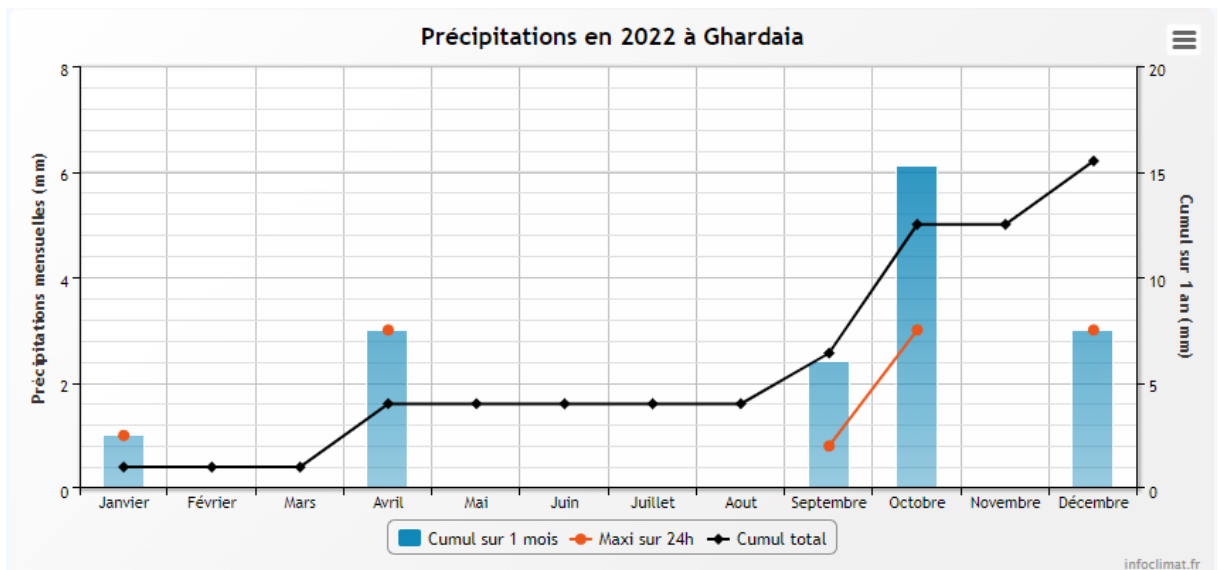
T max : moyennes de températures maximales mensuelles exprimées en (°C)

T moy : est la moyenne des températures mensuelles exprimées en (°C)

T : Température annuel exprimées en (°C)

IV.3.3 : Pluviométrie :

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Généralement, elles sont torrentielles et durent peu de temps, sauf cas exceptionnel. La hauteur annuelle des précipitations est de 25.9 mm avec un maximum 15.2 mm au mois d'octobre et minimum de aux mois de juin et juillet avec 1 et 1.9 mm Graphe VI.6, La pluviométrie de la Wilaya est très faible. Selon les données statistiques, sur une période d'observation de la dernière année, on constate que la pluviométrie est très faible. La moyenne annuelle est de 80.83 mm.

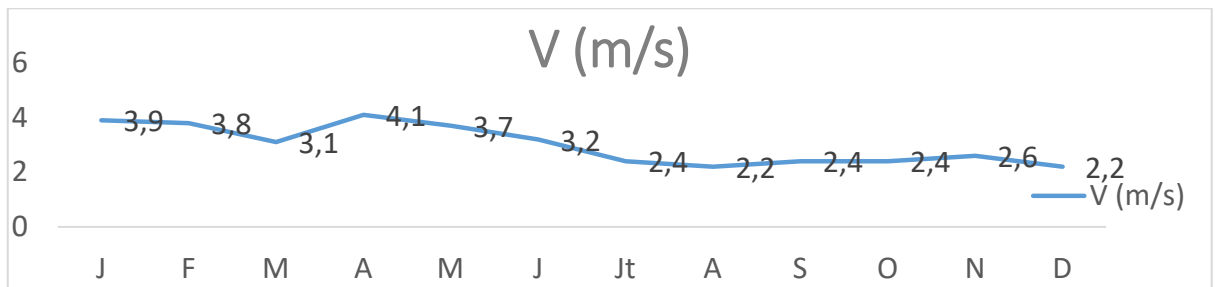


Graphe IV.7 : Précipitation mensuelles de la région de Ghardaïa pour la dernière année (2022) Source : ²⁴

²⁴ (infoclima.fr/consulté le26/05/2023)

IV.3.4 : Les vents :

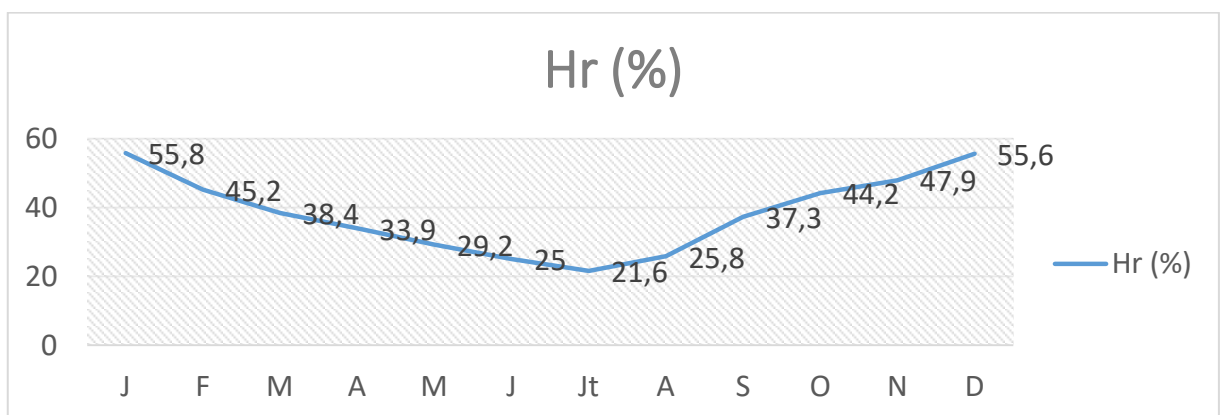
Les vents est un phénomène continuels au désert ou ils jouent un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuse qu'il transporte. Les valeurs du vent enregistrées dans la région de Ghardaïa de l'année 2022 sont mentionnées dans le (Graphe IV.8).



Graphe IV.9 : Moyenne mensuelles des vitesses de vent de la région de Ghardaïa pour l'année (2022)

IV.3.5 :L'humidité relative de l'air :

Pendant l'été, elle chute jusqu'à 21,6% au mois de juillet, alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 55,8% au mois de janvier.



Graphe IV.10 : Moyenne mensuelles l'humidité de l'air de la région de Ghardaïa pour l'année (2022) Source: ²⁵

²⁵ (infoclima.fr/consulté le26/05/2023)

IV.4 Matériaux proposé dans notre étude :

Plaque isolante en mortier de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier, ces plaques isolantes sont fabriquées localement en mélangeant les fibres de palmier dans une matrice cimentaire. L'étude de ce nouveau matériaux a été fait par [2].



FigureIV.2 : Type de Plaque de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier



FigureIV. 3:Le mélange de la matrice cimentaire renforcé par la fibre de palmier dattier

IV.4.1 Composition de ce matériau :

- Un mélange de fibres de palmier et du ciment dont la porosité globale $\varepsilon = 0.4$
- Le ciment possède une masse volumique $\rho_{s1} = 3030 \text{ Kg.m}^{-3}$, et une conductivité thermique $\lambda_{s1} = 1.4 \text{ W.m}^{-1} .\text{K}^{-1}$
- Le matériau à base des fibres de palmier a une masse volumique $\rho_{s2} = 200 \text{ Kg.m}^{-3}$, et une conductivité thermique $\lambda_{s2} = 0.04 \text{ W.m}^{-1} .\text{K}^{-1}$.
- A 30% de rapport massique selon l'étude de [3] la conductivité thermique du plaque isolante ciment en fibre de palmier dattier est 0.046 W.m^{-1}

La mesure de conductivité thermique est réalisée par la méthode des boites des plaques isolantes de dimension $(27*27*2) \text{ cm}^3$ à des taux massiques variant de 5% à 60%. [4]

IV.4.2 Pour quoi la fibre de palmier :

Selon [5] qui ont étudié la fibre de palmier et leur ajout à la matrice cimentaire On peut constater que ce dernier est un bon candidat pour la réalisation de nouveaux matériaux isolants car il présente une conductivité thermique et une masse volumique faible, Par apport à la laine de chanvre qui possède une conductivité thermique variant entre 0,039 et 0,045 $\text{W.m}^{-1} .\text{K}^{-1}$

IV.5 Outils de simulation : (EnergyPlus)

EnergyPlus est l'un des outils de simulation d'énergie les plus connus. Son développement a commencé en 1996, parrainé par le Département de l'énergie (DOE) des États-Unis [6]

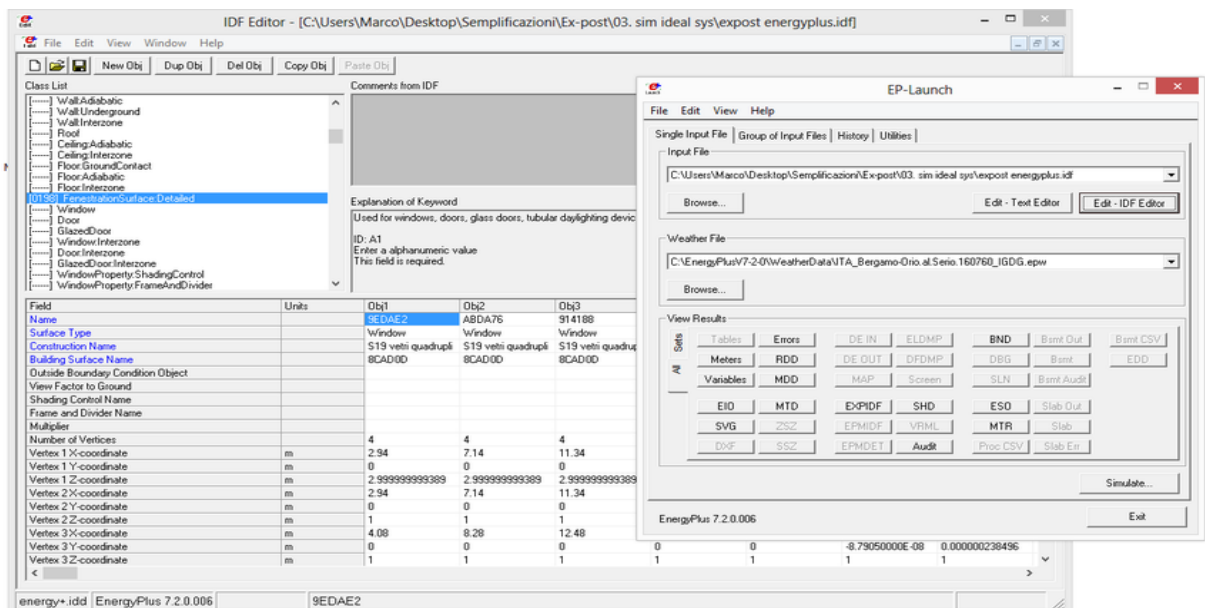


Figure IV.4 : Interface graphique d'EnergyPlus

EnergyPlus est un logiciel qui permet de calculer les besoins en chauffage et climatisation pour des paramètres de contrôle thermique spécifiques, de dimensionner les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC), ainsi que d'autres détails importants. Pour effectuer une simulation précise, des données sont requises afin de garantir que le modèle fonctionne de manière similaire à un bâtiment réel. Ces données comprennent une description détaillée de la structure physique du bâtiment et des mécanismes associés. [7]

IV.5.1 Étapes des simulations :

Les étapes que nous avons suivies pendant les simulations se résumaient comme suit :

- Création de la géométrie de la cellule, c'est-à-dire création du modèle 3D avec l'application Sketchup Plug-in d'OpenStudio.
- Création du modèle OpenStudio à partir du modèle 3D c'est-à-dire création de la zone thermique, insertion du fichier météo et des matériaux de construction de la cellule avec leurs propriétés thermiques physiques correspondantes.
- Enregistrement du fichier OSM du modèle OpenStudio sous un fichier IDF d'EnergyPlus.

- Création du fichier météo en format CSV d'Excel à partir des données météorologiques obtenues pendant l'expérimentation.
- Conversion du format CSV en format EPW, - Insertion du fichier météo au format EPW correspondant au site dans le fichier IDF d'EnergyPlus.
- Création du programme en EnergyPlus (charge, Infiltration, activité, horaire, ...)
- Lancement des simulations en EnergyPlus.



FigureIV.5 : Schéma récapitulatif des étapes de simulation

IV.6 Cas d'étude :

La réduction de la consommation énergétique dont une grande partie d'elle est due à la climatisation pendant la période estivale dans les zones sahariennes. le principale objectif de cette étude est l'amélioration de comportement thermique de la toiture dans un habitat.

L'efficacité thermique de l'enveloppe de la maison située à Bouhrawa commune de Ghardaïa a été étudiée par logiciel EnergyPlus, pour faire une étude comparative entre deux cas d'isolation thermique, puis proposer des recommandations pratiques et optimales qui devront par la suite diminuer au maximum la consommation énergétique avec le meilleur effet d'isolation. Les résultats pratiques proposés pour l'amélioration de l'isolation thermique du toit de la maison peuvent être généralisés et appliqués pour toutes structures situées dans la même région et ayant le même degré d'orientation.

IV.6.1 Présentation du cas d'étude:

L'habitation fait partie de logement promotionnel aidé en Algérie (LPA). La maison est d'une surface de (72.05m²) sur un terrain de (168.00m²), elle se compose de trois chambres une cuisine, hall de dégagement, salle de bain et WC. (Voir FigVI.1)

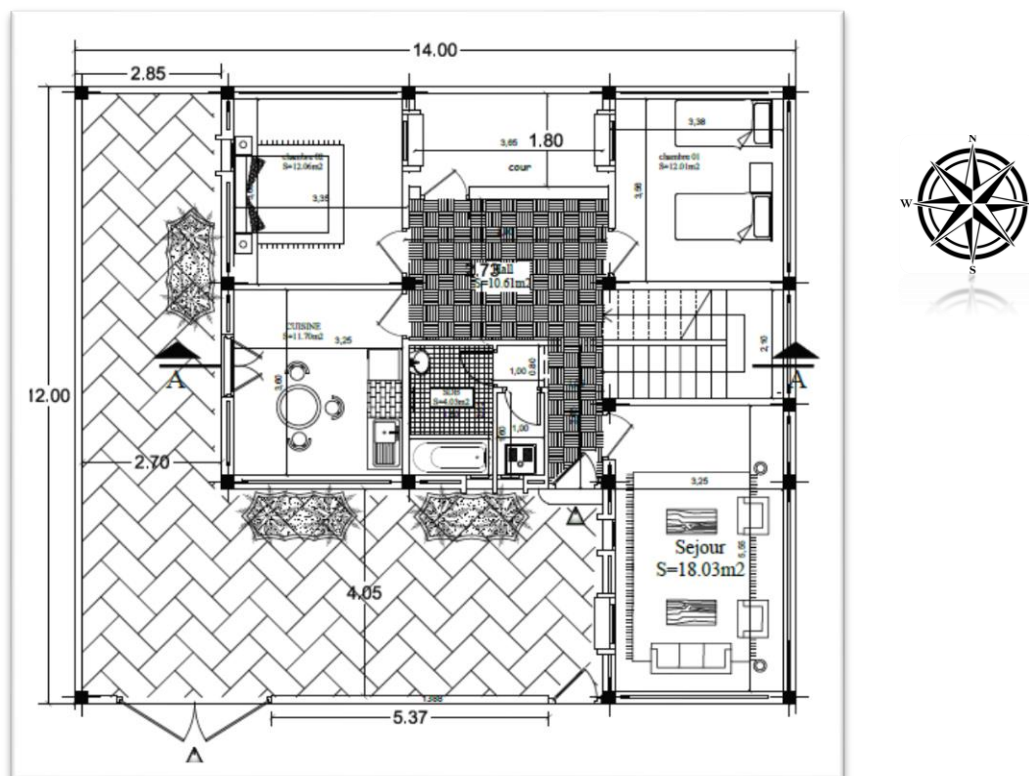


Figure IV.6 : Plan de la maison



Figure IV.7 : Rentré principale de la maison

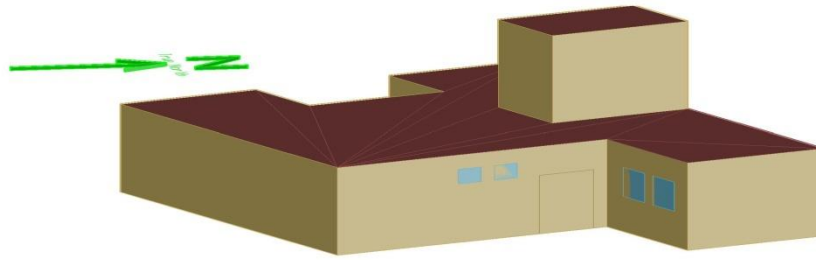


Figure IV.8: Le plan 3D de l'habitat

IV.6.2 Hypothèses et données :

Les principales hypothèses portent notamment sur l'enveloppe du bâtiment et sont introduites dans le modèle numérique pour plus de précision. Notre étude étant simple, basée uniquement sur le gain d'énergie solaire, les données supplémentaires liées à toute forme de gain interne (présence de personnes, équipements électriques, etc.) ont été omises. Il est nécessaire de préconfigurer toutes les données requises pour la simulation dans l'éditeur de fichier *.Idf d'EP-Launch. La première étape consiste à fournir les détails des matériaux de construction de notre maison, y compris leurs propriétés thermo-physiques et leur épaisseur. Ensuite, il est important de déterminer les types de constructions, tels que les différentes couches de murs et de plancher, ainsi que les types de vitrages et de couches isolantes.

La ventilation est négligable.

IV.6.3 Composition du plancher :

IV.6.3.1 L'étanchéité saharienne :

Selon le (DTR-E.4.1) Ces ouvrages d'étanchéité ont été spécialement conçus pour répondre aux exigences du climat saharien, caractérisé par une aridité et des précipitations peu fréquentes.

Cette Étanchéité de type saharienne exécuté suivant les plans vise par CTC composer de :

-une couche en mortier batard de 2cm grillagé.

-Mise en place d'un isolant par inertie thermique d'une épaisseur : 8cm à 10cm en sable forment une pente de 2%.

-Couche de gravier 8/15 épaisseur 2 cm pour la stabilisation du sable.

-Mise en place chape en mortier batard épaisseur 5cm sera exécuté en 02 couche grillagé autour l'acrotère.

-Badigeonnage en deux couches croisées par lait de chaux.

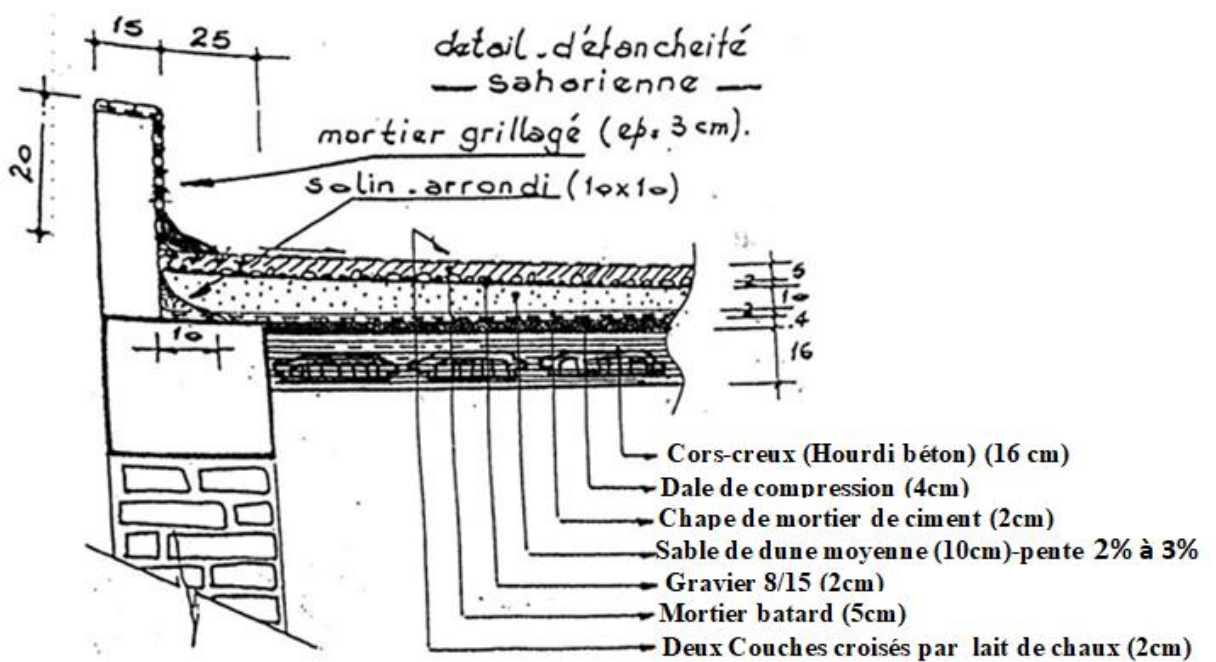


Figure IV.9 : Compositions de l'étanchéité saharienne Source ²⁶ :

²⁶ : (Document technique réglementaire D.T.R. E4 - 1 travaux étanchéité toitures terrasses et Inclinée)

Les caractéristiques thermo-physiques du plancher sont résumées dans le Tableau IV.1 :

| Matériaux | | Épaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Chaleur Spécifique C (J/kg.°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|-----------------------------|----------------|---------------|--|--------------------------------|---|
| Étanchéité saharienne | La chaux | / | 0.60 | 450 | 2.2 |
| | Mortier batard | 0.03 | 1.5 | 1600 | 1900 |
| | Gravier8/15 | 0.02 | 0.4 | 1400-1600 | 1700-1800 |
| | Sable | 0.10 | 0.35 | | 1420 |
| Chape mortier (ciment) | | 0.01 | 1,15 | 1080 | 1800 |
| Dalle de compression(Béton) | | 0.04 | 0.7 | 1080 | 1300 |
| Hourdi en (béton) | | 0.16 | 2.40 | 1000 | 1800 |

Tableau IV.1:Composition et caractéristiques thermo-physiques du plancher (Rédiger par l'auteur) Source : (DTR-E4.1Traveaux d'étanchéité)

IV.6.3.2 La composition des parois :

La composition et les caractéristiques thermo-physiques des murs constituant l'enveloppe de la maison sont montrées dans le tableau VI.2 :

| N | Désignation | Épaisseur | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Masse volumique ρ (kg/m ³) | Résistance thermique R |
|-------------|---------------|-----------|--|---|------------------------|
| | | m | W/mC° | Kg/m ³ | Kj /Kg |
| Intérieur 1 | Enduit ciment | 0.01 | 1.4 | 2200 | 1.08 |
| 2 | brique creuse | 0.1 | 0.48 | 900 | 0.936 |
| 3 | lame d'air | 0.05 | 0.27 | 1.2 | 0.27 |
| 4 | Brique creuse | 0.15 | 0.48 | 900 | 0.936 |
| Extérieur 5 | Enduit ciment | 0.01 | 1.4 | 2200 | 1.08 |

Tableau IV.2 : Composition et caractéristiques thermo-physique des murs

(Source : [M.KADJA, A.ZAATRI et Al.(2016)])

IV.6.4 Présentation des cas étudié :

Le 1^{er} cas : (initial)

Étanchéité saharienne avec dalle corê-creux en hourdi béton :

- Deux couches croisées par lait de chaux.(2cm)
- Mortier batard. (5cm)
- Couche de gravillon 8/15. (2cm)
- sable de dune en pente 2% à 3%.
- Chape mortier de ciment. (2cm)
- Dalle de compression. (4cm)
- Corê-creux hourdis béton. (16cm)

| Matériaux | | Epaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Chaleur Spécifique C (J/kg.°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|-----------------------------|----------------|---------------|--|--------------------------------|---|
| Étanchéité saharienne | Lait chaux | / | 0.60 | 450 | 2.21 |
| | Mortier batard | 0.03 | 0.76 | 1600 | 1900 |
| | Gravier8/15 | 0.02 | 0.4 | 1400-1600 | 1700-1800 |
| | Sable | 0.10 | 0.35 | 753 | 1420 |
| Chape mortier (ciment) | | 0.01 | 1,15 | 1080 | 1800 |
| Dalle de compression(Béton) | | 0.04 | 0.7 | 1080 | 1300 |
| Hourdie en (béton) | | 0.16 | 2.40 | 1000 | 1800 |

Tableaux IV.3 : Caractéristique thermo-physique du cas initial (Rédiger par autuer)

***Mortier batard :** (la chaux-ciment-sable-eau)

2eme cas :

Étanchéité de carrelage avec dalle corê-creux en hourdi béton :

-Revêtement en carreaux de carrelage poser sur mortier en ciment et jointé par le lait de ciment blanc d'une épaisseur de 2cm.

-Chape en Béton doser à 250 kg/m³ épaisseur de 5cm sera exécuté en 02 couches successives entre lesquelles est placé un très-souder T.S.

- Couche de gravillon 8/15 épaisseur de 2cm.
- épaisseur de 8 à 10 cm en sable de dune en pente 2% à 3%.
- Chape en mortier de pose ciment. (3cm)
- Dalle de compression. (4cm)
- Cours creux hourdi Béton. (16cm)

| Matériaux | | Epaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Chaleur Spécifique C (J/kg.°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|-----------------------------|----------------|---------------|--|--------------------------------|---|
| Revêtement En carrelage | Carrelage | 0.02 | 1.20 | 1000 | 2000 |
| | Mortier Ciment | 0.01 | 1,15 | 1080 | 1800 |
| | Gravier8/15 | 0.02 | 0.4 | 1400-1600 | 1700-1800 |
| | Sable | 0.10 | 0.35 | 753 | 1420 |
| Chape en Béton | | 0.05 | 1.75 | 1000 | 2400 |
| Dalle de compression(Béton) | | 0.04 | 0.7 | 1080 | 1300 |
| Hourdie en (Béton) | | 0.16 | 2.40 | 1000 | 1800 |

Tableaux IV.4 : Caractéristiques thermo-physique du 2eme cas en carrelage (Rédiger par auteur) Source: Tonepi.com –Tous droits réservés| MENTIONS LEGALES(2023)

3eme cas :

Étanchéité saharienne et les plaque de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier :

- Badigeonnage en deux couches croisées par lait de chaux
- Un isolant par inertie thermique d'une épaisseur : 8cm à 10cm en sable forment une pente de 2% à 3%.
- Couche de gravier 8/15 la stabilisation du sable. (2cm)
- Plaque isolante en mortier de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier. (2cm)
- Dalle de compression en béton. (4 cm)

-Cors creux hourdi Béton. (16 cm)

| Matériaux | | Epaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Chaleur Spécifique C (J/kg.°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|------------------------------|----------------|---------------|--|--------------------------------|---|
| Étanchéité saharienne | Lait chaux | / | 0.60 | 450 | 2.2 |
| | Mortier batard | 0.03 | 1.5 | 1600 | 1900 |
| | Gravier 8/15 | 0.02 | 0.4 | 1400-1600 | 1700-1800 |
| | Sable | 0.10 | 0.35 | 753 | 1420 |
| Plaque isolante (M.C FDP) | | 0.02 | 0.046 | 1080 | 1800 |
| Dalle de compression (Béton) | | 0.04 | 0.7 | 1080 | 1300 |
| Hourdie en Béton | | 0.16 | 2.40 | 1000 | 1800 |

Tableaux IV.5 : Caractéristiques thermo-physique du 3eme cas (Rédiger par auteur)

(SOURCE : [Ines AMARA et Al.(2016)],[Ines Boulaoued.(2014)],[Soudani Widad.(2015)]

M.C FDP: Mortier Ciment en Fibre de palmier dattier

4eme cas :

Étanchéité saharienne et les plaque de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier avec dalle corê-creux en hourdi Polystyrène :

-Badigeonnage en deux couches croisées par lait de chaux

-Un isolant par inertie thermique d'une épaisseur : 8cm à 10cm en sable forment une pente de 2% à 3%.

-Couche de gravier 8/15 la stabilisation du sable. (2cm)

- Plaque isolante en mortier de ciment renforcé par la fibre de palmier dattier. (2cm)

-Dalle de compression en béton. (4 cm)

-Dalle corê-creux en hourdis polystyrène

| Matériaux | | Epaisseur (m) | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Chaleur Spécifique C (J/kg.°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|------------------------------|----------------|---------------|--|--------------------------------|---|
| Etanchéité saharienne | Lait chaud | / | 0.60 | 450 | 2.2 |
| | Mortier batard | 0.03 | 1.5 | 1600 | 1900 |
| | Gravier 8/15 | 0.02 | 0.4 | 1400-1600 | 1700-1800 |
| | Sable | 0.10 | 0.35 | 753 | 1420 |
| Plaque isolante (M.C FPD) | | 0.02 | 0.046 | 1080 | 1800 |
| Dalle de compression (Béton) | | 0.04 | 0.7 | 1080 | 1300 |
| Hourdie en Béton | | 0.16 | 2.40 | 1000 | 1800 |

Tableaux IV.6 : Caractéristiques thermo-physique du 4eme cas (Rédiger par auteur)

IV.6.5 Résultats de simulation :

Nos simulations sont basées sur le renforcement de l'enveloppe de la bâtisse particulièrement le plancher terrasse par l'intégration d'un nouveau matériau (Plaque isolante en mortier ciment renforcé par la fibre de palmier dattier) dans le meilleur cas étudié entre l'étanchéité saharienne sur une dalle corê-creux en hourdi béton et l'étanchéité en carrelage au même dalle de compression. Notre choix s'est fixé sur différentes configurations de l'isolation, à partir desquels nous pouvons obtenir les aboutissements de chaque cas. Par la suite, une comparaison minutieuse des résultats sera effectuée pour repérer la configuration idéale de l'isolation dans notre cas d'étude.

Dans ce contexte, quatre cas des différents matériaux utilisés dans cette étude des planchers vont être vérifiés et comparés :

- 1er cas : l'étanchéité saharienne et leur effet sur la température interne de l'habitat.
- 2ème cas : l'étanchéité en carrelage comparé à l'étanchéité saharienne.
- 3ème cas : l'étanchéité saharienne soutenue par des plaques isolantes en ciment renforcé par la fibre de palmier dattier comparé au 1^{er} cas (l'étanchéité saharienne seulement).

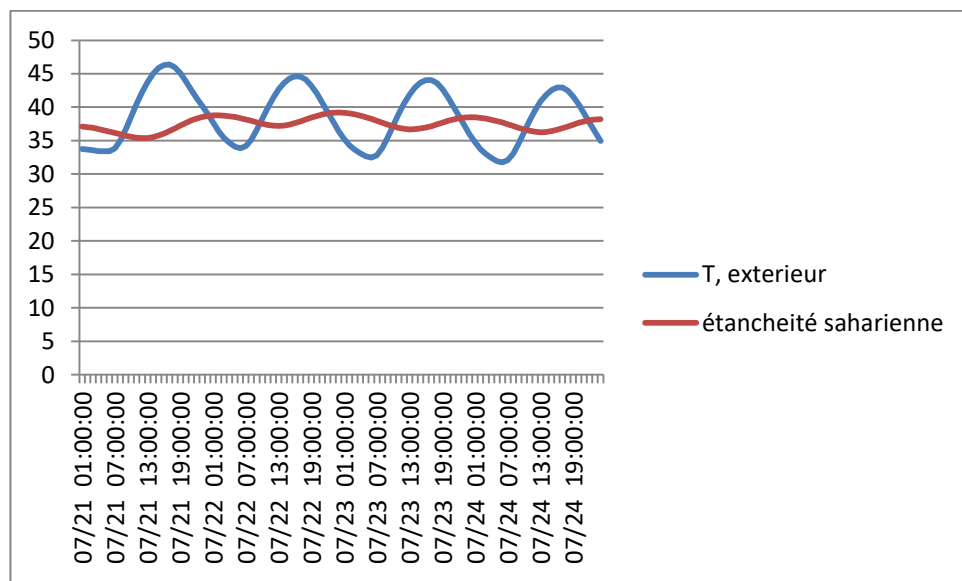
- 4ème cas : l'étanchéité saharienne soutenu par des plaques isolantes en ciment renforcé par la fibre de palmier dattier avec l'hourdis en Polystyrène comparé au 1^{er} cas.

Les figures dessinées ci-dessous représentent le tracé de la température interne de l'habitat.

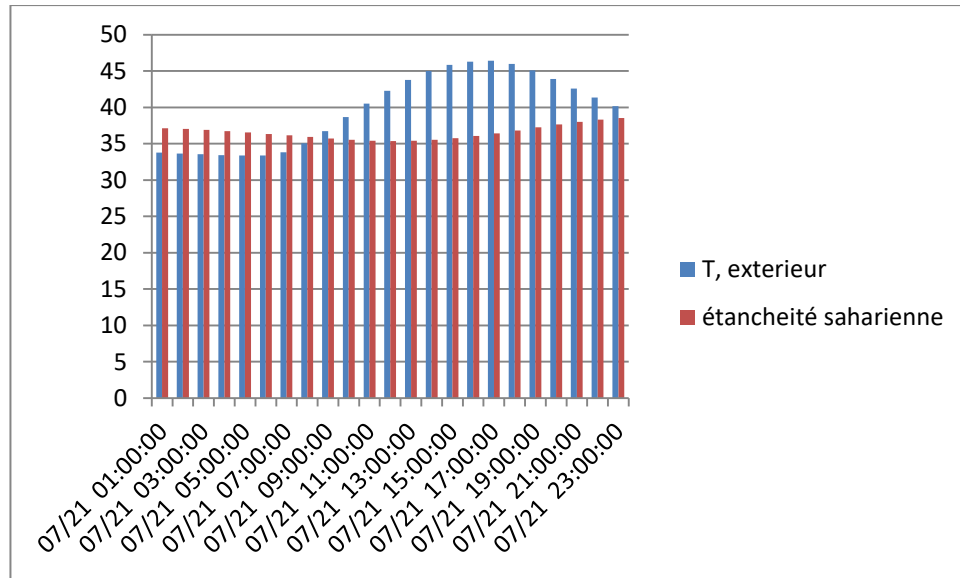
1^{er} cas :

Dans ce cas, le système constructif initial consiste une étanchéité saharienne comprenant un plancher en hourdis de béton (16 cm) avec un isolant en sable (2 cm) stabilisé par une couche de gravier 8/15 (2 cm). Les murs sont constitués de briques creuses (15 cm) avec une lame d'air de 5 cm, et des enduits de ciment de 1 cm sont présents à l'extérieur et à l'intérieur.

À partir de l'analyse de ces graphiques, on peut conclure que :



Graph IV.5 : Températures de l'air intérieur et extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet

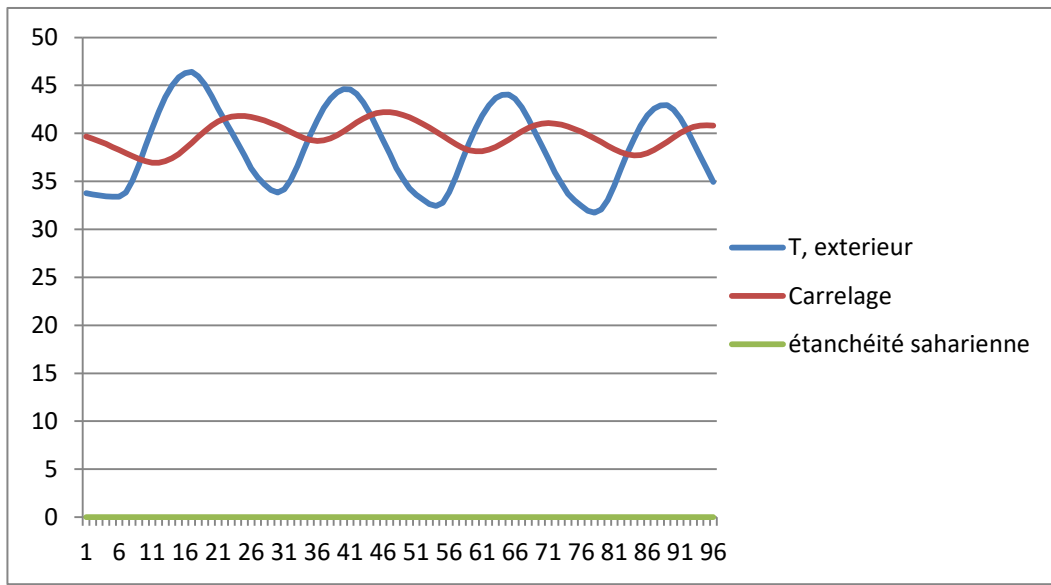


Graphes IV.6 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet)

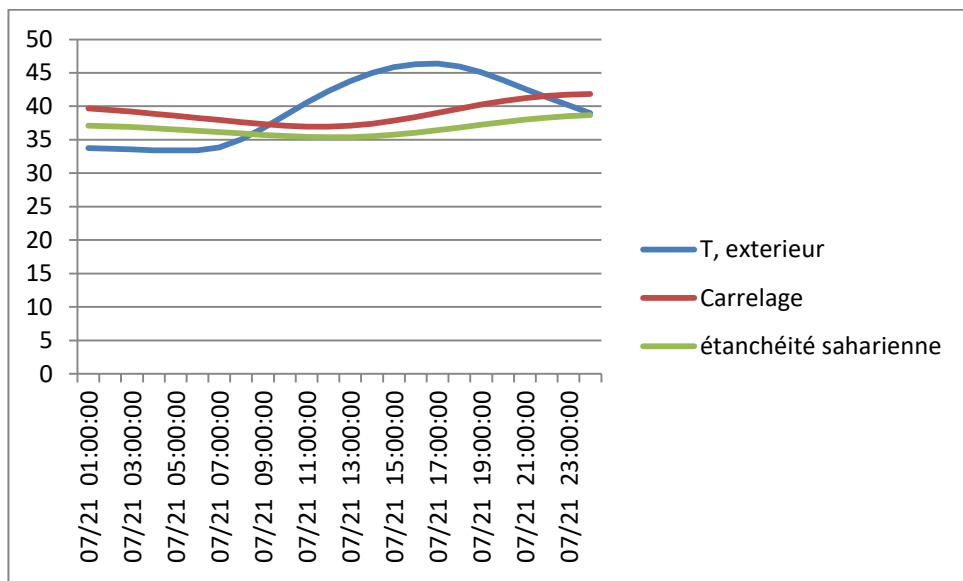
Commentaire : Les résultats obtenus pour le plancher avec l'étanchéité saharienne révèlent des variations de température remarquables à l'intérieur de l'habitat tout au long de la journée, de 08h00 à 21h00. Ces variations s'échelonnent entre 4 à 10 °C. De plus, nous observons une surchauffe pendant la nuit.

2eme cas :

Dans ce cas, nous avons étudié l'étanchéité en carrelage, qui est largement utilisée dans notre région pour les terrasses accessibles, et nous l'avons comparée à l'étanchéité saharienne. Les températures obtenues lors de l'utilisation de chaque type d'étanchéité sont illustrées ci-dessous :



Graphe IV.7 : Comparaison des températures intérieures simulées par apport a la Températures extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet



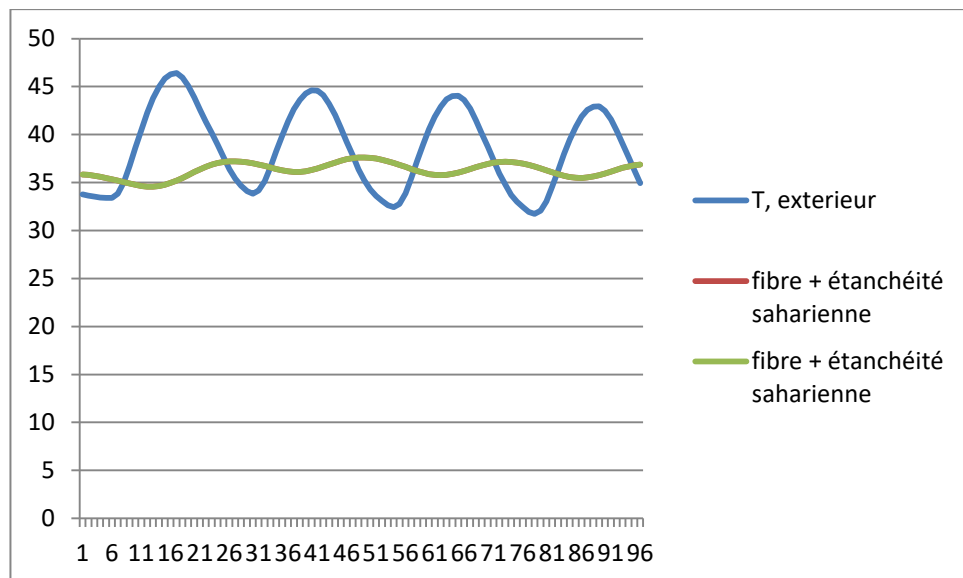
Graphe IV.8 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet)

Commentaire : À partir des résultats obtenus au (GrapheVI.8) pour plancher en étanchéité saharienne et l'étanchéité carrelage on remarque la différence de température entre les deux type d'étanchéité de l'intérieur et l'extérieur dans le jour entre (08:00 à 00:00) varier a une

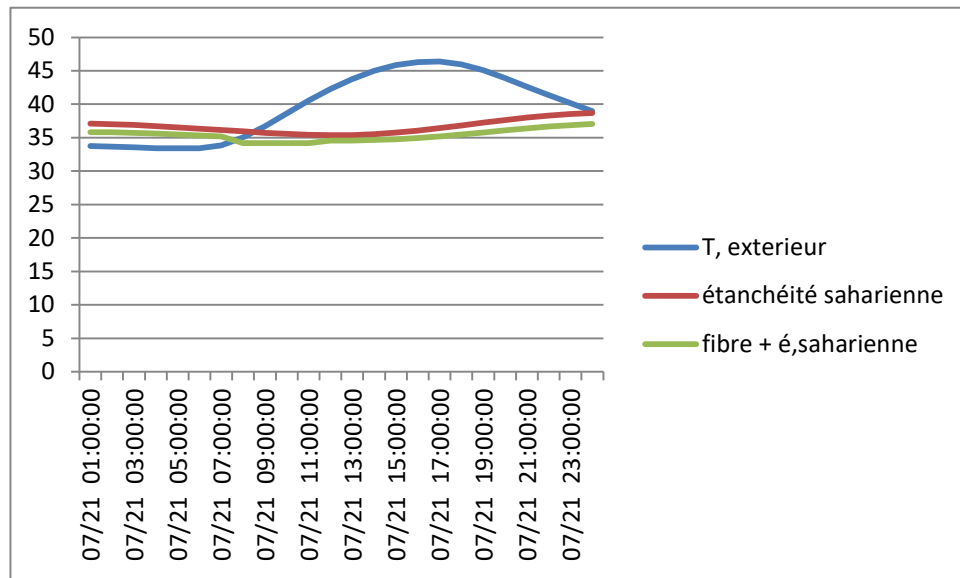
Différence de 3°c 4°c degré et on constate une surchauffe à la nuit plus élevé dans le type de Carrelage et pour résoudre ce problème on choisit la ventilation naturelle nocturne entre (21:00 à 06:00) et la différence par rapport le cas initial amélioré jusqu'à 4.69°c.

3eme cas :

Dans ce cas, nous avons étudié l'utilisation d'un nouveau matériau, les plaques de ciment en fibre de palmier dattier, dans le cadre de l'étanchéité saharienne. Comparés à l'étanchéité saharienne traditionnelle afin d'observer le comportement thermique de ce nouveau matériau pendant les journées d'été.



Graphe IV.9 : Comparaison des températures intérieures simulées par rapport a la Températures extérieur de l'habitat, du 21 au 24 juillet

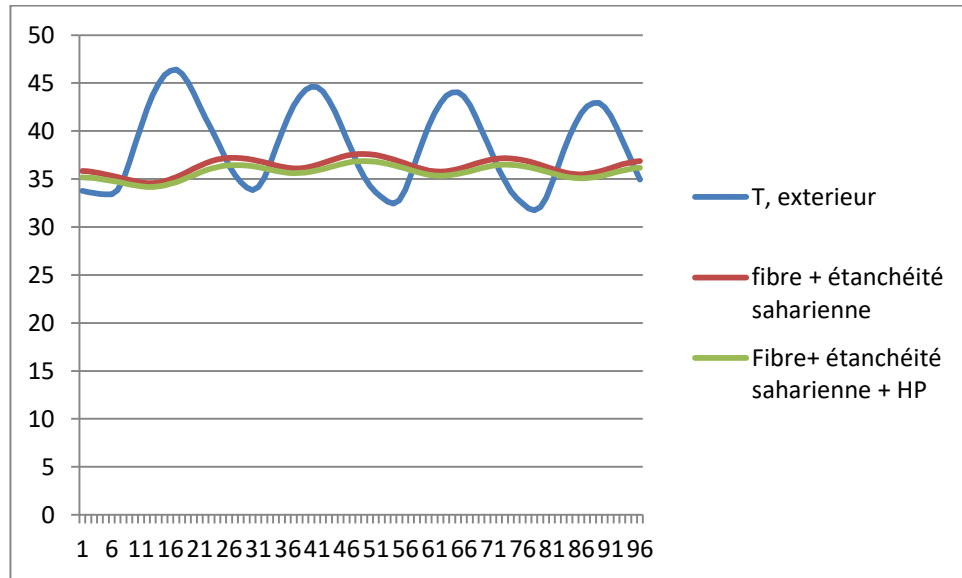


Graphe IV.10 : les valeurs des températures intérieur et extérieur pendant une journée d'été (21 juillet)

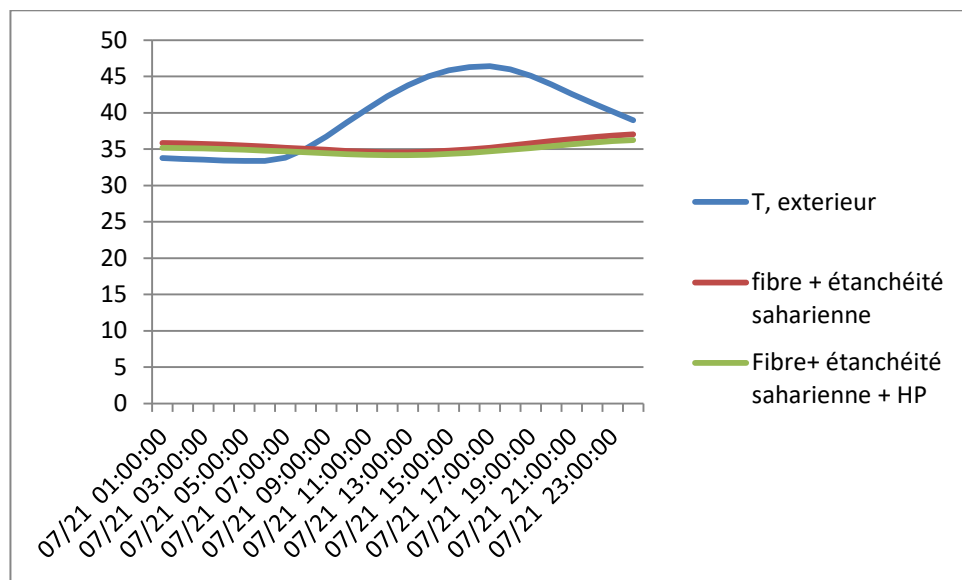
Commentaire : D'après les températures obtenues au (Graphe IV.10) on remarque que les plaques isolantes en ciment renforcé par la fibre de palmier dattier donnent une performance thermique meilleure légèrement par rapport à l'étanchéité saharienne par une différence de 1 à 2 degré.

4eme cas : Dans ce cas on a fait une étude comparative entre l'utilisation de l'hourdis en béton et l'hourdis en polystyrène sous l'étanchéité saharienne et les plaques isolantes.

Ces données sont illustrés dans les graphes au dessus :



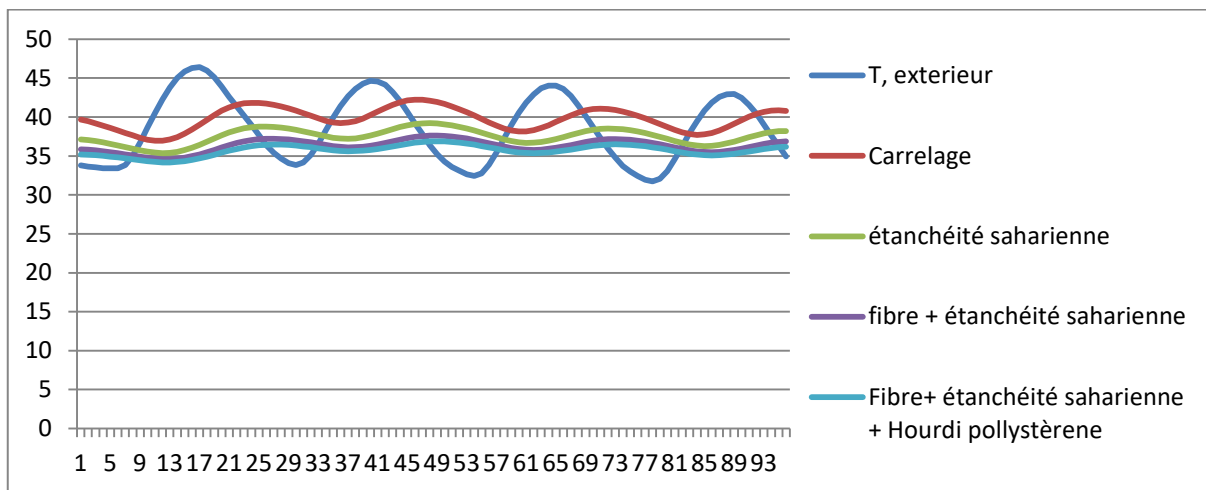
Graphe IV.11 : Comparaison des températures intérieures simulées par rapport à la Température extérieure de l'habitat, du 21 au 24 juillet



Graphe IV.12 : les valeurs des températures intérieures et extérieures pendant une journée d'été (21 juillet)

Commentaire : D'après les températures obtenues on remarque que même si on remplace l'hourdis béton par l'hourdis en polystyrène on obtient des températures convergentes.

À partir les résultats des quatres cas et la lecture de ces graphes, on déduit que:



Graph IV.13 : Comparaison des températures intérieures simulées au quatre cas par apport à la Températures extérieur de l’habitat, du 21 au 24 juillet

A travers la stratification graphique relative au quatre cas simulés on ne constate que l’intégration de la plaque isolante en ciment renforcé par FPD à donner des résultats motivants pour leur utilisation aux futures constructions, spécialement le succès économique comme alternative de construction commettant un matériau à la fois écologique et économique.

Le recours à la ventilation nocturne peut contribuer à résoudre le problème du réchauffement pendant la nuit abaisse la température jusqu'à 4 à 5 degrés.

FPD : Fibre palmier dattier

IV.7.Conclusion :

La simulation thermique réalisée sur un habitat dans une ville de région chaude et aride met en évidence l'importance de prendre des mesures efficaces pour atténuer les variations de température. L'utilisation généraliser d'étanchéité saharienne n'a pas cessé de poursuivre des recherches et études pour améliorer son efficacité contre le climat dur de région désertique.

Les résultats suggèrent l'utilisation de plaques isolantes en mortier ciment renforcé par la fibre de palmier dattier comme une solution prometteuse.

Ces plaques isolantes offrent plusieurs avantages dans ce contexte. Premièrement, elles possèdent d'excellentes propriétés d'isolation thermique, ce qui permet de réduire les transferts de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitat. Cela contribue à maintenir une

Température plus stable à l'intérieur, réduisant ainsi les écarts de température observés pendant la journée.

Deuxièmement, l'utilisation de fibres de palmier dattier renforce la résistance mécanique du mortier ciment, ce qui garantit une durabilité accrue des plaques isolantes. Cette résistance supplémentaire est particulièrement importante dans les environnements chauds et arides, où les matériaux peuvent être soumis à des contraintes thermiques et mécaniques élevées.

Troisièmement Le matériau ciment à base de fibre de palmier dattier est une valorisation écologique prometteuse. En utilisant les fibres issues de la plante du palmier dattier, un sous-produit de l'industrie alimentaire, on évite le gaspillage et on donne une nouvelle vie à ces ressources. Ce matériau présente de nombreux avantages environnementaux.

A noter que nos confrères ont touché l'année dernière à soumettre intégralement l'habitat à des méthodes d'isolation thermique des murs et toitures dans le cadre de la simulation, ce qui a permis de valoriser le comportement thermique intérieur plus précisément.

Dans notre étude, nous avons examiné l'effet de l'isolation thermique sur le toit sans apporter de modifications à la composition des murs. Cette approche nous a permis d'observer les variations de température intérieure lors des journées chaudes.

En conclusion, l'application de ce matériau offre une solution intéressante pour améliorer les performances thermiques des habitations dans les villes de régions chaudes et arides tel que la région de Ghardaïa, surtout du côté économique et sa composition des matériaux locaux largement disponible. Cette approche permet de réduire les écarts de la consommation énergétique et créer un environnement intérieur plus confortable.

Référence :

- [1]. Kadri, M. (2023). L'OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DES TOITURES DES HABITATIONS DANS LES ZONES À CLIMAT CHAUD ET ARIDE. Cas du Ksar de Béni Isguen (Doctoral dissertation).
- [2]. Ines AMARA, Ines BOULAOUED, Maryem BAHLOUL, Abdallah MHIMID. Détermination de la conductivité thermique d'une plaque isolante fabriquée par le ciment et les fibres de palmier : Modélisation et expérimentation. Université de Monastir (2016)
- [3]. Ines AMARA, Ines BOULAOUED, Maryem BAHLOUL, Abdallah MHIMID. Détermination de la conductivité thermique d'une plaque isolante fabriquée par le ciment et les fibres de palmier : Modélisation et expérimentation. Université de Monastir (2016)
- [4]. Ines AMARA, Ines BOULAOUED, Maryem BAHLOUL, Abdallah MHIMID. Détermination de la conductivité thermique d'une plaque isolante fabriquée par le ciment et les fibres de palmier : Modélisation et expérimentation. Université de Monastir (2016)
- [5]. Ines AMARA, Ines BOULAOUED, Maryem BAHLOUL, Abdallah MHIMID. Détermination de la conductivité thermique d'une plaque isolante fabriquée par le ciment et les fibres de palmier : Modélisation et expérimentation. Université de Monastir (2016)
- [6]. Nassima Sotehi, « Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation », Thèse de Doctorat, Université Mentouri - Constantine, 2010]
- [7]. Hamida Mohamed Lamine, Mémoire de Magister sur le thème « Effet de L'humidité sur les Caractéristiques Thermiques et Mécaniques des Matériaux Utilisés dans la Construction », Université Mentouri de Constantine, Année universitaire, 2010

Conclusion générale

Ce travail de mémoire a cherché à évaluer l'impact de plancher sur le confort thermique et respiratoire dans un habitat situé dans un climat chaud et aride. La recherche a été structurée en deux parties : une partie théorique basée sur une recherche bibliographique et une partie pratique comprenant l'analyse bioclimatique de la région d'étude et la présentation du cas étudié et la proposition de matériaux a utilisée en particulier l'intégration de plaques isolantes en mortier ciment pour le plancher de l'habitat.

L'étude théorique a permis de rassembler les connaissances existantes liées à la performance thermique ce qui offre une base solide pour la recherche. La partie pratique a mis en évidence l'importance de prendre en compte les caractéristiques bioclimatiques spécifiques de la région d'étude, notamment les variations de températures et l'humidité, dans la conception des habitats.

Les résultats de la simulation thermique ont montré que l'utilisation de plaques isolantes en mortier ciment renforcé par FPD dans le plancher de l'habitat peut contribuer de manière significative à améliorer le confort thermique en réduisant les variations de température à l'intérieur de l'espace habitable. De plus, ces plaques isolantes offrent une isolation thermique efficace, ce qui permet de réduire la dépendance à la climatisation et de réaliser des économies d'énergie.

Cette recherche met en évidence l'importance de prendre en compte les aspects bioclimatiques dans l'étude de simulation afin de garantir des meilleurs résultats peut être recommandé au future bâtis.

En conclusion l'utilisation de plaques isolantes en mortier ciment dans le plancher se présente comme une solution recommandée pour améliorer le confort thermique d'une habitation. Cependant, il est essentiel de poursuivre les recherches et les études afin de valider les résultats et d'explorer d'autres possibilités pour optimiser la performance thermique des habitations dans de telles conditions climatiques.

ANNEXE

ANNEXE-1-

COMMUNES D'ALGÉRIE CONCERNÉES PAR LES PRÉSENTES RECOMMANDATIONS

| WILAYAS | Communes |
|--------------------|--|
| Adrar | Akabli – Aougrou – Aoulef – Bouda – Bordj Badji Mokhtar – Charouine – Deldoul – Fenoughil – In Zghmir – Ksar kaddour – Metarfa – Ouled Ahmed timmi – Ouled Aissa – Ouled Said – Reggane – Sali – Sbaa – Talmine – Tamantit – Tamest – Timekten – Timiaouine – Timimoun – Timerkten – Tit – Tsabit – Zaouiet Kounta |
| Bechar | Abadla- Béni abbès –Béni Ikhlef – Béni ounif – Boukais – El ouata – Erg Ferradj – Iqli- Kenadsa – Kerzaz – Ksabi – Lahmar – Mechra Houari Boumedienne – Méridja- Mogheui – Ouled Khoudir – TabaldalaTamtert-Timoudi |
| Biskra | Ouled djellal – Sidi Khaled – Besbes (ex ouled Herket) – Ras El Miad (ex Ouled Sassi) – Doucen |
| Djelfa | Sed Rahal – Guettarra – Oum Laadham |
| El Oued | Bayadha- Beni ghecha – Debila – Djamaa – Douar El Ma – Hassi Khelifa – Kouinine – Magrane – Mih Ouansa – M'rara – Nakhla – Oued El Alenda – Oum Touyour – Ourmas – Reguiba – Robbah – Sidi amrane – Sidi Aoun – Sidi Khelil – Stili – Taghzout – Taleb Larbi – Tendla – Trifaoui |
| Ghardaia | Berriane – Bounoura – Dhayet Bendhahoua – El Atteuf – El Guerrara – Mansoura |
| Naama | / |
| Ilizi | / |
| El meniaa | Hassi Fehal – Hassi Gara |
| Tindouf | Oum El Assel |
| Laghouat | Bordj El Houasse – Bordj Omar Driss – Debdeb – Djanet – In Aménas |
| Tamanrasset | Abalessa – Foggaret Ezzaouia – Idlès – In Amgueul – In Ghar – In Guezzam – In Salah – Tazrouk – Tin Zaouatine |
| El bayadh | / |
| Ouargla | Ain Beida – Balidet Ameer – Benaceur – El Allia – El Borma – El Hadjira – Hassi Ben Abdellah – Hassi Messaoud – Megarine – M'naguer –Nezia – N'goussa – Rouissat – Sidi Khouiled – Sidi Slimane – Taibet – Tamacine – Tebesbest- Touggourt – Zaouia El Abidia |

Annexe -2-
CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES
DE QUELQUES MATÉRIAUX

| Matériaux | Conductivité thermique λ (W/m.K) | Masse Volumique (Kg /m ³) |
|-------------------------------------|---|--|
| -Enduit en mortier de ciment | 1.15 | 1800 |
| -Sable de dune | 0.35 | 1420 |
| -Gravier | 0.4 | 1600 |
| -Carrelage | 1.20 | 2000 |
| -Mortier Batard | 1.00 | 1900 |
| -Enduit Plâtre | 0.40 | 1000 |
| -Plastique | 0.20 | 1000 |
| -Pouzzolanes | 0.13 | 750 |
| -Enduit en mortier de chaux | 0.60 | 1600 |
| -Liège | 0.04 | 200 |
| -Coton | 0.039 | 60 |
| -Laine de mouton | 0.036 | 35 |
| -Fibre du palmier dattier | 0.046 | 200 |