

Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : Génie civil

Spécialité : *Structure*

Par : Tahar Mohammed Amine & Houtia khaled.

Thème

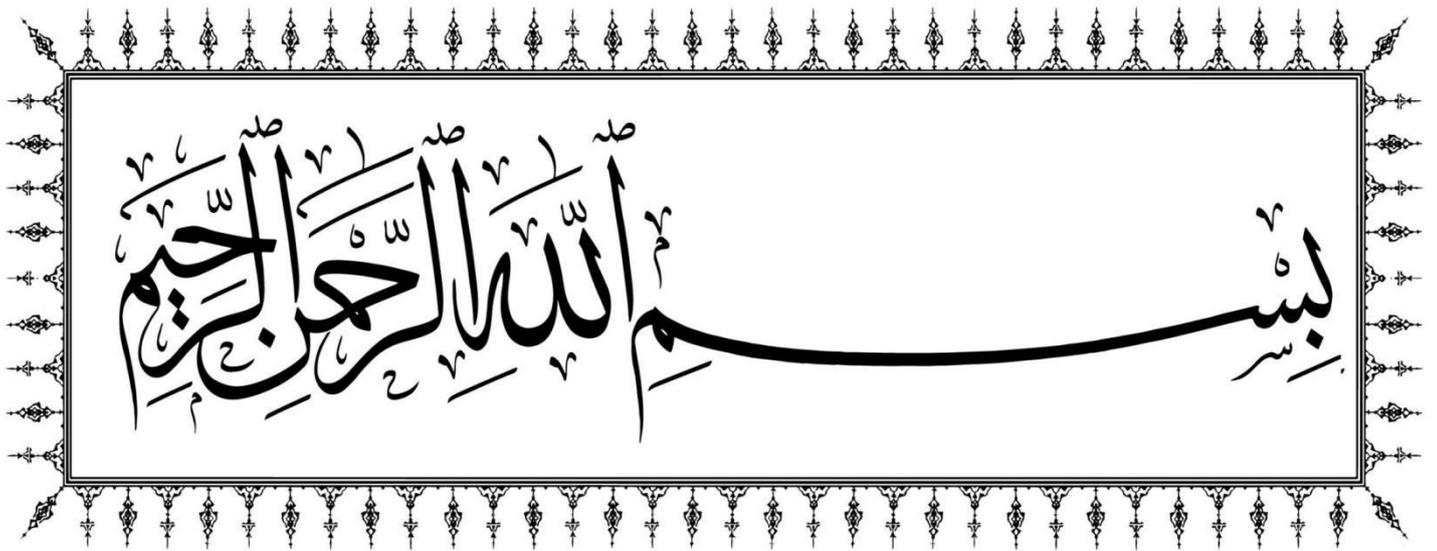
**Etude comparative de l'efficacité thermique des
matériaux de construction. Cas de l'extension
ELHADABA**

Soutenu publiquement le : 12/06/2025

Devant le jury :

Dr. Dehane Sara	M.C.B	Univ. Ghardaïa	Président
M. Laroui Abdelbasset	M.A.A	Univ. Ghardaïa	Examinateur
Mme. Matallah Zineb	M.A.A	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2024/2025



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à ceux qui occupent une place précieuse dans notre cœur et qui ont, chacun à sa manière, accompagné notre parcours personnel et intellectuel.

À nos **chers parents**, piliers de notre vie, pour leur amour inconditionnel, leurs encouragements constants et leurs prières sincères.

À nos **frères et sœurs**, compagnons de souvenirs, de joies et d'épreuves.

À nos **amis fidèles**, pour leur soutien, leur écoute et leurs mots réconfortants.

À nos **collègues**, pour les échanges enrichissants, le partage de savoir et l'esprit d'équipe.

Et tout particulièrement,

À notre **maître respecté**,

Nous exprimons notre profonde gratitude pour votre sagesse, votre patience et votre passion. Grâce à vos conseils et à votre bienveillance, vous avez su éveiller en nous le goût du savoir et l'exigence du travail bien fait.

Avec toute notre reconnaissance.

J.M. Amine



Dédicaces

À ceux qui ont été, après Dieu, les piliers de mon chemin vers le savoir...

À mon **cher père**, pour ses valeurs de rigueur et de persévérance qu'il m'a transmises,

À ma **douce mère**, dont l'amour, les prières et les encouragements m'ont accompagné
à chaque étape.

À Madame « **Zineb Maâtallah** », mon encadrante estimée, pour sa bienveillance, ses
conseils éclairés et sa précieuse disponibilité tout au long de ce travail. Recevez ici
l'expression de ma plus sincère reconnaissance.

À **mes enseignants** respectés, pour leur savoir et leur accompagnement académique,

À **mes frères**, sœurs et amis, qui ont partagé avec moi les épreuves et les réussites.

À toutes les personnes qui m'ont soutenu, encouragé ou simplement cru en moi,
Je dédie cette modeste recherche, fruit d'années de travail, de passion et d'endurance.

K. Houtia



Remerciements



Nous exprimons nos sincères remerciements à **notre encadrante « Dr. Matallah Zineb »**, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés et sa bienveillance tout au long de ce travail. Son soutien nous a permis d'avancer avec confiance et rigueur.



Nous remercions également **nos enseignants**, pour la richesse de leur enseignement, ainsi que **nos familles**, en particulier nos parents, pour leur amour, leur patience et leurs encouragements constants.

Un grand merci à **nos collègues et amis**, pour leur soutien moral, leurs échanges enrichissants et leur présence à chaque étape de cette aventure.

À toutes et à tous,
Merci de tout cœur.

Résumé:

Cette recherche évalue l'efficacité thermique de trois matériaux de construction : pierre, parpaing et brique dans le but d'identifier les matériaux les plus adaptés pour la construction en zone saharienne.

La simulation thermique par le logiciel EnergyPlus montrent que : Le parpaing, peu isolant, présente les plus fortes variations thermiques, ce qui le rend inadapté sans isolation supplémentaire.

La pierre de 50 cm assure une bonne inertie en hiver avec des températures modérées, en été elle maintient la graduation de la température lente à l'intérieure de la maison.

Un mur en brique de 30 cm d'épaisseur avec une lame d'air de 5 cm offre un bon équilibre thermique grâce à sa faible conductivité thermique, limitant efficacement les écarts de température en toutes saisons.

L'étude souligne l'importance d'une approche bioclimatique intégrant des matériaux adaptés tel que : la brique et la pierre épaisse avec une isolation efficace et des stratégies passives comme solution durable pour la construction en zone aride.

Mots-clés : Efficacité thermique, Matériaux de construction, Climat saharien, inertie et conductivité thermique, confort thermique.

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية الحرارية لثلاثة مواد بناء وهي: الحجر، والبلوك الإسمنتي، والطوب، بغرض تحديد المواد الأكثر ملاءمة للبناء في المناطق الصحراوية.

وقد أجريت محاكاة حرارية باستخدام برنامج EnergyPlus، أظهرت النتائج أن مادة البلوك الإسمنتي، التي تتميز بضعف العزل الحراري، تُظهر تذبذبات حرارية مرتفعة، مما يجعلها غير ملائمة للبناء دون عزل إضافي.

أما الحجر بسُمك 50 سم، فيوفر خمولاً حرارياً جيداً خلال فصل الشتاء، ويساهم في الحفاظ على تدرج بطيء في درجات الحرارة داخل المسكن خلال فصل الصيف.

وفي المقابل، يوفر الجدار المبني بالطوب بسُمك 30 سم، مع فجوة هوائية بسعة 5 سم، توازناً حرارياً جيداً بفضل انخفاض موصليته الحرارية، مما يحدّ بفعالية من تفاوت درجات الحرارة على مدار الفصول.

تؤكد الدراسة على أهمية اعتماد مقارنة معمارية مناخية تركز على استخدام مواد ملائمة كالحجر السميك والطوب، مدعّمة بعزل حراري فعال واستراتيجيات معمارية سلبية، كحل مستدام للبناء في المناطق الجافة.

الكلمات المفتاحية: الفعالية الحرارية، مواد البناء، المناخ الصحراوي، الخمول والموصلية الحرارية، الراحة الحرارية.

Abstract :

This research evaluates the thermal efficiency of three construction materials: stone, concrete block (parpaing), and brick, with the aim of identifying the most suitable materials for building in Saharan regions.

Thermal simulations conducted using EnergyPlus software revealed that concrete blocks, due to their low insulation capacity, experience significant thermal fluctuations, making them unsuitable without additional insulation.

Stone walls with a thickness of 50 cm provide good thermal inertia in winter and allow a slow progression of indoor temperatures during summer.

Meanwhile, a 30 cm-thick brick wall with a 5 cm air gap offers a balanced thermal performance due to its low thermal conductivity, effectively reducing temperature fluctuations throughout the year.

The study emphasizes the importance of a bioclimatic architectural approach that integrates appropriate materials such as thick stone and brick, combined with effective insulation and passive design strategies, as a sustainable solution for construction in arid zones.

Keywords: Thermal efficiency, construction materials, Saharan climate, thermal inertia and conductivity, thermal comfort.

Notations

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

PMV : Predicted Mean Vote

PPD : Predicted Percentage of Dissatisfied

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

GES : Gaz à Effet de Serre

D.T.R.C : Document Technique Réglementaire de Construction

RDC : Rez-de-Chaussée

SDB : Salle de Bain

T1 : Température Extérieure

T2 : Température Intérieure

Sommaire

Dédicaces
I

Remerciements
III

Résumé
IV

Notations
VI

Sommaire
VII

Liste des Figures
X

Liste des Photos
X

Liste des graphes
X

Liste des Tableaux
XI

Introduction générale
01

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Introduction
05

I.1. Définition des matériaux de construction
05

I.2. Rôle des matériaux de construction dans le domaine de la construction
06

I.3. Utilisation de Brique dans le domaine de la construction
07

 I.3.1. Les avantages de la brique en construction
08

 I.3.2. Les inconvénients du brique en construction
09

I.4. Utilisation de Parpaing dans le domaine de la construction
10

 I.4.1. Les avantages du parpaing en construction
10

 I.4.2. Les inconvénients du parpaing en construction
11

I.5. Utilisation de Pierre dans le domaine de la construction
11

 I.5.1. Avantages de la construction en pierre
12

 I.5.2. Inconvénients de la construction en pierre
13

Conclusion 14

CHAPITRE II: L'EFFICACITE THERMIQUE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Introduction
15

II.1. Définition de l'efficacité thermique dans le bâtiment/habitation
15

II.2. Confort thermique
16

II.3. Modes de transferts de chaleur dans le bâtiment	19
II.3.1. La conduction thermique	19
II.3.2. La convection thermique	19
II.3.3. Le rayonnement thermique	19
II.4. Définition et origines des déperditions thermiques	20
II.4.1. Les ponts thermiques : principaux points de faiblesse	21
II.4.2. Conséquences des déperditions thermiques	22
II.4.3. Stratégies techniques de réduction des déperditions thermiques	22
II.5. Inertie thermique	23
II.5.1. Fonctionnement de l'inertie thermique dans le bâtiment	23
II.5.2. Matériaux à forte inertie thermique	24
II.5.3. Avantages d'une forte inertie thermique	24
II.6. Travaux scientifiques sur l'efficacité thermique de Brique, Parpaing et la Pierre	25
Conclusion	27

CHAPITRE III: PRESENTATION DE CAS D'ETUDE ET RESULTATS ET DISCUSSION

Introduction	28
III.1. Méthodologie et démarches d'étude	28
III.2. Analyse du contexte climatique et architectural de la zone d'étude	29
III.2.1. Situation	29
III.2.2. Les conditions climatiques	31
III.2.2.1. Analyse de climatologie de la zone d'étude	32
III.2.3. Choix de Cas d'étude	34
III.2.4. Présentation de la maison d'étude	35
III.3. Modélisation thermique du bâtiment	36
III.3.1. Logiciel EnergyPlus	36
III.3.2. Modélisation thermique	37
III.4. Définition des configurations à simuler	40
III.5. Représentation et discussions des résultats	41
III.6. Interprétation des résultats	45
Conclusion	47

Conclusion générale
49

Références
51

Listes des figures

Figure II.1 : Stratégies bioclimatiques pour le confort thermique en hiver et en été [31].	17
Figure II.2 : Les Modes de transferts de chaleur dans le bâtiment [38].	20
Figure II.3 : La déperdition thermique [40].	20
Figure II.4 : Déperdition thermique [44].	22
Figure II.5 : L'inertie thermique [47].	23
Figure III.1 : Carte présente la commune de Metlili, l'extention ELHADBA [21]. (Modifier par l'auteurs).	30
Figure III.2 : Découpage des zones climatique [21].	31
Figure III.3 : Situation de la maison [60].	35
Figure III.4 : Plan architectural de la maison [60].	35
Figure III.5 : Façades de maison (Auteurs).	36
Figure III.6 : la modélisation 3D de la simulation (Auteurs).	39
Figure III.7 : la simulation par EP- Launch (Auteurs).	39

List des photos

Photo I.1 : La Brique, (Auteurs)	08
Photo I.2 : Le Parpaing, (Auteurs).	10
Photo I.3 : Le Pierre, (Auteurs).	12

Liste des graphes

Graphe 1 : Évolution des anomalies de la température des terres dans le monde 1880-2023 [2].	01
Graphe III.1 : la variation de la température durant les 10année de 2008 à 2018 [57].	32
Graphe III.2 : La variation mensuelle de l'humidité durant les 10 années de 2008 à 2018 [57].	33
Graphe III.3 : Température et précipitations moyennes [58].	33
Graphe III.4 : Direction et Vitesse des vents [59].	34
Graphe III.5 : Résultats de la simulation de la maison construit en parpaing durant la période hivernale (Auteurs).	41
Graphe III.6 : Résultats de la simulation de la maison construit en brique durant la période hivernale (Auteurs).	42
Graphe III.7 : Résultats de la simulation de la maison construit en pierre durant la période	43

hivernale (Auteurs).

Grphe III.8: Résultats de la simulation de la maison construit en parpaing durant la période estivale (Auteurs). 43

Grphe III.9: Résultats de la simulation de la maison construit en brique durant la période estivale (Auteurs). 44

Grphe III.10: Résultats de la simulation de la maison construit en pierre durant la période estivale (Auteurs). 44

Listes des tableaux

Tableau III.1: Extrait des caractéristiques de la zone [55]. 31

Tableau III.2: Composant et Caractéristiques thermiques de la maison construit en parpaing [61]. 40

Tableau III.3: Composant et Caractéristiques thermiques de la maison construit en Brique [61]. 40

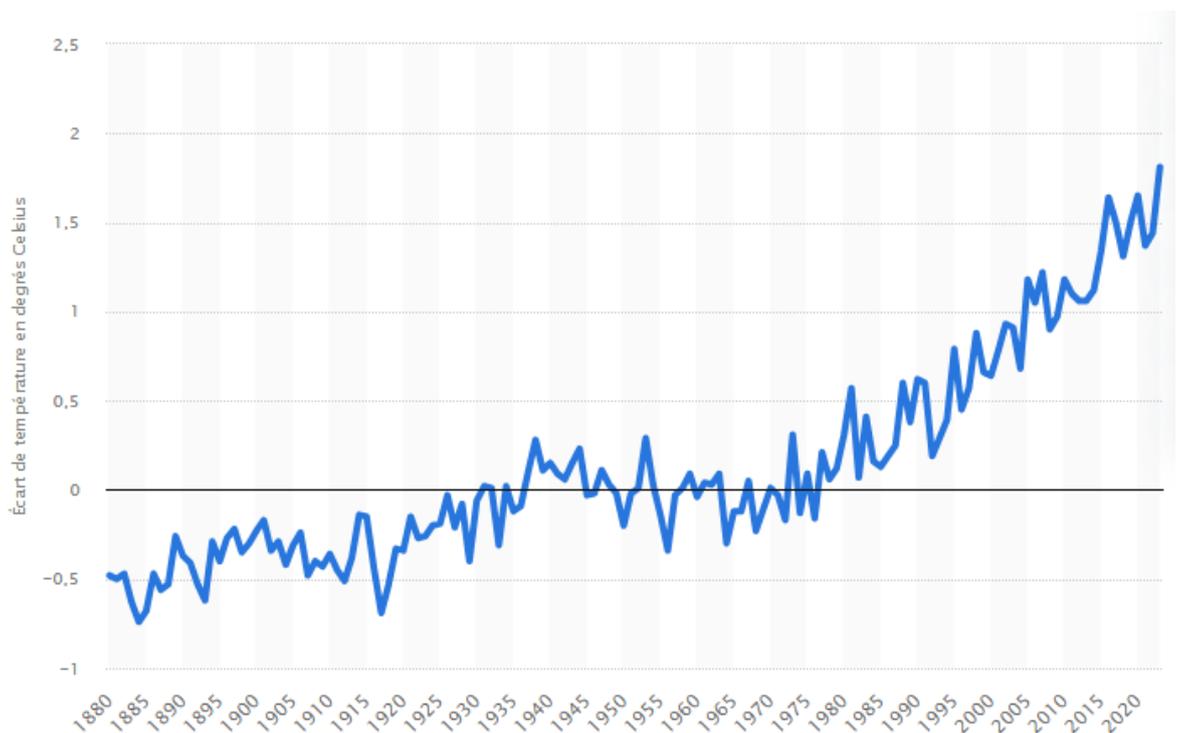
Tableau III.4: Composant et Caractéristiques thermiques de la maison construit en Brique [61]. 41

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

Le réchauffement climatique mondial constitue l'un des défis majeurs du XXI^e siècle. Ses impacts se font ressentir sur tous les continents, à travers la montée des températures, tel que présenté dans le graphe 01 qui montre une augmentation progressive des températures tout au long de la période 1880 à 2023, traduisant les effets du réchauffement climatique. En 2023, la température moyenne à la surface des terres émergées a dépassé de 1,81 °C la moyenne mondiale enregistrée entre 1901 et 2000. Il s'agit de l'anomalie thermique annuelle la plus élevée constatée sur l'ensemble de la période d'analyse.

Ce problème provoque directement la modification des régimes climatiques et l'augmentation de la demande énergétique, notamment dans le secteur du bâtiment [1]. En effet, la performance énergétique des habitations devient une priorité, en particulier dans les régions où les conditions climatiques sont extrêmes.



Graph 1: Évolution des anomalies de la température des terres dans le monde 1880-2023 [2].

En Algérie, les régions sahariennes, qui occupent une grande partie du territoire national, sont soumises à des conditions particulièrement rigoureuses : des températures très élevées le jour, suivies de baisses significatives la nuit. Ces écarts de température quotidiens provoquent un inconfort thermique marqué dans les habitations [3]. Pour compenser ces variations, les occupants ont recours à des systèmes de climatisation ou de chauffage, ce qui

augmente considérablement la consommation énergétique des logements dans ces zones. À long terme, cela accentue non seulement la pression sur les ressources énergétiques, mais aussi les émissions de gaz à effet de serre [4].

L'enveloppe du bâti constitue la première barrière entre l'environnement extérieur et l'espace intérieur d'une habitation. Elle joue un rôle fondamental dans la régulation des échanges thermiques, permettant d'assurer un confort thermique optimal pour les occupants, quelles que soient les conditions climatiques extérieures.

En effet, une enveloppe bien conçue limite les pertes de chaleur en hiver et réduit les gains thermiques en été, réduisant ainsi les besoins en chauffage et en climatisation [5, 6]. Ce rôle est d'autant plus crucial dans un contexte de réchauffement climatique, où les épisodes de chaleur extrême deviennent de plus en plus fréquents.

Les matériaux de construction utilisés dans l'enveloppe (murs, toitures, vitrages, isolants, etc.) influencent fortement ses performances thermiques. Leur conductivité thermique, leur capacité thermique massique, leur densité et leur comportement face à l'humidité sont autant de facteurs déterminants dans la conception d'un bâtiment éco-énergétique. L'utilisation de matériaux à haute performance thermique permet non seulement de réduire la consommation énergétique, mais aussi d'améliorer la qualité de vie à l'intérieur du bâtiment [6].

La nature des matériaux qui couvrent l'enveloppe extérieure des bâtiments et leur propriété de réflectivité doivent être considérées surtout en climat chaud, car elles ont une influence directe sur l'augmentation de la température moyenne radiante et donc sur le confort intérieur [7]. Les matériaux de façade et spécialement leurs couleurs jouent un rôle très important dans la formulation de l'environnement thermique à l'intérieur du canyon urbain [8].

La problématique centrale réside dans la sélection des matériaux de construction les plus adaptés à l'édification d'habitations en zones sahariennes, où les conditions climatiques extrêmes exigent des performances thermiques élevées. Ces matériaux, s'ils sont mal adaptés aux conditions thermiques locales, peuvent aggraver l'inconfort intérieur et favoriser les pertes ou les gains de chaleur, selon la saison. En revanche, des matériaux bien choisis peuvent améliorer l'isolation thermique des bâtiments, réduire la dépendance aux systèmes mécaniques de régulation de la température, et donc limiter la consommation énergétique.

Le défi est alors double : il s'agit d'identifier les matériaux offrant la meilleure efficacité thermique pour le climat saharien tout en assurant un équilibre entre performance, durabilité et coût. C'est dans cette perspective que s'inscrit cette étude, qui vise à comparer les matériaux couramment utilisés ou potentiellement utilisables dans les constructions du sud algérien, sous l'angle de leur performance thermique.

Questions de recherche :

- Quels matériaux de maçonnerie sont les plus adaptés à la construction en zone saharienne pour garantir un confort thermique optimal tout en minimisant l'impact environnemental
- Quel est l'impact thermique des matériaux couramment utilisés entre : pierre, brique, parpaing pour l'enveloppe des habitations sur le confort des occupants en climat saharien ?
- Dans quelles conditions le choix inadéquat des matériaux de l'enveloppe peut-il entraîner des problèmes de surchauffe, de pertes de fraîcheur ou d'inconfort thermique dans les bâtiments sahariens ?

Hypothèses :

- Les matériaux de construction ayant une forte inertie thermique tel que la pierre et une faible conductivité, comme la brique sont les plus adaptés au climat saharien, car ils assurent un meilleur confort thermique en limitant les variations de température intérieure.
- Les matériaux naturels ou locaux tel que : la pierre et la brique ont un impact environnemental plus faible et sont plus adaptés que les matériaux industrialisés comme le parpaing, tout en offrant un confort thermique supérieur.
- Le parpaing, en raison de sa faible inertie thermique et de sa conductivité relativement élevée, provoque des surchauffes importantes durant la journée et un inconfort nocturne, contrairement à la brique pleine ou à la pierre qui assurent un meilleur déphasage thermique.

Objectifs :

À travers cette étude, nous nous essaierons d'identifier les matériaux les plus adaptés pour la construction en zone saharienne qui contribuent également à l'amélioration du confort thermique des occupants tout en réduisant l'empreinte environnementale du bâtiment, dans le but d'orienter les constructeurs vers le bon choix des matériaux d'enveloppe. Sous cet objectif général, on peut inclure les objectifs partiels suivants :

- Analyser l'impact du choix des matériaux de maçonnerie : pierre, brique et parpaing sur le confort thermique habitation étudiée en climat saharien, afin de proposer des solutions adaptées et durables.
- Identifier les conséquences d'un choix non adapté de maçonnerie sur le confort thermique intérieur.
- Sensibiliser les auto-constructeurs sur l'importance du choix des matériaux de l'enveloppe et proposer les matériaux le plus adaptés au climat saharien.

Méthodologie et structure de mémoire :

Pour traiter cette problématique, cette mémoire est structurée en trois chapitres principaux:

Chapitre I: Les matériaux de construction.

Ce chapitre présente une vue d'ensemble des matériaux de construction étudiés dans le cadre de cette recherche : la brique, le parpaing et la pierre. Il expose leur définition, leurs propriétés physiques et thermiques, ainsi que leurs avantages et inconvénients, notamment en lien avec le climat saharien.

Chapitre II: L'efficacité thermique des matériaux de construction.

Ce chapitre présente les bases théoriques liées à l'efficacité thermique dans le bâtiment, en expliquant les notions de confort thermique, de déperditions de chaleur, d'inertie thermique, ainsi que les principaux modes de transfert de chaleur. Il examine également les travaux scientifiques antérieurs portant sur les performances thermiques de la brique, du parpaing et de la pierre, en vue d'établir une base comparative pour l'étude expérimentale.

CHAPITRE III: Présentation de cas d'étude et résultats et discussion.

Le troisième chapitre présente les conditions climatiques de la région de Metlili ainsi que la description de cas d'étude. Et aussi, il décrit les étapes de la simulation par Energy plus et la représentation et l'interprétation des résultats obtenus.

Conclusion générale

CHAPITRE I:
GENERALITE SUR LES
MATERIAUX DE CONSTRUCTION

CHAPITRE I : MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Introduction :

Les enquêtes réalisées par les chercheurs au monde montrent la tendance générale des matériaux utilisés pour l'enveloppe du bâtiment. Le choix des matériaux de construction est essentiellement déterminé par leur disponibilité locale, leur économie, la durabilité et la pertinence pour le climat particulier. Les moyens de transport des matériaux à partir d'un endroit éloigné de la production doivent être pris en considération.

I.1. Définition des matériaux de construction:

Les matériaux de construction désignent l'ensemble des substances naturelles, transformées ou synthétiques utilisées dans la conception, la réalisation et la rénovation d'ouvrages de bâtiment et de travaux publics. Ils constituent la matière première indispensable à la création des infrastructures humaines, allant des habitations individuelles aux grands édifices publics, en passant par les routes, les ponts ou encore les ouvrages industriels [9].

Ces matériaux se répartissent généralement en deux grandes catégories [10]:

a)- **Les matériaux traditionnels** : tels que le bois, la pierre, la terre crue, la terre cuite ou la chaux, qui ont accompagné l'histoire de l'architecture depuis l'Antiquité.

b)- **Les matériaux modernes ou industriels** : tels que le béton, l'acier, le verre, les polymères ou les composites, dont l'usage s'est généralisé avec les avancées technologiques et les exigences contemporaines en matière de performance énergétique, de durabilité et d'esthétique.

Le choix des matériaux de construction repose sur une analyse de leurs propriétés physiques, chimiques et mécaniques, notamment [11]:

- ✓ La résistance mécanique (à la compression, à la traction, à la flexion) ;
- ✓ La conductivité et l'inertie thermiques ;
- ✓ Le comportement hygroscopique (capacité à absorber ou à rejeter l'humidité) ;
- ✓ La durabilité et la résistance aux agents climatiques (gel, pluie, UV, etc.) ;
- ✓ Le comportement au feu (combustibilité, résistance au feu) ;
- ✓ Le coût, la disponibilité locale et l'impact environnemental.

La plupart de ces matériaux sont poreux, ce qui les rend sensibles aux variations hygrométriques et thermiques de leur environnement. Cette porosité favorise des phénomènes tels que la migration de la vapeur d'eau, les cycles d'humidification et de séchage, ainsi que les changements de phase, qui peuvent affecter leurs performances structurelles et énergétiques.

Ainsi, les matériaux de construction ne sont pas de simples éléments de structure, ils participent activement à la stabilité, à la sécurité, à l'efficacité énergétique, au confort thermique et acoustique, ainsi qu'à l'identité architecturale d'un bâtiment. Ils jouent un rôle fondamental dans la durabilité et la qualité des ouvrages construits.

I.2. Rôle des matériaux de construction dans le domaine de la construction:

Les matériaux de construction de haute qualité sont un élément essentiel pour le succès de tout projet de construction. Ils influencent directement la sécurité, la durabilité, l'efficacité économique et la conformité aux normes. Cet article vise à examiner l'importance globale de l'utilisation de matériaux de construction de haute qualité dans les projets de construction et à fournir des perspectives sur leur impact à court et à long terme [11].

Dans l'industrie de la construction, les matériaux utilisés jouent un rôle central dans la détermination de la qualité et de la sécurité des bâtiments. Avec l'évolution de la technologie et l'augmentation des défis environnementaux, l'utilisation de matériaux de construction de haute qualité est devenue non seulement une exigence réglementaire, mais aussi une nécessité pour assurer la durabilité et l'intégrité des projets de construction [12]:

a)- Sécurité et durabilité : L'utilisation de matériaux de construction de haute qualité garantit la durabilité et la stabilité de la structure. Cela renforce la résistance des bâtiments aux catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre et les tempêtes. Par exemple, l'acier inoxydable et le béton armé avec des matériaux avancés offrent une durabilité supérieure par rapport aux matériaux traditionnels [12].

b)- Efficacité économique à long terme : Bien que le coût des matériaux de haute qualité puisse être élevé, les avantages économiques à long terme dépassent ces coûts initiaux. Les matériaux de bonne qualité réduisent les besoins de maintenance et de réparations futures, ce qui permet de réaliser des économies importantes à long terme [12].

c)- Conformité aux normes et réglementations : Les matériaux de construction de haute qualité se conforment aux normes nationales et internationales, ce qui réduit les risques de

sanctions légales et de retards dus à la non-conformité. Cela renforce la réputation du projet et augmente les chances de succès [12].

d)- Résistance aux conditions environnementales : Les matériaux de haute qualité se caractérisent par leur résistance aux conditions météorologiques extrêmes, telles que l'humidité, la chaleur intense et la corrosion. Ces propriétés garantissent la longévité du bâtiment et réduisent l'impact des facteurs environnementaux [13].

e)- Amélioration de l'efficacité de la construction : Les bons matériaux sont souvent plus faciles à manipuler et à installer, ce qui réduit le temps de construction et augmente l'efficacité du travail. Cela se traduit positivement sur le calendrier et les coûts du projet [13].

f)- Attrait esthétique et valeur immobilière : Les matériaux de haute qualité contribuent à obtenir une apparence esthétique remarquable des bâtiments, ce qui augmente leur attrait et leur valeur marchande. Cela est particulièrement important dans les projets commerciaux et résidentiels de luxe [13].

g)- Durabilité environnementale : Les matériaux de haute qualité ont tendance à être plus durables et respectueux de l'environnement. Leur utilisation réduit la consommation de ressources naturelles et limite les déchets, ce qui s'aligne avec les tendances mondiales vers la construction durable [13].

h)- Renforcement de la confiance et de la satisfaction : Enfin, l'utilisation de matériaux de construction de haute qualité contribue à renforcer la confiance des clients et des investisseurs dans le projet. La confiance mutuelle entre les différentes parties prenantes favorise les opportunités de collaboration future et le succès durable [13].

L'utilisation de matériaux de construction de haute qualité n'est pas seulement un choix, mais un investissement stratégique qui a un impact positif sur tous les aspects des projets de construction. De la sécurité et de la durabilité à l'efficacité économique et à la durabilité, ces matériaux jouent un rôle vital dans la réussite et l'excellence du secteur de la construction [13].

I.3. Utilisation de Brique dans le domaine de la construction :

Dans le vaste domaine de la construction, chaque projet repose sur des fondations solides, littéralement et métaphoriquement. La brique, ce matériau ancestral, se dresse comme l'un des piliers incontestés de cette industrie, offrant une multitude d'avantages et de possibilités [14].



Photo I.1 : La Brique, (Auteurs)

Nous explorerons d'abord les nombreux avantages qu'elle offre, de sa durabilité à son isolation, en passant par son entretien facile. Ensuite, nous plongerons dans les différents types de briques disponibles sur le marché et leurs utilisations spécifiques, mettant en lumière leur diversité et leur adaptabilité.

I.3.1. Les avantages de la brique en construction :

Matériau ancestral, la brique continue de séduire architectes et constructeurs pour ses qualités techniques et esthétiques. Sa durabilité, son isolation naturelle et son entretien minimal en font un choix judicieux pour de nombreuses constructions [15].

a) Durabilité et résistance : La brique se distingue par sa longévité exceptionnelle. De nombreux édifices anciens en témoignent : bien cuite, elle peut traverser les siècles sans perdre ses qualités. Résistante aux intempéries (gel, pluie, vent, soleil), elle conserve son intégrité sans ne se fissurer ni se déformer [15].

Elle est également ininflammable, ce qui renforce la sécurité des bâtiments en cas d'incendie. Contrairement au bois, elle n'est pas sujette aux attaques d'insectes xylophages comme les termites, ce qui limite les risques de détérioration biologique et réduit le besoin de traitements chimiques [15].

b) Isolation thermique et acoustique : Grâce à sa masse volumique et à sa porosité, la brique offre une excellente isolation thermique. Elle aide à conserver la chaleur en hiver et la fraîcheur en été, limitant ainsi les besoins en chauffage ou en climatisation [16].

Elle constitue également une barrière efficace contre les nuisances sonores extérieures, assurant un confort acoustique optimal dans les espaces intérieurs [16].

c) Faible entretien : Un des atouts majeurs de la brique réside dans son faible besoin d'entretien. Elle conserve son apparence au fil du temps sans nécessiter de traitements particuliers. Un nettoyage occasionnel suffit généralement à préserver son esthétique et sa robustesse, ce qui diminue les coûts de maintenance à long terme [16].

I.3.2. Les inconvénients du brique en construction:

Malgré ses qualités, la brique présente certains inconvénients qu'il convient de prendre en compte avant de se lancer dans un projet de construction.

a) Coût initial élevé : Le prix d'une construction en brique peut être supérieur à celui d'autres matériaux, en raison non seulement du coût des briques elles-mêmes, mais aussi de la main-d'œuvre qualifiée nécessaire pour leur mise en œuvre. Cela représente un investissement de départ important [16].

Cependant, cet investissement peut être rapidement rentabilisé grâce à la durabilité du matériau et à ses faibles besoins d'entretien.

b) Temps de construction plus long : La pose manuelle de chaque brique allonge les délais de réalisation d'un chantier par rapport à d'autres matériaux préfabriqués ou modulaires. Cela peut entraîner des coûts supplémentaires liés à la durée du chantier [16].

c) Poids élevé : Les briques sont lourdes, ce qui complique leur transport et leur manutention sur les chantiers. Cela nécessite parfois l'utilisation d'engins de levage et une logistique adaptée [16].

d) Risque de détérioration et de fissuration : Bien que solide, la brique n'est pas totalement exempte de faiblesses [16]:

- **Géivité :** Si les briques sont mal cuites, elles deviennent sensibles au gel. Cela peut entraîner leur fissuration, voire leur éclatement.

- Rigidité : Les structures en brique tolèrent mal les mouvements du sol. Elles peuvent se fissurer en cas de tremblement de terre, de tassement ou de variations géotechniques.
- Porosité : Certaines briques peuvent absorber l'humidité, favorisant le développement de moisissures ou l'invasion de plantes grimpantes comme le lierre.

I.4. Utilisation de Parpaing dans le domaine de la construction :

Le parpaing, ou bloc de béton, est un matériau incontournable en maçonnerie. Il est principalement utilisé pour l'élévation de murs de cloison, de façade ou de clôture. Sa robustesse en fait également un choix privilégié pour la réalisation des fondations de bâtiments et de maisons, ainsi que pour la construction de piliers [17].



Photo I.2 : Le Parpaing, (Auteurs).

I.4.1. Les avantages du parpaing en construction:

Le succès du parpaing dans le secteur de la construction repose sur plusieurs atouts majeurs:

a)- Durabilité et résistance : Le parpaing est reconnu pour sa grande longévité. Résistant à l'usure, aux intempéries et aux agressions climatiques, il permet d'ériger des constructions solides, capables de supporter des conditions extrêmes, y compris les tremblements de terre [18].

b)- Incombustibilité : Ce matériau est ignifuge, ce qui renforce la sécurité incendie des bâtiments réalisés avec ce type de bloc [18].

c)- Facilité de mise en œuvre : Sa pose est relativement simple, ce qui permet un gain de temps et une économie sur la main-d'œuvre. Sa modularité facilite également son emploi dans divers types d'ouvrages [18].

d)- Polyvalence d'usage : Le parpaing convient à une grande variété d'applications : murs porteurs, murs extérieurs et intérieurs, cloisons, coffrages, piliers, clôtures, etc [19].

e)- Résilience climatique : Le parpaing montre une excellente résistance aux conditions climatiques extrêmes, qu'il s'agisse de chaleurs intenses, de froids rigoureux, d'humidité excessive ou de vents violents [19].

f)- Matériau économique et écologique : Son prix est largement inférieur à celui d'autres matériaux tels que le bois ou l'acier. De plus, constitué de matières naturelles, il est recyclable à 100 % et nécessite peu d'entretien, ce qui réduit les coûts à long terme [19].

I.4.2. Les inconvénients du parpaing en construction:

Malgré ses nombreux avantages, le parpaing présente aussi des limites :

a)- Faible performance thermique et acoustique : Le principal défaut du parpaing est son manque d'isolation ($R = 0.23 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pour un parpaing de 20 cm d'épaisseur). Il ne protège pas efficacement contre les variations de température ni contre les nuisances sonores, ce qui oblige à y adjoindre des matériaux isolants supplémentaires [20, 21].

b)- Rigidité architecturale : Le parpaing est un matériau rigide, difficile à adapter aux formes architecturales complexes ou aux structures courbes.

c)- Performances à nuancées : Bien que résistant, le parpaing nécessite une certaine planification si des modifications sont envisagées. Toutefois, il reste possible de l'ajuster ou de le découper pour modifier la configuration d'un espace [20].

I.5. Utilisation de Pierre dans le domaine de la construction :

La pierre naturelle est l'un des plus anciens matériaux de construction utilisés par l'homme. Grâce à sa durabilité exceptionnelle, son esthétique authentique et ses propriétés physiques remarquables, elle continue d'être employée dans des projets architecturaux modernes et traditionnels. Qu'il s'agisse de granit, de marbre, de calcaire ou d'ardoise, chaque type de pierre possède des caractéristiques uniques qui lui confèrent une valeur à la fois structurelle et décorative [22].



Photo I.3 : Le Pierre, (Auteurs).

I.5.1. Avantages de la construction en pierre :

a)- Durabilité et longévité : La pierre est un matériau extrêmement robuste, résistant à la pourriture, à l'humidité, aux intempéries et à l'usure du temps. Des bâtiments en pierre datant de plusieurs siècles témoignent encore aujourd'hui de sa résilience. Le granit, par exemple, est très prisé pour les plans de travail de cuisine en raison de sa solidité exceptionnelle [23].

b)- Faible entretien : L'un des grands avantages de la pierre naturelle est son entretien minimal. Contrairement à d'autres matériaux qui nécessitent un traitement régulier (peinture, vernissage, etc.), la pierre conserve son aspect naturel avec un simple nettoyage occasionnel. Elle ne nécessite ni scellage fréquent, ni protection particulière, ce qui réduit les coûts d'entretien à long terme [24].

c)- Performance thermique : Grâce à sa forte masse thermique, la pierre naturelle régule efficacement les variations de température intérieure. Elle emmagasine la chaleur durant la journée et la restitue lentement la nuit, contribuant à un meilleur confort thermique et à une réduction de la consommation énergétique [25].

d)- Esthétique unique : Chaque pierre est naturellement différente. La richesse des couleurs, la diversité des textures et les motifs irréguliers qu'elle présente offrent à chaque projet architectural une signature visuelle singulière. Contrairement aux matériaux manufacturés, la pierre naturelle ne se démode pas et confère un cachet intemporel aux bâtiments [25].

e)- Atout écologique : La pierre naturelle est un matériau écologique : son extraction et sa transformation nécessitent moins d'énergie que celle des matériaux industriels. Elle ne dégage pas de composés organiques volatils (COV) et est entièrement recyclable [25].

I.5.2. Inconvénients de la construction en pierre :

a)- Coût initial élevé : L'un des principaux inconvénients de la pierre naturelle réside dans son prix. Son extraction, sa taille, son transport et sa mise en œuvre nécessitent des moyens plus coûteux que les matériaux courants comme le parpaing ou le béton [25].

b)- Poids et complexité de mise en œuvre : La pierre est un matériau lourd, ce qui complique son transport, sa manutention et sa pose. Elle exige des fondations solides et une main-d'œuvre qualifiée pour une mise en œuvre conforme aux normes, ce qui peut rallonger les délais de construction [25].

c)- Faible flexibilité architecturale : Contrairement à des matériaux plus modulables comme le béton ou le bois, la pierre est difficile à adapter à des formes complexes ou à des conceptions architecturales modernes très personnalisées [25].

Conclusion :

Les matériaux de construction constituent la pierre angulaire de toute réalisation architecturale. Leur choix, loin d'être anodin, repose sur une analyse approfondie de leurs propriétés physiques, mécaniques, thermiques et environnementales. Qu'ils soient traditionnels comme la brique, la pierre ou le bois, ou modernes comme le parpaing de ciment ou l'acier, chacun présente des avantages et des limites propres qui influencent la qualité, la durabilité et la performance globale des bâtiments.

À travers ce chapitre, il a été mis en évidence que la pertinence d'un matériau dépend étroitement du contexte climatique, des ressources locales disponibles, mais aussi des exigences en matière de confort thermique, de sécurité, de coût et d'impact environnemental. Ainsi, les matériaux tels que la brique et la pierre se distinguent par leur durabilité, leurs capacités isolantes et leur faible besoin d'entretien, tandis que le parpaing, bien que robuste et économique, présente des performances moindres en matière d'isolation.

L'utilisation judicieuse de ces matériaux, en tenant compte de leurs propriétés et de leur adaptabilité aux conditions environnementales locales, est essentielle pour assurer la viabilité des projets de construction, tant sur le plan technique qu'environnemental. En définitive, les matériaux de construction ne sont pas de simples éléments fonctionnels : ils façonnent l'identité architecturale, le confort des usagers et l'empreinte écologique des édifices.

CHAPITRE II:

L'EFFICACITE THERMIQUE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

CHAPITRE II: L'EFFICACITE THERMIQUE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Introduction :

Dans un contexte de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique, la question de l'efficacité thermique des bâtiments occupe une place centrale dans les stratégies de conception architecturale durable.

Ce chapitre vise à explorer les fondements théoriques de l'efficacité thermique en lien avec les propriétés des matériaux de construction.

II.1. Définition de l'efficacité thermique dans le bâtiment/habitation:

L'efficacité thermique dans le bâtiment désigne la capacité d'une habitation à limiter les échanges de chaleur avec son environnement extérieur, de manière à maintenir une température intérieure stable et confortable tout au long de l'année. Cette performance thermique repose essentiellement sur une isolation efficace des différentes parois de l'enveloppe du bâti : murs, toitures, sols, fenêtres et portes [26].

L'isolation thermique permet ainsi [27]:

- De réduire les déperditions de chaleur en hiver ;
- De limiter les gains thermiques en été ;
- De minimiser la consommation énergétique liée au chauffage ou à la climatisation ;
- Et de réduire l'empreinte carbone du bâtiment en limitant les émissions de gaz à effet de serre (GES).

L'efficacité thermique ne dépend pas uniquement de la quantité d'isolant utilisée, mais également de la qualité des matériaux, de leur conductivité thermique, de leur durabilité, ainsi que de la maîtrise des ponts thermiques lors de la mise en œuvre.

Les indicateurs de performance thermique sont généralement exprimés en termes de coefficient de transmission thermique (U), qui mesure la quantité de chaleur traversant un élément de construction. Plus le coefficient U est faible, meilleure est l'efficacité thermique [28].

L'obtention d'une efficacité thermique optimale requiert une approche globale intégrant à la fois [26]:

- le choix judicieux des matériaux isolants (laine minérale, polystyrène, ou matériaux biosourcés comme le chanvre ou la ouate de cellulose) ;
- des techniques d'isolation adaptées (intérieure, extérieure ou répartie) ;
- et une conception bioclimatique visant à tirer parti des apports solaires passifs tout en assurant une protection contre la chaleur excessive.

II.2. Confort thermique:

Le confort thermique désigne l'état de bien-être ressenti par un individu vis-à-vis de l'ambiance thermique qui l'entoure. Il se manifeste lorsque la personne ne ressent ni chaleur excessive, ni froid, ni courant d'air désagréable. Il s'agit donc d'un équilibre thermique et hydrique entre le corps humain et son environnement immédiat [29].

Selon la définition consensuelle adoptée notamment par l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1992), le confort thermique est un "état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique" [30]. Cette notion, bien qu'intuitive, demeure complexe et multidimensionnelle, car elle résulte de l'interaction de facteurs physiques, physiologiques et psychologiques.

Le confort thermique n'est pas une constante universelle. Il varie selon [2]:

- ✓ Les contextes culturels et sociaux,
- ✓ Les habitudes climatiques régionales,
- ✓ Les conditions économiques,
- ✓ Les attentes subjectives des individus.

Cette variabilité a conduit certains chercheurs à remettre en question l'universalité des méthodes d'évaluation actuelles. En ignorant les dimensions culturelles et climatiques spécifiques, ces méthodes risquent de surestimer les besoins en chauffage ou en climatisation, menant à des conceptions spatiales inadaptées ou énergivores.

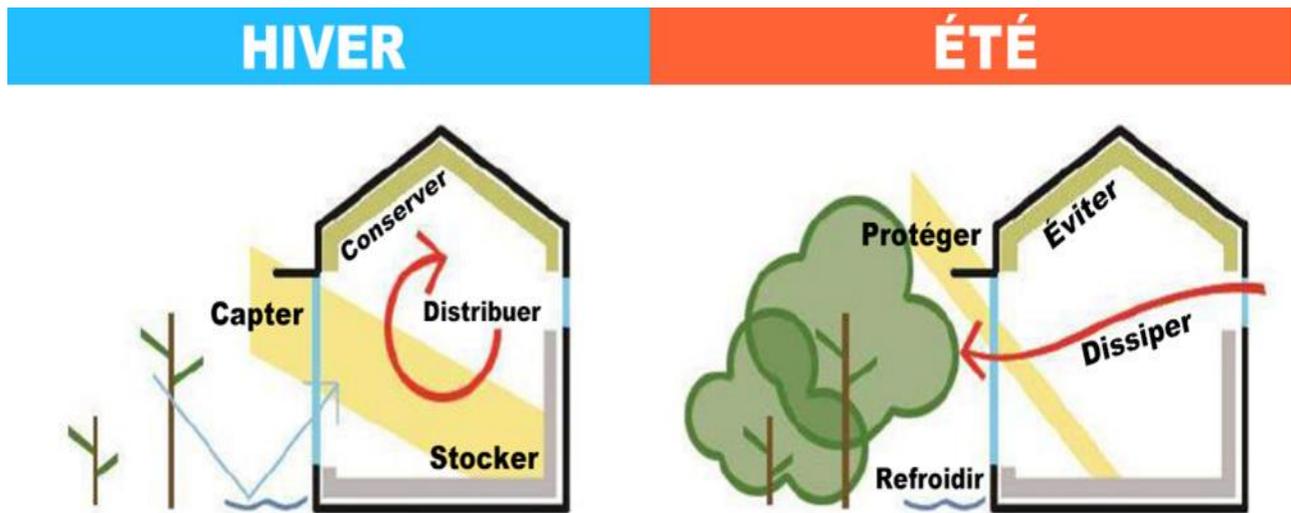


Figure II.1 : Stratégies bioclimatiques pour le confort thermique en hiver et en été [31].

On distingue généralement deux types de confort [31]:

- a)- **Confort global**: lié aux conditions générales de l'environnement (température de l'air, rayonnement des parois, humidité, mouvements d'air).
- b)- **Confort local** : associé aux non-uniformités thermiques locales ressenties à proximité du corps (courants d'air, surfaces froides, etc.).

Le confort thermique dépend de plusieurs paramètres :

- Température de l'air ambiant et des surfaces environnantes,
- Humidité relative,
- Vitesse de l'air (mouvements d'air),
- Taux d'activité physique (métabolisme),
- Type de vêtements portés,
- Sensibilité individuelle, influencée par des facteurs psychologiques et sociaux.

Plusieurs indices ont été développés pour quantifier le confort thermique à partir de données mesurables [32]:

- PMV (Predicted Mean Vote) : prédit la sensation thermique moyenne d'un groupe de personnes sur une échelle allant de -3 (froid) à +3 (chaud).
- PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) : estime le pourcentage d'individus insatisfaits par l'ambiance thermique.
- Température effective : prend en compte la température de l'air et la vitesse du vent.

- Température résultante : moyenne pondérée de la température de l'air et des parois.
- Température opérative : moyenne des températures radiative et convective.
- Indice de confort équatorial,
- Indice de contrainte thermique,
- Systèmes de réponse biologique (méthode BRSS),
- Diagrammes bioclimatiques (Givoni, Olgyay, Mahoney, etc.).

En somme, le confort thermique est une notion dynamique, influencée à la fois par l'environnement physique et les caractéristiques propres à chaque individu. La prise en compte de ces facteurs permet de concevoir des espaces plus adaptés, économes en énergie, et répondant aux attentes réelles des usagers, dans leur diversité contextuelle.

Le confort thermique désigne une sensation de bien-être thermique ressentie par les occupants d'un bâtiment, lorsqu'ils ne souhaitent ni se réchauffer ni se refroidir. Il résulte de l'interaction de plusieurs paramètres physiques, physiologiques et environnementaux [32].

Les principaux paramètres influençant le confort thermique sont [33]:

1. La température de l'air ambiant : Elle représente la chaleur sensible perçue dans une pièce. En général, une température de 19 à 21 °C en hiver et de 24 à 26 °C en été est considérée comme confortable.
2. La température radiante moyenne : C'est la moyenne des températures des surfaces (murs, fenêtres, planchers). Un déséquilibre peut générer une sensation d'inconfort, même si l'air ambiant est bien chauffé.
3. L'humidité relative : Un taux entre 40 % et 60 % est généralement optimal. Un air trop sec ou trop humide peut affecter la santé et le confort.
4. La vitesse de l'air : Une circulation d'air modérée permet d'améliorer la sensation de fraîcheur en été. Cependant, un courant d'air en hiver peut être perçu comme désagréable.
5. L'habillement et l'activité des occupants: Ces deux facteurs influencent les échanges thermiques entre le corps humain et l'environnement.

II.3. Modes de transferts de chaleur dans le bâtiment :

Dans le domaine du bâtiment, la compréhension des modes de transfert de chaleur est essentielle pour optimiser le confort thermique et la performance énergétique. La chaleur se propage selon trois mécanismes principaux [34]:

II.3.1. La conduction thermique:

La conduction est le transfert de chaleur à travers un matériau solide, sans déplacement de matière. Elle dépend de la conductivité thermique du matériau (λ , en $W/m \cdot K$) [35].

Exemple : le transfert de chaleur à travers un mur ou une fenêtre.

II.3.2. La convection thermique:

La convection implique le transfert de chaleur entre une surface solide et un fluide (air ou eau), avec déplacement de ce fluide. Elle peut être naturelle (due à la différence de densité) ou forcée (ventilation, climatisation) [36].

Exemple : transfert de chaleur entre un radiateur et l'air ambiant.

II.3.3. Le rayonnement thermique:

Le rayonnement est l'émission d'ondes électromagnétiques infrarouges par tout corps chaud vers un corps plus froid, sans contact direct ni support matériel [37].

Exemple : les apports solaires à travers une baie vitrée, ou la chaleur d'un mur chauffé par le soleil.

La capacité d'un matériau à émettre ou absorber un rayonnement dépend de son émissivité.

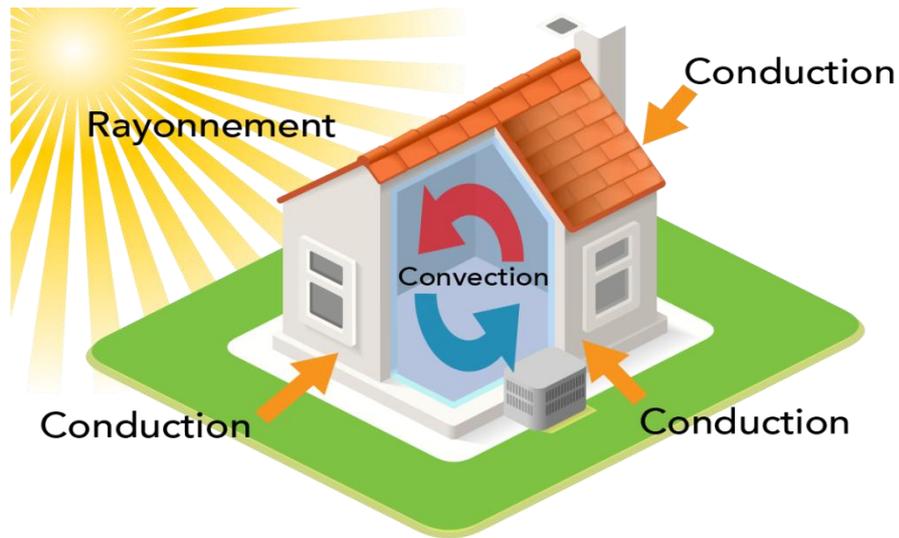


Figure II.2 : Les Modes de transferts de chaleur dans le bâtiment [38].

II.4. Définition et origines des déperditions thermiques :

La déperdition thermique désigne la perte de chaleur d'un bâtiment vers l'extérieur, due à une isolation insuffisante ou à un renouvellement d'air mal maîtrisé. Cette perte compromet le confort thermique intérieur, engendrant une surconsommation énergétique en hiver pour chauffer les espaces, et en été pour les refroidir. Ce phénomène affecte particulièrement les parois opaques (murs, toitures, planchers), mais aussi les ouvertures (fenêtres, portes) et les zones de discontinuité appelées ponts thermiques [39].

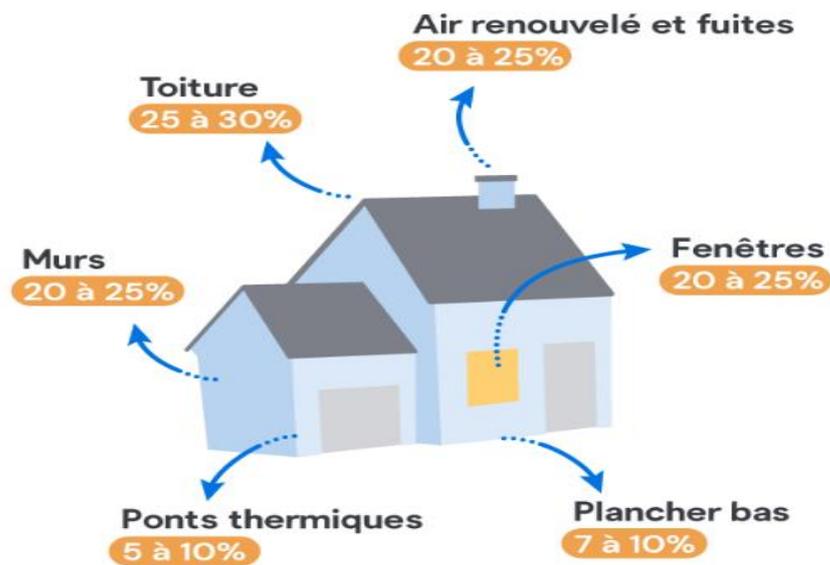


Figure II. 3: La déperdition thermique [40].

La déperdition thermique peut se produire de trois manières principales [40]:

- Déperditions surfaciques: elles traversent les parois du bâtiment (murs, toiture, planchers) en raison d'une isolation thermique insuffisante.
- Déperditions par ponts thermiques: ce sont des zones localisées où la chaleur s'échappe plus facilement en raison de discontinuités dans l'isolation.
- Déperditions par renouvellement d'air: elles résultent d'un renouvellement d'air incontrôlé, souvent dû à des infiltrations.

- La ventilation et les infiltrations :

La ventilation est un procédé contrôlé et intentionnel visant à maintenir une bonne qualité de l'air intérieur. Elle est nécessaire mais peut engendrer des pertes thermiques si mal conçue. L'infiltration, quant à elle, est une entrée d'air non maîtrisée à travers les interstices des menuiseries, fissures, ou jonctions dans la structure. Elle contribue involontairement à la perte de chaleur sans assurer une bonne ventilation [41].

II.4.1. Les ponts thermiques : principaux points de faiblesse :

Un pont thermique est une zone de l'enveloppe d'un bâtiment où la résistance thermique est significativement plus faible que dans les zones environnantes. Il en résulte une fuite locale de chaleur [42]. Ces ponts apparaissent généralement :

Aux jonctions entre éléments constructifs : mur-toiture, mur-fenêtre, mur-dalle, etc.

Lors des changements de matériaux : par exemple, entre un isolant thermique performant et un élément conducteur comme le béton.

À cause d'une géométrie particulière : angles de murs, retours de façades, etc.

Planchers non isolés : lorsqu'une dalle en béton est isolée uniquement de l'intérieur, elle reste en contact direct avec l'extérieur. Le béton, bon conducteur thermique, facilite alors les pertes de chaleur.

Joints mal exécutés : un mauvais raccord entre les éléments de l'enveloppe (fenêtres, dalles, murs) favorise la création de ponts thermiques.

II.4.2. Conséquences des déperditions thermiques :

Les logements mal isolés, appelés passoires thermiques, souffrent d'un inconfort marqué [43]:

- En hiver : sensation de courants d'air, impossibilité de maintenir une température stable.
- En été : infiltration de chaleur par les mêmes faiblesses thermiques.

Ces déséquilibres impactent à la fois le confort des occupants et la consommation énergétique du bâtiment.

II.4.3. Stratégies techniques de réduction des déperditions thermiques:

Pour limiter les déperditions thermiques, des dispositifs de correction doivent être intégrés dès la conception du bâtiment. Parmi eux, on trouve [44]:

- ✓ Les isolants performants pour les parois,
- ✓ Les menuiseries à double ou triple vitrage avec cadres à rupture de pont thermique,
- ✓ Les rupteurs de ponts thermiques au niveau des planchers, balcons ou jonctions façade-toiture,
- ✓ Une étanchéité à l'air soignée,
- ✓ Une ventilation contrôlée (VMC) limitant les pertes tout en assurant le renouvellement d'air.

En somme, la compréhension fine des mécanismes de déperdition thermique permet de concevoir des bâtiments plus performants sur le plan énergétique, et plus confortables pour les usagers. Un traitement rigoureux de l'isolation, notamment au niveau des jonctions structurelles, est indispensable pour garantir une efficacité thermique durable.

II.5. Inertie thermique :

L'inertie thermique désigne la capacité d'un matériau ou d'un bâtiment à emmagasiner, conserver et restituer progressivement la chaleur [45]. Elle joue un rôle clé dans la régulation thermique des espaces intérieurs, en atténuant les variations de température dues aux changements climatiques journaliers ou saisonniers.

Dans le contexte du bâtiment, une forte inertie thermique permet de limiter les besoins en chauffage et en climatisation, assurant ainsi une stabilité thermique favorable au confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique [46].

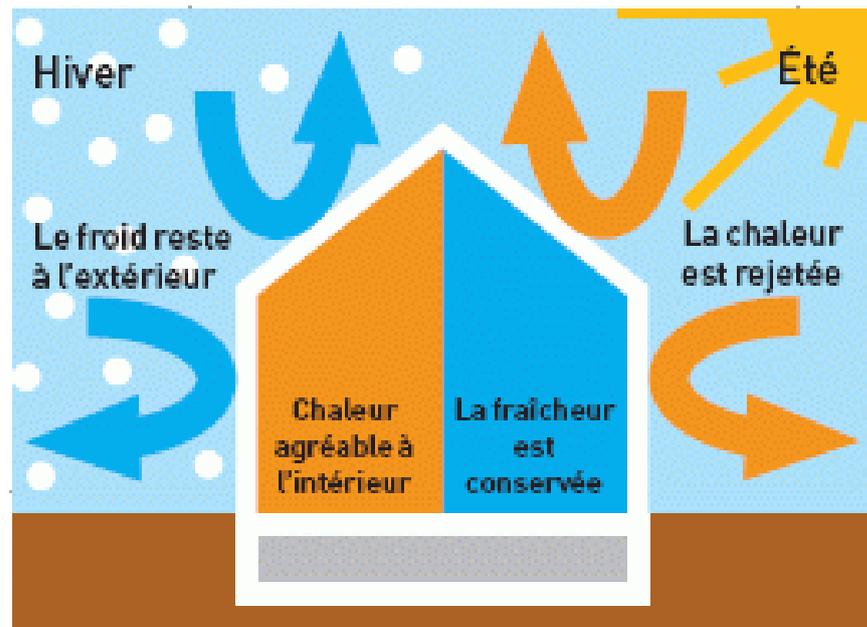


Figure II.5 : L'inertie thermique [47].

II.5.1. Fonctionnement de l'inertie thermique dans le bâtiment:

Le principe repose sur le stockage temporaire de l'énergie thermique [48]:

- Le jour, en période froide, les matériaux lourds absorbent la chaleur solaire ou celle issue du chauffage.
- La nuit, cette chaleur est restituée lentement, maintenant une température ambiante confortable.

Inversement, en période estivale :

- La fraîcheur nocturne est stockée dans les parois massives,
- Cette fraîcheur est diffusée progressivement durant la journée, limitant ainsi les surchauffes.

Ce mécanisme est étroitement lié à la notion de déphasage thermique, soit le temps que met la chaleur pour traverser une paroi. Un bon matériau à forte inertie offre un déphasage de 10 à 12 heures, suffisant pour repousser les pics de chaleur au moment où l'ensoleillement décroît [48].

II.5.2. Matériaux à forte inertie thermique:

Les matériaux favorisant une bonne inertie thermique sont généralement [49]:

- Lourds et denses, capables de stocker une quantité importante d'énergie thermique;

- Exemples : béton, brique pleine, pierre naturelle, briques réfractaires, isolants à haute densité.

Les équipements tels que les radiateurs à accumulation ou les radiateurs à inertie exploitent également ce principe pour optimiser la diffusion de chaleur.

II.5.3. Avantages d'une forte inertie thermique:

a) Économies d'énergie:

Réduction des besoins de chauffage en hiver grâce au stockage des apports solaires passifs. Par exemple, un bâtiment bien exposé peut capter jusqu'à 7,5 kW d'énergie solaire en une journée d'hiver ensoleillée, soit environ 35 kWh d'énergie gratuite [49].

En été, le ralentissement des transferts de chaleur retarde la montée en température intérieure, limitant ainsi l'usage de systèmes de refroidissement.

Moins de fluctuations thermiques = moins de sollicitations des équipements, donc une meilleure durabilité et sobriété énergétique.

b) Confort thermique accru:

- Température intérieure plus constante tout au long de la journée et de l'année.
- Réduction des pics de chaleur et des courants d'air froid.
- Surventilation nocturne (ouverture des fenêtres, ventilation naturelle) permet d'amplifier l'effet de l'inertie en période chaude.
- Les parois massives absorbent les excès de chaleur en journée et préservent la fraîcheur accumulée [50].

II.6. Travaux scientifiques sur l'efficacité thermique de Brique, Parpaing et la Pierre:

II.6.1. Etude Des Propriétés Thermo-Mecanique Des Briques En Terre Gypse Traditionnel (Temchemt) Stabilisée Par Le Ciment Ou Par La Chaux:

Dans le mémoire de Chahma Sabah [51], l'auteure a étudié les propriétés thermo-mécaniques de briques réalisées à base de Temchemt (gypse traditionnel local) stabilisé soit par du ciment soit par de la chaux.

L'objectif de cette recherche était de valoriser les ressources locales en développant des briques à haute performance thermique et mécanique, adaptées au climat chaud de la région d'Ouargla.

L'étude révèle que les briques stabilisées au ciment possèdent de bonnes résistances mécaniques, mais que leurs propriétés thermiques restent relativement faibles. À l'inverse, les briques stabilisées à la chaux présentent des performances thermiques supérieures grâce à une conductivité thermique plus faible et une meilleure résistance thermique. Ces dernières se sont révélées plus efficaces pour assurer le confort thermique dans les bâtiments tout en régulant les échanges de chaleur. Par ailleurs, le mémoire compare également d'autres types de briques, telles que les briques de terre cuite ($\lambda \approx 1.0\text{--}1.15 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) et silico-calcaires ($\lambda \approx 1.2\text{--}1.6 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), confirmant que ces dernières sont moins performantes sur le plan thermique sans adjonction d'isolants.

II.6.2. L'amélioration des performances thermique des habitations en parpaing.

Cas de la ville de Metlili:

Dans le mémoire de Behissa Abdelkader [21], l'étude porte sur l'amélioration des performances thermiques d'habitations construites en parpaing de 15 cm d'épaisseur dans la ville saharienne de Metlili. L'enjeu principal repose sur le fait que le parpaing est un matériau à faible résistance thermique, ce qui engendre un important inconfort thermique, surtout dans les zones désertiques.

L'auteur a mené des simulations numériques à l'aide du logiciel EnergyPlus pour évaluer différents scénarios de réhabilitation thermique. Ces scénarios incluent l'ajout d'une paroi en brique de 10 cm associée à une couche d'isolation de 5 cm sur les murs, ainsi que l'installation de double vitrage et d'un isolant au niveau du plancher.

Les résultats montrent un net gain en confort : un déphasage thermique de 3 à 5 heures selon les conditions climatiques, une stabilisation de la température intérieure tout au long de la journée, et une réduction des écarts thermiques entre l'intérieur et l'extérieur (entre 3 et 6 °C). Le mémoire conclut que l'utilisation d'un isolant tel que le liège ou le polystyrène est indispensable pour pallier les insuffisances thermiques du parpaing, en particulier dans les environnements chauds et secs.

II.6.3. Analyse des propriétés thermique des matériaux de construction à Tamanrasset :

Une étude menée à Tamanrasset a évalué les propriétés thermiques des matériaux de construction traditionnels et modernes. Les résultats ont démontré que les matériaux traditionnels, y compris certaines pierres locales, possèdent une meilleure performance thermique que les matériaux modernes. Ces matériaux traditionnels contribuent à atténuer les effets du climat rude de la région, réduisant ainsi le besoin en climatisation et les émissions de gaz à effet de serre [52].

II.6.4. Etude et analyse des caractéristiques thermo-physiques de la pierre calcaire naturelle de construction :

Une recherche a analysé les caractéristiques thermophysiques de la pierre calcaire naturelle utilisée dans la construction. Les résultats ont révélé que la conductivité thermique de la pierre varie en fonction de sa porosité et de son humidité. Une pierre plus poreuse présente une conductivité thermique plus faible, ce qui améliore son efficacité en tant qu'isolant thermique [53].

II.6.5. Contribution à L'étude du Mode de Fabrication et du Design des Briques en Terre et Leurs Effets sur L'isolation Thermique :

Kriker et Bali (2024) [54], ont analysé les propriétés thermiques de briques en terre crue et cuite, renforcées par des fibres de palmier et du sable de dunes. Les résultats indiquent que l'ajout de 1 à 3 % de fibres améliore les propriétés thermiques des briques, avec une résistance mécanique acceptable, offrant ainsi une solution adaptée aux conditions climatiques sahariennes.

Conclusion:

L'analyse de l'efficacité thermique des matériaux de construction met en lumière la complexité des phénomènes qui conditionnent le confort thermique et la performance énergétique des bâtiments. Il apparaît que la performance d'un matériau ne peut être réduite à sa seule capacité isolante: elle doit également intégrer sa contribution à la régulation thermique (inertie), sa résistance aux transferts thermiques (conductivité), ainsi que son comportement dans les zones de discontinuité (ponts thermiques).

La maîtrise de la déperdition thermique, notamment à travers une conception rigoureuse des parois, des jonctions et des systèmes de ventilation, s'avère indispensable pour réduire la consommation énergétique d'un bâtiment. Par ailleurs, l'exploitation judicieuse de l'inertie thermique des matériaux massifs (comme la brique, le béton ou la pierre) permet non seulement d'optimiser le confort des usagers, mais aussi d'assurer une meilleure stabilité thermique sur le long terme, été comme hiver.

En définitive, l'efficacité thermique constitue une approche intégrée et systémique qui dépasse le simple choix de matériaux: elle implique une réflexion globale sur la conception bioclimatique, la régulation passive de l'environnement intérieur et l'adaptation aux contraintes climatiques régionales. Cette approche sera approfondie dans le chapitre suivant à travers l'analyse comparative des performances thermiques des matériaux traditionnels et modernes dans des contextes climatiques spécifiques.

CHAPITRE III:

PRESENTATION DE CAS D'ETUDE ET RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III: PRESENTATION DE CAS D'ETUDE ET RESULTATS ET DISCUSSION

Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation approfondie du cas d'étude choisi pour cette recherche ainsi que la représentation et la discussion des résultats.

Dans ce cadre, nous présentons l'extension ELHADBA, dont l'objectif est d'identifier les matériaux les plus adaptés pour la construction en zone saharienne qui contribuent également à l'amélioration du confort thermique des occupants tout en réduisant l'empreinte environnementale du bâtiment à l'aide d'une simulation thermique par le logiciel EnergyPlus, dans le but d'évaluer.

III.1. Méthodologie et démarches d'étude :

Pour d'identifier les matériaux les plus adaptés pour la construction en zone saharienne qui contribuent également à l'amélioration du confort thermique des occupants tout en réduisant l'empreinte environnementale du bâtiment, dans le but d'orienter les constructeurs vers le bon choix des matériaux d'enveloppe qui présente notre objectif d'étude nous avons adopté une méthodologie repose sur les étapes suivantes :

1. Analyse du contexte climatique et architectural de cas d'étude :

- Collecte et analyse des données climatiques de la région étudiée (températures, humidité, vent...).
- Description du bâtiment étudié : Situation, paln masse, les plans, les façades....

2. Modélisation thermique d'habitation

Création d'un modèle numérique d'habitation en question dans le logiciel EnergyPlus, incluant les caractéristiques géométriques et thermiques réelles.

- Collecter le fichier climatique : Intégration des données climatiques locales pour la simulation

3. Définition des configurations à évaluer : le même modèle d'habitation est simulé en changeant le matériau d'enveloppe dans chaque simulation, les matériaux choisis pour la simulation sont : la pierre, parpaing et brique.

- Exécution des simulations thermiques pour chaque cas.

4. Évaluation et interprétation des résultats

5. Propositions et recommandations

Formulation de recommandations techniques pour chaque configuration.

III.2. Analyse du contexte climatique et architectural de la zone d'étude :

III.2.1. Situation :

L'extension ELHADBA dans la ville de Metlili est située au Sud de capitale d'Algérie à une distance de 499km et de la wilaya de Ghardaïa à une distance de 45 km, elle couvre une superficie de 7300 Km² et abrite une population de 40983 habitants [21]. Et est repérée par les coordonnées suivantes [21]:

- L'altitude 32° 16' nord
- La longitude 3° 38' Est,
- Altitude de 455m.

Elle est limitée [21]:

- Au nord par : la wilaya d'el Bayadh et les communes de Daya, Bounoura, El Atteuf et Zelfana
- Au sud par : la commune de Sebseb.
- A l'est par: la wilaya de Ouargla
- A l'ouest par : la wilaya d'El Bayadh.

Elle se situe entre le 32° 16 de l'altitude Nord et 3° 38 de longitude Est.

Sur une altitude 455 m du niveau marin, ces terrains sont caractérisés par une chaîne de montagne au tour de la ville, situé sur les rives de l'Oued qui coule au centre-ville partageant la ville en deux parties, Est et Ouest,

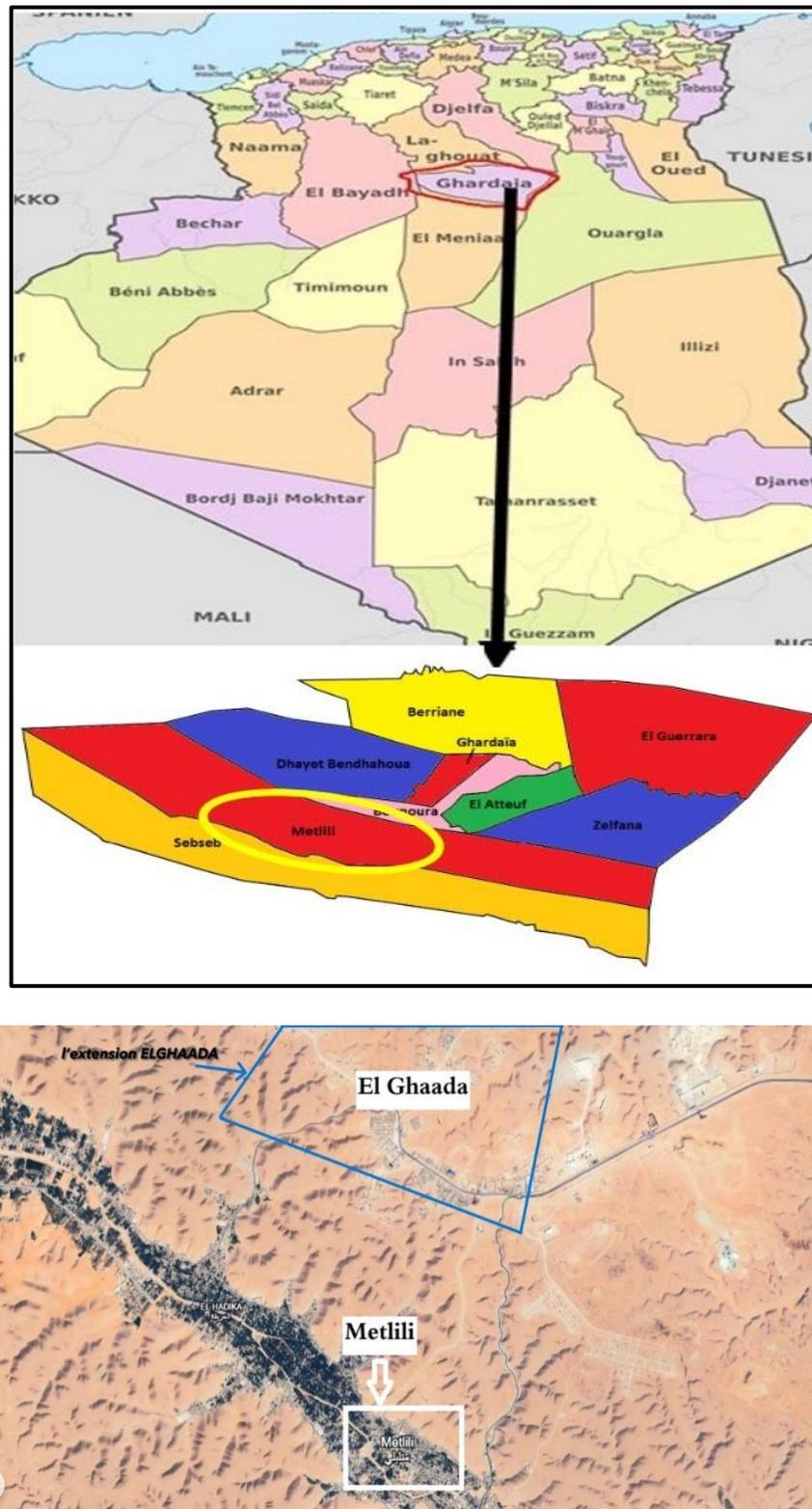


Figure III.1: Carte présente la commune de Metlili, l'extension ELHADBA [21]. (Modifier par l'auteurs).

III.2.2. Les conditions climatiques :

Sur le territoire algérien quatre zones climatiques sont distinguées (A.B.C et D). La zone concernée par notre étude se trouve dans la zone D appelée la zone pré Sahara et Sahara [21].



Figure III.2: Découpage des zones climatique [21].

Tableau III.1: Extrait des caractéristiques de la zone [55].

Zone climatique D	
Variations saisonnières	02 saisons, chaude et froide
Températures	T° Moy. Max : 45° et entre 20-30° en hiver variation saisonnière de 20°. L'effet de la latitude les hivers deviennent de plus en plus froids.
Précipitations	Pluies rares, torrentielles par moments
Humidité	Humidité réduite entre moins de 20% après midi à plus de 40% la nuit
Conditions célestes et rayonnements	Ciel clair pour une grande partie de l'année, rayonnement solaire Intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol.
Végétations	Extrêmement clairsemées
Vents	Généralement locaux, les vents de sable et les tempêtes sont réquents bservé généralement pendant les après-midis.

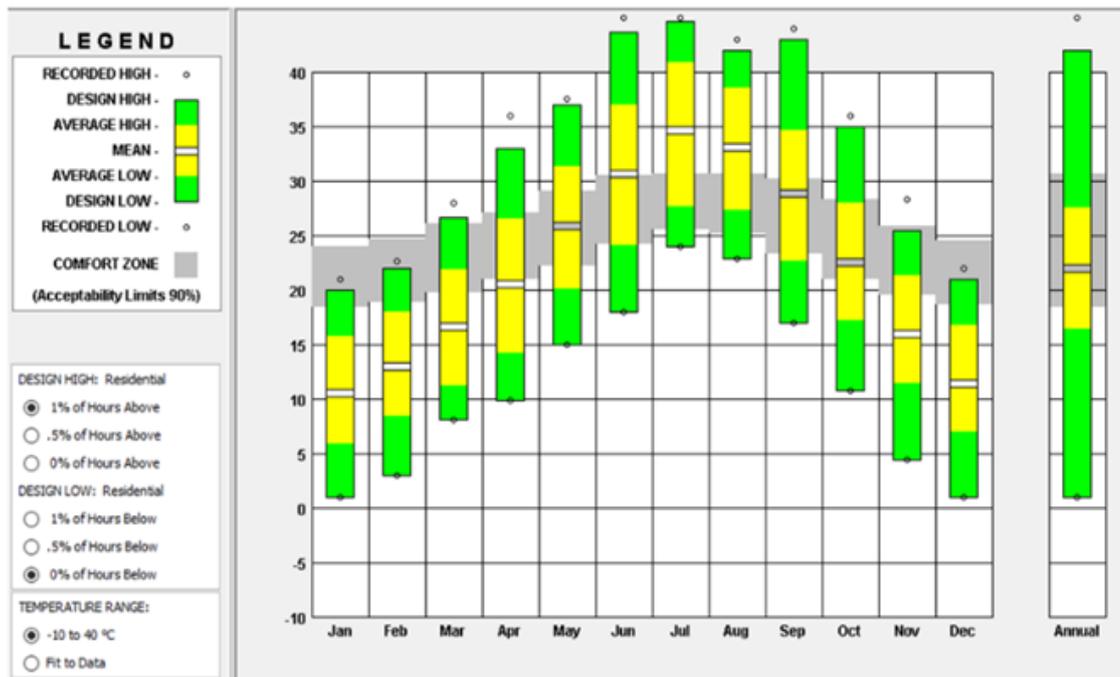
Metlili classé comme Zone climatique D, selon le document technique réglementaire. Jouit d'un climat saharien, avec des hivers froids et des étés chauds et secs. Les précipitations sont très faibles et irrégulières et ne dépassent pas 60 mm annuellement [55].

Les vents hivernaux sont de direction Nord-Ouest marqués par l'humidité. En été, ils sont par contre chauds et forts [55].

III.2.2. Analyse de climatologie de la zone d'étude :

1- Température :

La zone d'étude bénéficie d'un climat désertique chaud (classification BWh selon Köppen-Geiger), caractérisé par des étés très chauds et des hivers doux [57].



Graphe III.1 : la variation de la température durant les 10 années de 2008 à 2018 [57].

On remarque l'existence de deux périodes extrêmes suivantes :

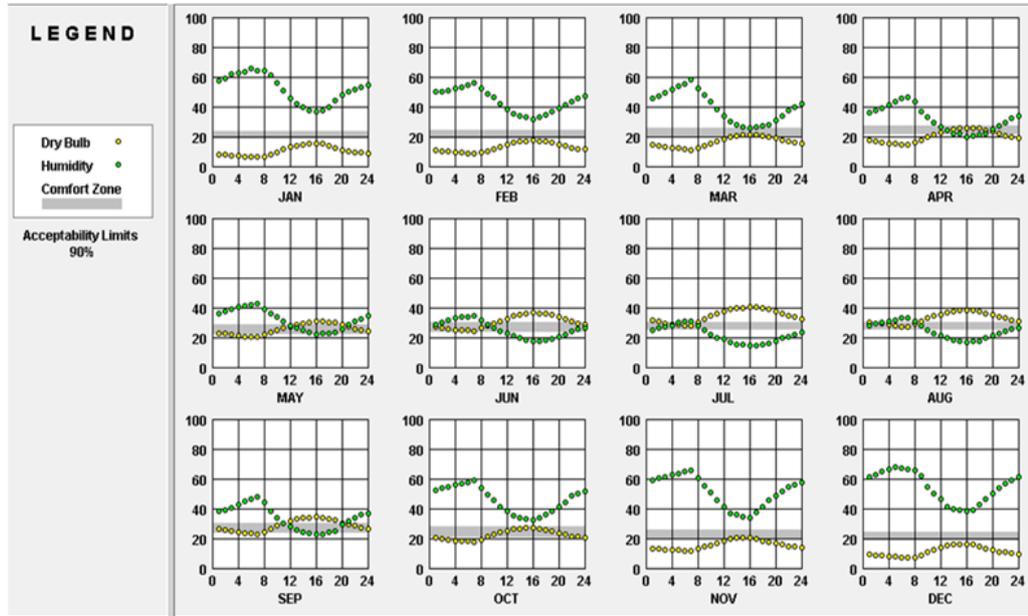
a- Période estivale : commence de la moitié du mois de mai à la moitié du mois de septembre. Caractérisé par des amplitudes entre le jour et la nuit.

En 2018 : La température minimum est enregistrée en janvier avec une valeur de 4.8°C en

b- Période hivernale : commence du mois de d'octobre à la moitié du mois de mars. Caractérisé par des amplitudes entre le jour et la nuit

La température maximum est enregistrée en juillet avec une valeur de 45°C en 2018.

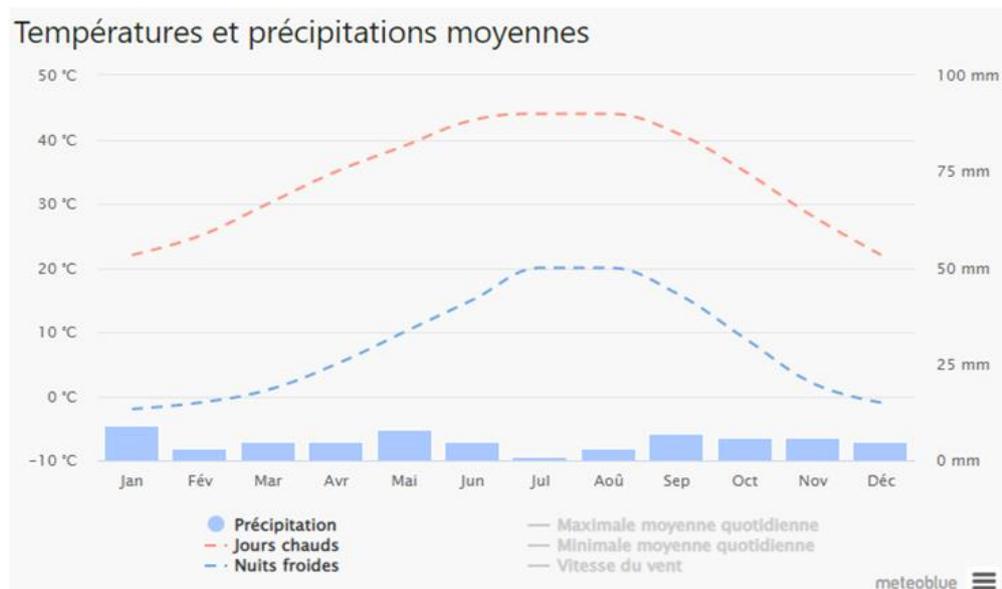
2- Humidité :



Graphe III.2 : La variation mensuelle de l’humidité durant les 10 années de 2008 à 2018 [57].

En 2018 : l’humidité moyenne mensuelle de la région est minimum pendant le mois de juillet avec une valeur de 17 % et maximum pendant le mois de décembre avec une valeur de 49%.

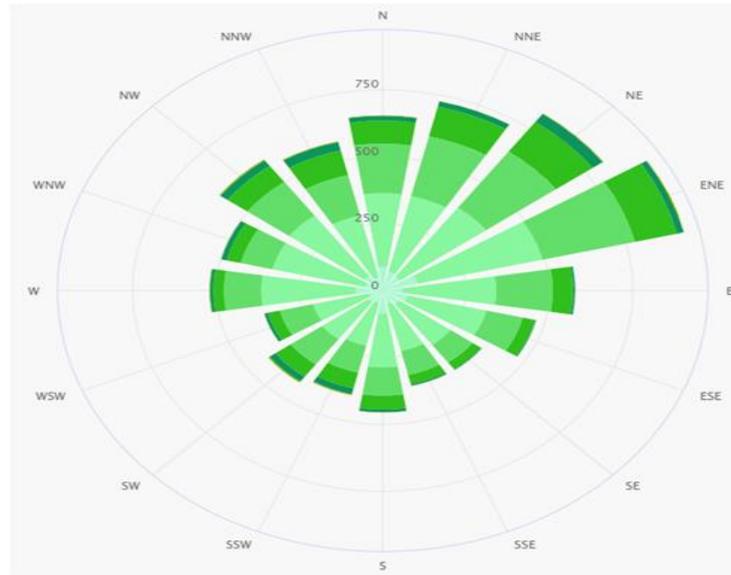
3- Précipitations moyennes :



Graphe III.3 : Température et précipitations moyennes [58].

Durant l'année 2018 on note que le mois de Septembre est le plus pluvieux avec une quantité mensuelle de pluie de 10mm. Par contre le mois de Juillet est le plus sec avec une moyenne de 0 mm.

4- Vents :



Grphe III.4 : Direction et Vitesse des vents [59].

La Rose des Vents montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée. On note que durant l'année 2018, le maximum de la vitesse des vents est enregistré durant le mois de Juin avec une valeur de $270^\circ / 31 \text{ m/s}$.

III.2.3. Choix de Cas d'étude :

Le cas choisi pour notre étude s'agit d'une habitation auto-construite, située dans l'extension urbaine de la ville de Metlili nommé : EL HADABA. Ce choix repose sur plusieurs raisons :

D'après notre investigation sur terrain, la maison présente le modèle plus couramment construit dans la zone étudiée.

- L'accessibilité et la disponibilité des informations techniques relatives à sa réalisation (plans, types de matériaux utilisés, droit d'usage du plan et autorisation de prise de photos) ont facilité l'étude de ce cas.

III.2.4. Présentation de la maison d'étude :

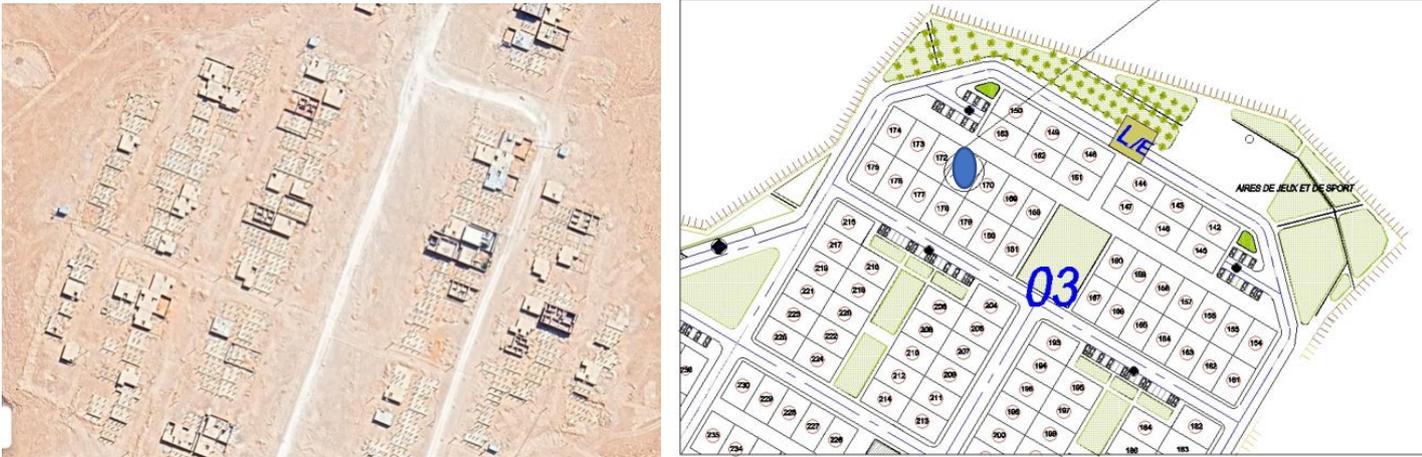


Figure III.3: Situation de la maison [60].

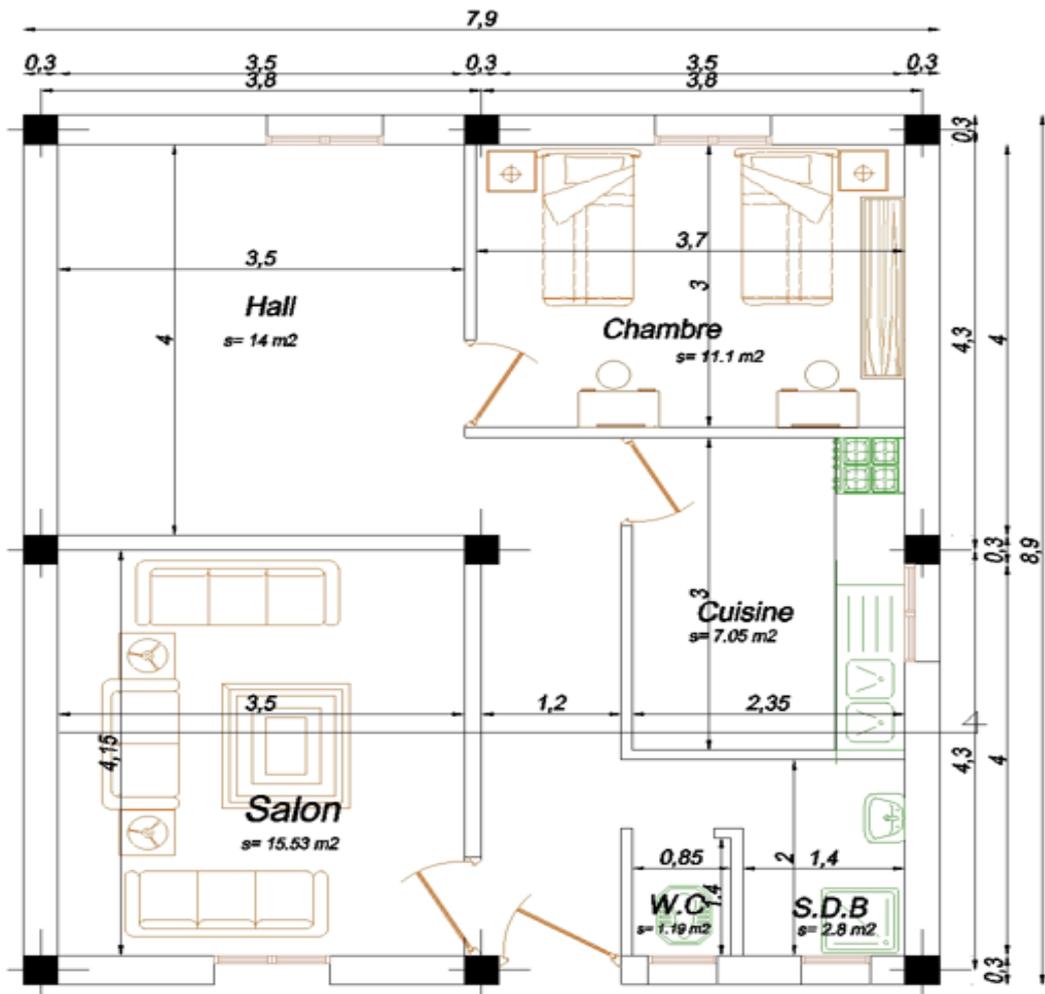


Figure III.4: Plan architectural de la maison [60].

L'habitation se compose d'un rez-de-chaussée (RDC) surmonté d'une terrasse accessible, avec une hauteur sous plafond de 3.06 mètres.

Le rez-de-chaussée abrite un logement comprenant :

- Une chambre,
- Une cuisine,
- Un hall,
- Un salon,
- Une salle de bains avec sanitaire,

Ainsi qu'une cage d'escalier permettant l'accès à la terrasse supérieure.



Figure III.5:
Façades de maisons (Auteurs).



III.3.
Mod

Évaluation thermique du bâtiment

III.3.1. Logiciel EnergyPlus :

EnergyPlus™ est un programme complet de simulation énergétique du bâtiment que les ingénieurs, les architectes et les chercheurs utilisent pour modéliser à la fois la consommation d'énergie—pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage et les charges de branchement et de traitement—et l'utilisation de l'eau dans les bâtiments. Certaines des caractéristiques et capacités notables d'EnergyPlus incluent [62]:

- Solution intégrée et simultanée : des conditions de zone thermique et de la réponse du système CVC qui ne suppose pas que le système CVC peut répondre aux charges de zone et peut simuler des espaces non conditionnés et sous-conditionnés.

- Solution basée sur le bilan thermique des effets rayonnants et convectifs qui produisent des calculs de confort thermique et de condensation des températures de surface.
- Pas de temps sous-horaires, définissables par l'utilisateur pour l'interaction entre les zones thermiques et l'environnement; avec des pas de temps automatiquement variés pour les interactions entre les zones thermiques et les systèmes CVC. Ceux-ci permettent à EnergyPlus de modéliser des systèmes avec une dynamique rapide tout en échangeant la vitesse de simulation contre de la précision.
- Modèle de transfert combiné de chaleur et de masse qui tient compte du mouvement de l'air entre les zones.
- Modèles de fenestration avancés comprenant des stores contrôlables, des vitrages électrochromes et des bilans thermiques couche par couche qui calculent l'énergie solaire absorbée par les vitres.
- Calculs d'éclairement et d'éblouissement pour signaler le confort visuel et les commandes d'éclairage de conduite.
- CVC à base de composants qui prend en charge les configurations de système standard et nouvelles.
- Un grand nombre de stratégies de contrôle CVC et d'éclairage intégrées et un système de script d'exécution extensible pour un contrôle défini par l'utilisateur.
- Importation et exportation d'interface de maquette fonctionnelle pour la co-simulation avec d'autres moteurs.
- Rapports de sortie sommaires et détaillés standard ainsi que des rapports définissables par l'utilisateur avec une résolution temporelle sélectionnable d'annuelle à sous-horaire, tous avec des multiplicateurs de source d'énergie.

III.3.2. Modélisation thermique :

L'évaluation thermique des scénarios d'étude a été suivie d'une simulation de la maison réalisée par le logiciel EnergyPlus calcule le comportement de la zone thermique de l'enveloppe bâtie en régime dynamique selon les étapes suivantes :

1- l'identification de cas d'étude en utilisant IDF Editor

Cette étape a pour objectif d'identifier :

A - La localisation de cas d'étude

B- Les conditions climatiques de la journée de la simulation.

La simulation a été réalisée en deux périodes :

- Une journée représentative de la période hivernale
- Une journée représentative de la période estivale

Les températures sont sélectionnées suivant une analyse de fichier climatique de la région d'étude.

C- Identification des caractéristiques thermo physiques des matériaux de construction

D- la modélisation la maison en utilise le système de coordonnées de vertex (x.y.z).

2- l'identification des variables de la simulation :

Dans cette recherche on a intéressé par la simulation de températures extérieures et intérieures

3- lancé la simulation par EP- Launch

Pour lancer la simulation il faut :

- 1- Importer le fichier IDF construit dans l'étape 2
- 2- Importer le fichier climatique en format EPW (comprend les valeurs du rayonnement solaire, la température ambiante, la vitesse et la direction du vent, et des informations propres au zone d'étude comme : la latitude, la longitude et l'altitude du lieu).

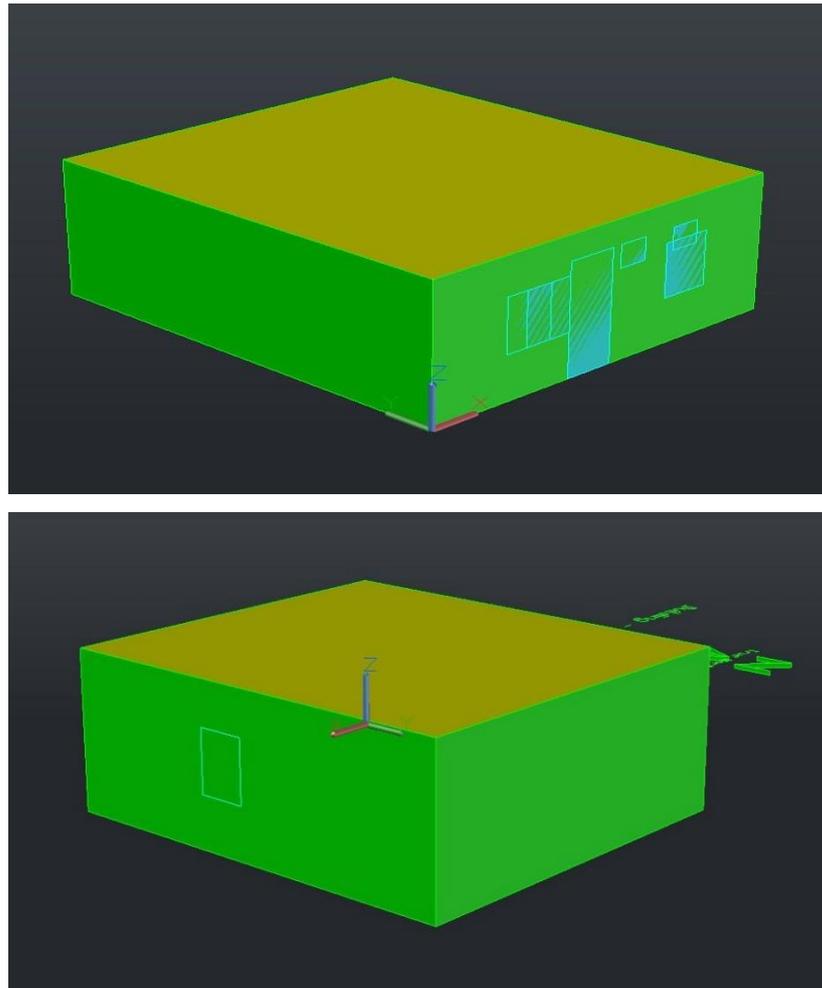


Figure III.6: la modélisation 3D de la simulation (Auteurs).

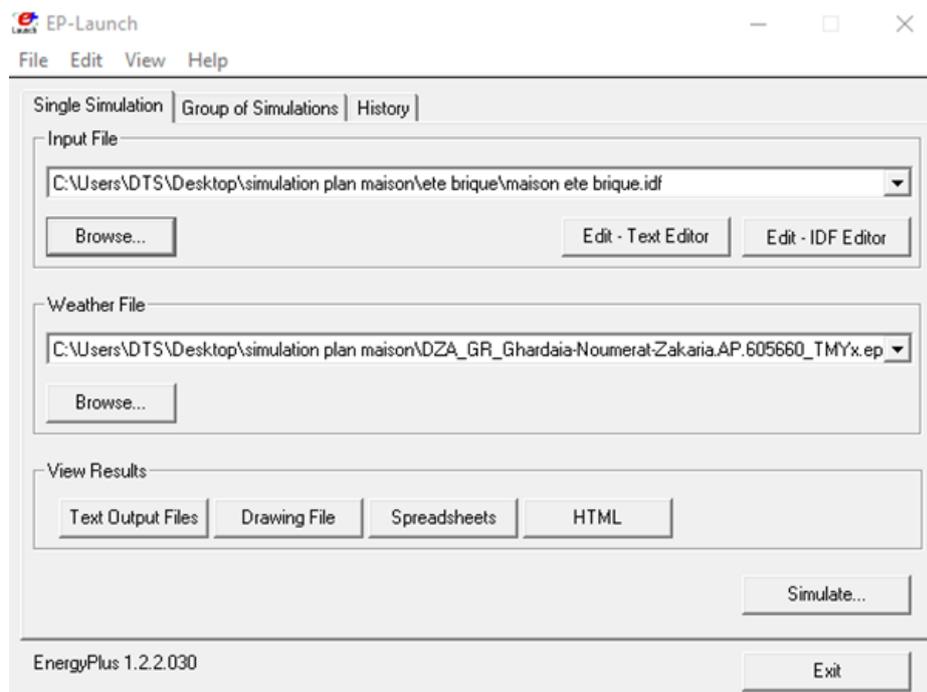


Figure III.7: la simulation par EP- Launch (Auteurs).

III.4. Définition des configurations à simuler :

A- Habitation construit en parpaing

Tableau III.2: Composant et Caractéristiques thermiques de la maison construit en parpaing [61].

	Composantes de l'extérieur vers l'intérieur	L'épaisseur (m)	La conductivité thermique (W/m-K)
Mur extérieur	Enduit en ciment	0,02	1,15
	Parpaing	0,15	1,75
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Dalle flottante	Dalle en béton	0,1	1,45
	Mortier de ciment	0,05	1,4
	Carrelage	0,03	1,2
Planchers	Dalle de compression	0,04	1,45
	Corps creux	0,16	1,2
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Fenêtre	Vitrage simple	0.004	1,10

B- Habitation construit en Brique de 30cm et 15cm d'épaisseur

Tableau III.3: Composant et Caractéristiques thermiques de la maison construit en Brique [61].

	Composantes de l'extérieur vers l'intérieur	L'épaisseur (m)	La conductivité thermique (W/m-K)
Mur extérieur	Enduit en ciment	0,02	1,15
	Brique	0,15 0.15/0.05/0.01	0.44
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Dalle flottante	Dalle en béton	0,1	1,4
	Mortier de ciment	0,05	1,4
	Carrelage	0,03	1,2
Planchers	Dalle de compression	0,04	1,45
	Corps creux	0,16	1,2
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Fenêtre	Vitrage simple	0.004	1,10

C- Habitation construit en pierre :

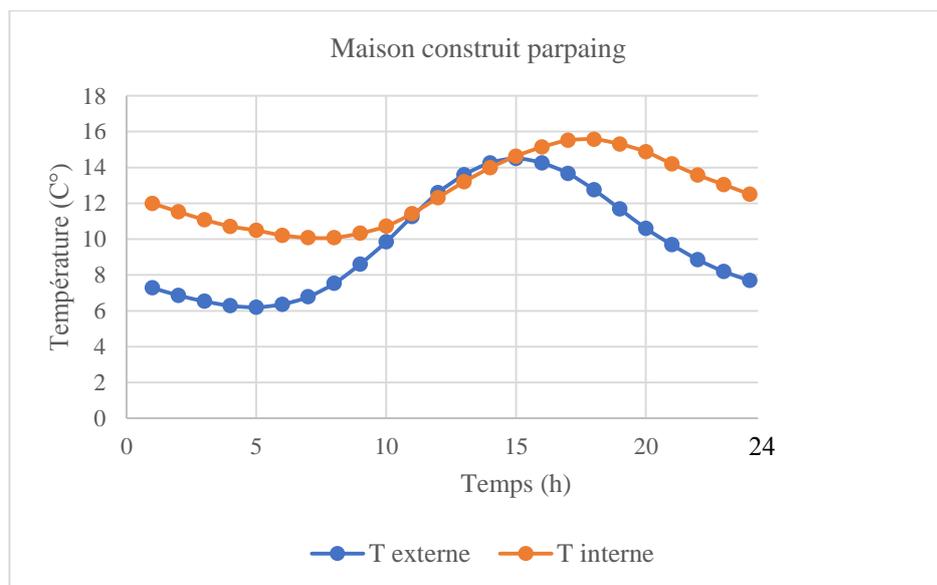
Tableau III.4: Composant et Caractéristiques thermiques de la maison construit en Brique [61].

	Composantes de l'extérieur vers l'intérieur	L'épaisseur (m)	La conductivité thermique (W/m-K)
Mur extérieur	Enduit en ciment	0,02	1,15
	Pierre	0.5	2.4 à 1.4
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Dalle flottante	Dalle en béton	0,1	1,45
	Mortier de ciment	0,05	1,4
	Carrelage	0,03	1,2
Planchers	Dalle de compression	0,04	1,45
	Corps creux	0,16	1,2
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Fenêtre	Vitrage simple	0.004	1,10

III.5. Représentation et discussions des résultats :

1- Résultats de la simulation de la maison durant la période hivernale :

a- Maison construit en parpaing :



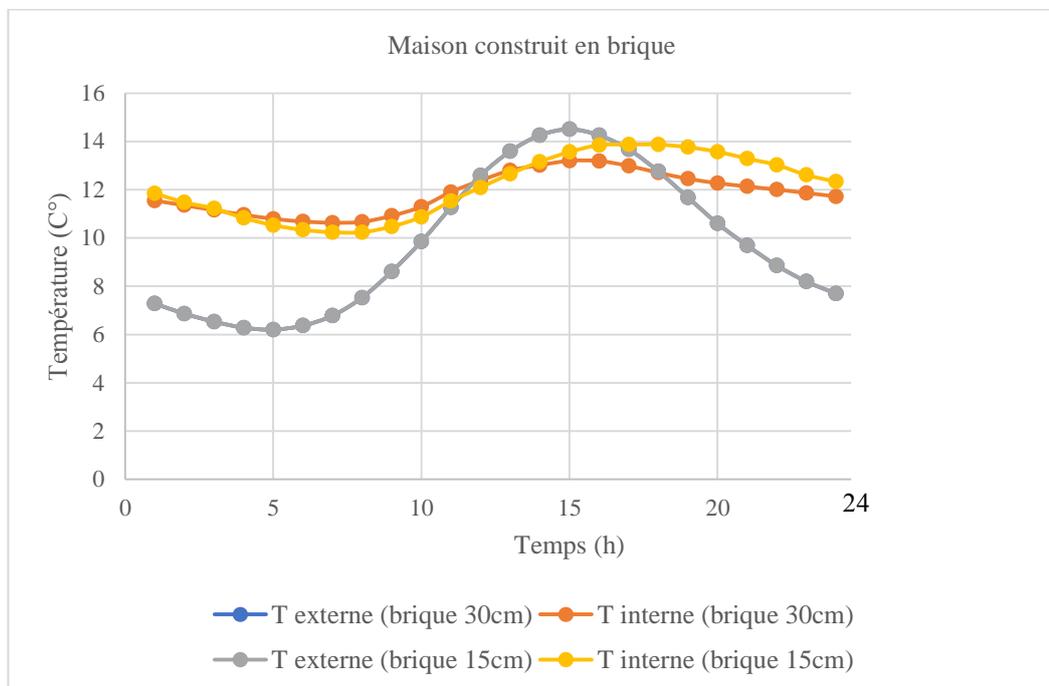
Graphe III.5: Résultats de la simulation de la maison construit en parpaing durant la période hivernale (Auteurs).

Les résultats de la simulation indiquent une fluctuation importante de la température extérieure T1 en trois périodes durant la journée : en baisse de 7.2°C à 6.2°C , en suit une augmentation a un pic chaleur à 15h de 14.5°C en fin une chute remarquable de 7.6°C a minuit.

En parallèle en remarque une variation similaire de la température intérieure T2 a celle T1.

Avec un déphasage de 4h avec un pic chaleur à 18h de 15.5°C .

b- Maison construit en brique :



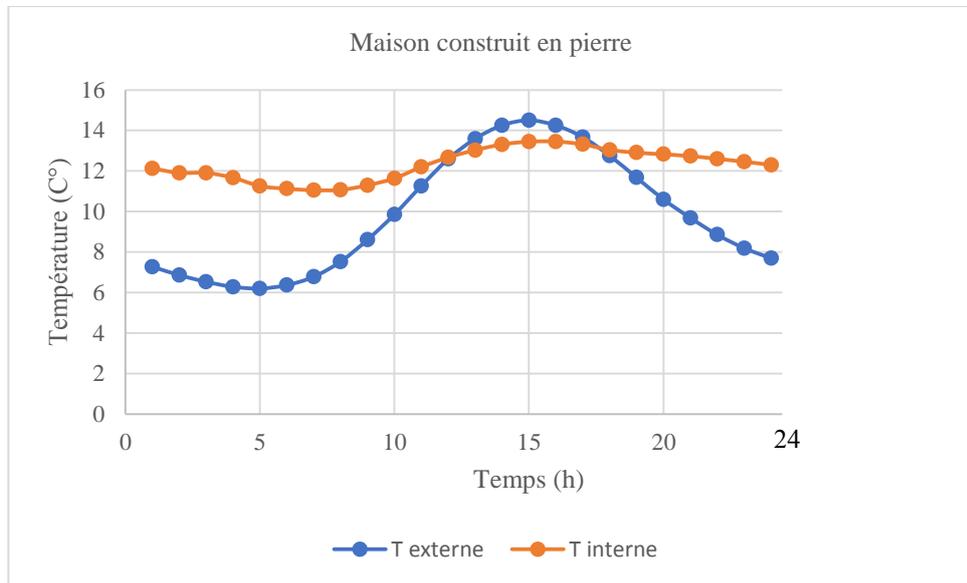
Graphe III.6: Résultats de la simulation de la maison construite en brique durant la période hivernale (Auteurs).

La température extérieure T1 est stable pour toutes les configurations durant la période hivernale.

- Un mur de brique de 30 cm d'épaisseur maintient la température plus stable entre 10°C et 12°C avec un pic de 13.2°C qu'un mur en brique de 15 cm.

c- Maison construite en pierre :

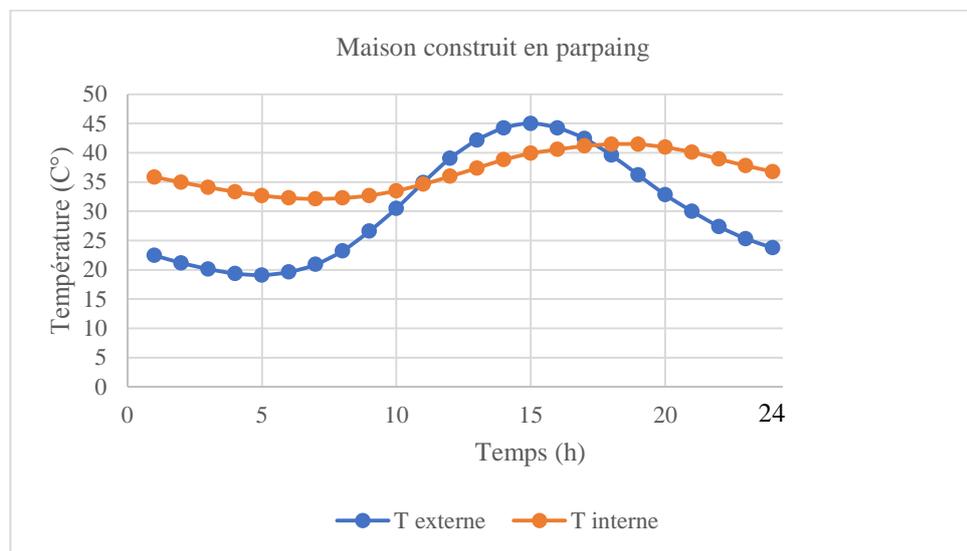
- Malgré la chute de la température enregistrée à l'extérieur de 7.2 C° à 6.2 C° durant la nuit le mur en pierre de 50 cm garantit une température stable d'environ 11 C° ce qui a évité la chute de la température à l'intérieur de la maison.



Graphique III.7: Résultats de la simulation de la maison construite en pierre durant la période hivernale (Auteurs).

2- Résultats de la simulation de la maison durant la période estivale :

a- Maison construite en parpaing :



Graphique III.8: Résultats de la simulation de la maison construite en parpaing durant la période estivale (Auteurs).

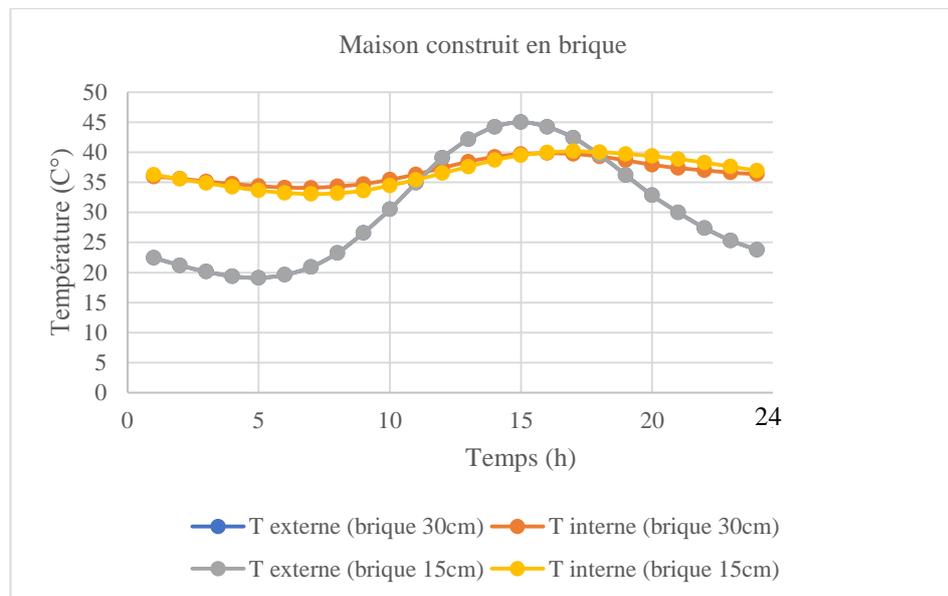
La température intérieure de la maison en parpaing subit de grandes fluctuations parallèlement à celle extérieure ce qui impose une surchauffe interne. Le pic chaleur est enregistré à 18h de 41.45 C° .

b- Maison construit en brique :

- Un mur de brique de 30 cm d'épaisseur maintient la température plus stable entre 35 C° et 34 C°.

La nuit, avec une augmentation à 39.8 C° qui présente un pic chaleur en suite en remarque une diminution à 36.3C° à minuit

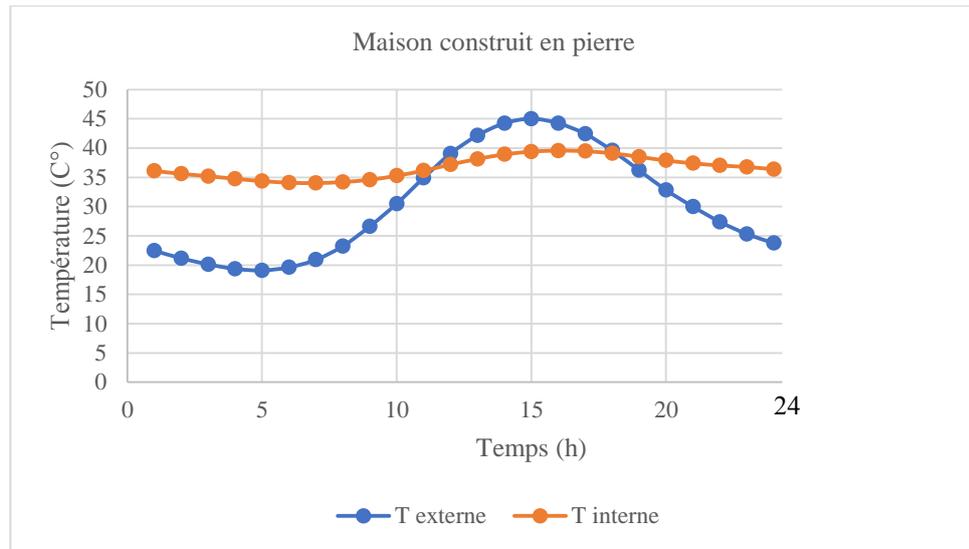
Tandis qu'un mur en brique de 15 cm offre des températures plus élevées que celle d'un mur en brique de 30 cm d'épaisseur avec un pic chaleur que dépasse le 40C°.



Graphique III.9: Résultats de la simulation de la maison construite en brique durant la période estivale (Auteurs).

c- Maison construite en pierre :

L'utilisation d'un mur en pierre de 50 cm d'épaisseur maintient la graduation de la température lente à l'intérieur de la maison avec un pic de chaleur de 39.5 enregistré à 16h.



Graphique III.10: Résultats de la simulation de la maison construite en pierre durant la période estivale (Auteurs).

III.6. Interprétation des résultats :

a- Analyse des Résultats pour la Période Hivernale :

L'étude des données hivernales révèle des comportements thermiques distincts selon les matériaux de construction. Pour la maison construite en pierre, les températures intérieures (T_2) restent relativement stables, variant entre 11,1°C et 13,5°C sur 24 heures. Cette stabilité témoigne d'une bonne inertie thermique, avec une légère baisse nocturne (12,3°C à minuit).

La maison construite en parpaing présente des variations plus marquées, avec des écarts de près de 5°C (de 10,1°C à 15,6°C). Cette amplitude importante s'explique par la faible capacité du parpaing à réguler les transferts thermiques, conduisant à une sur réaction aux fluctuations extérieures.

Les deux configurations en brique montrent des performances intermédiaires mais intéressantes.

Le mur en brique de 30 cm maintient des températures entre 10,8°C et 13,9°C légèrement stable, tandis que le mur en brique de 15 cm d'épaisseur offre des régulations faibles.

b- Analyse des Résultats pour la Période Estival :

Les données estivales mettent en lumière des défis thermiques encore plus prononcés.

La maison en parpaing atteint des pics de température intérieure alarmants (41,5°C à 18h), dépassant largement les seuils de confort. Cette surchauffe s'explique par la faible résistance

thermique du matériau et la conductivité thermique élevée, qui accumule la chaleur diurne pour la restituer en soirée.

Les maisons en brique présentent des profils plus favorables que le parpaing. Un mur en brique de 30cm limite les pics à 39,7°C. La maison construite en pierre, combine une bonne inertie thermique avec une restitution nocturne efficace, affichant des températures comprises entre 34,0°C et 39,6°C.

Un détail notable concerne la vitesse de refroidissement nocturne : la pierre permet un retour à 36,4°C à minuit, contre 36,9°C pour la brique et 37,4°C pour le parpaing. Ces écarts, bien que modestes en valeur absolue, sont significatifs pour le confort des occupants.

L'analyse comparative entre les saisons révèle des constantes intéressantes.

La pierre démontre une performance équilibrée toute l'année, avec des écarts thermiques contenus (2,4°C en hiver, 5,6°C en été). Le parpaing, à l'inverse, montre les plus grandes amplitudes (5,5°C en hiver, 9,3°C en été), confirmant son inadaptation aux climats extrêmes.

Les murs en brique offrent un compromis intéressant, il réduit l'écart estival à 6,9°C pour. Un phénomène remarquable concerne le déphasage thermique : dans tous les cas, le temps de réponse aux variations extérieures reste inférieur à 2 heures, ce qui est insuffisant pour un confort optimal. Ce point souligne la nécessité d'une isolation complémentaire.

Conclusion

Ce chapitre a présenté une analyse détaillée des performances thermiques de différentes configurations de maisons selon les matériaux utilisés (pierre, parpaing, brique standard et brique de 30 cm et de 15 cm) durant les périodes hivernale et estivale.

L'étude compare les performances de différents matériaux (pierre, parpaing, brique) sur 24 heures. Les résultats montrent :

En hiver, la pierre maintient une température stable (11-13,5°C) tandis que le parpaing montre d'importantes variations (10-15,6°C). La brique de 30 cm offre une meilleure régulation.

Car : l'enveloppe composée de brique et de pierre, matériaux à forte inertie thermique, joue un rôle essentiel dans la régulation du confort intérieur. En effet, ces matériaux absorbent la chaleur disponible durant la matinée, limitant ainsi les variations brusques de température à l'intérieur du bâtiment. Grâce à leur capacité à emmagasiner la chaleur (inertie) et à la lenteur de transmission thermique (déphasage), la chaleur accumulée est progressivement restituée en fin de journée et durant la nuit. Ce phénomène contribue à ralentir la pénétration du froid et à maintenir une température intérieure plus stable, réduisant ainsi les chutes thermiques rapides souvent ressenties dans les constructions moins performantes.

En été, le parpaing présente des surchauffes critiques (jusqu'à 41,5°C), alors que la pierre conserve un meilleur équilibre (34-39,6°C). Tous les matériaux présentent un déphasage thermique insuffisant (<2h), nécessitant une isolation complémentaire.

Car : l'enveloppe du bâtiment composée de matériaux à forte inertie thermique, comme la pierre et à faible conductivité thermique comme la brique, se refroidit naturellement pendant la nuit grâce aux températures extérieures plus basses. Ces matériaux stockent la fraîcheur accumulée dans et limitent le transfert de la chaleur à l'extérieure. Le jour venu, cette fraîcheur emmagasinée est progressivement restituée à l'intérieur, ce qui permet de retarder et atténuer la montée en température à l'intérieur du bâtiment.

En fin la pierre et la brique épaisse sont recommandées et une isolation adaptée ainsi des protections solaires sont indispensables. Tandis que le parpaing s'avère inadapté aux climats extrêmes, alors que si son faible coût peut séduire, ses performances thermiques médiocres engendreront des surcoûts importants en climatisation ou chauffage.

Une approche bioclimatique globale, combinant matériaux adaptés avec des solutions d'isolations, permet d'optimiser le confort thermique tout au long de l'année.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

Cette étude approfondie visant à comparer l'efficacité thermique des matériaux de construction dans un contexte climatique saharien extrême a permis de mettre en lumière les performances distinctes de trois matériaux couramment utilisés : la pierre, le parpaing et la brique.

Les résultats obtenus, basés sur des simulations thermiques et des analyses comparatives, fournissent des indications précieuses pour orienter les choix constructifs dans les régions arides, où les exigences en matière de confort thermique et d'efficacité énergétique sont particulièrement critiques.

L'analyse des performances en période hivernale révèle que la pierre, grâce à sa forte inertie thermique, présente une bonne stabilité, avec des températures intérieures variant entre 11°C et 13,5°C malgré des conditions extérieures rigoureuses. Cependant, cette inertie, bien qu'avantageuse en hiver, se révèle insuffisante pour contrer les fortes chaleurs estivales, où la température intérieure peut atteindre près de 44°C.

Le parpaing, quant à lui, affiche les performances les moins satisfaisantes, avec des variations thermiques importantes (de 10,1°C à 15,6°C en hiver et jusqu'à 41,5°C en été), soulignant son inadaptation aux climats extrêmes sans isolation complémentaire. Ces résultats confirment que sa conductivité thermique élevée et sa faible capacité à réguler les transferts de chaleur en font un matériau peu performant dans les zones désertiques.

En revanche, la brique démontre des propriétés thermiques équilibrées, offrant une meilleure régulation des températures en toutes saisons. En hiver, elle limite les baisses nocturnes (ne descendant pas en dessous de 10,3°C), tandis qu'en été, elle atténue les pics de chaleur (avec un maximum de 39,5°C contre 41,5°C pour le parpaing). Cette performance s'explique par sa capacité à ralentir les transferts thermiques tout en bénéficiant d'une masse suffisante pour stocker et restituer progressivement la chaleur. Ces caractéristiques en font une solution particulièrement adaptée aux constructions en zones arides, où les écarts de température entre le jour et la nuit sont prononcés.

Au-delà de la comparaison des matériaux, cette étude met en évidence l'importance d'une approche globale dans la conception des bâtiments. En effet, si le choix des matériaux joue un rôle déterminant, il doit s'inscrire dans une stratégie bioclimatique intégrant d'autres paramètres tels que l'isolation, l'orientation, la ventilation naturelle et les protections solaires.

Par exemple, l'ajout d'une couche isolante (comme le liège ou le polystyrène) aux murs en parpaing pourrait significativement améliorer leurs performances, tandis que l'utilisation de couleurs claires ou de revêtements réfléchissants sur les façades en pierre ou en brique permettrait de réduire l'absorption de la chaleur en été.

Les implications de cette étude sont multiples, tant sur le plan technique qu'environnemental. D'une part, elle confirme la nécessité de privilégier des matériaux à forte inertie et faible conductivité thermique dans les régions soumises à des climats extrêmes. D'autre part, elle souligne l'urgence de repenser les pratiques constructives actuelles, souvent dominées par des matériaux peu performants comme le parpaing, au profit de solutions plus durables et mieux adaptées aux spécificités locales.

Enfin, elle ouvre des perspectives pour de futures recherches, notamment sur l'intégration de matériaux biosourcés ou recyclés, qui pourraient concilier performance thermique, accessibilité économique et réduction de l'impact environnemental.

En conclusion, cette étude comparative démontre que l'efficacité thermique des bâtiments en zones sahariennes repose avant tout sur une combinaison judicieuse de matériaux performants et de techniques constructives adaptées. La brique épaisse, associée à des stratégies passives de régulation thermique, émerge comme la solution la plus prometteuse pour garantir un confort durable tout en limitant la dépendance aux systèmes de climatisation énergivores.

Ces enseignements constituent une base solide pour orienter les futures politiques de construction dans les régions arides, dans une optique à la fois économe en énergie et respectueuse de l'environnement.

References:

- [1] M. Maslin and A. Rodney, *Le changement climatique*. EDP sciences, 2022.
- [2] B. Djamila, "l'impact de la géométrie urbaine sur le confort thermique extérieur (Cas de la ville de Batna)."
- [3] G. Ali, "Problématique de la désertification en Algérie: état et mesures de lutte pour la protection des ressources naturelles," *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*, pp. 167-185, 2006.
- [4] Y. Kadi and A. Korichi, "Évaluation de la performance énergétique du logement collectif dans les zones humides," Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté d'architecture et d'urbanisme, 2024.
- [5] M. Mazari, "Étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public: cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)," 2012.
- [6] H. A. Khadidja, "l'enveloppe architecturale élément de régulation thermique cas des bâtiments administratifs dans les zones arides."
- [7] L. M. Thieblesson, "Élaboration et caractérisation de matériaux issus de ressources locales recyclées ou biosourcées," Université de Rennes; Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 2018.
- [8] H. Tebbani and Y. Bouchaham, "Évaluation du confort thermique extérieur," Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté d'architecture et d'urbanisme, 2017.
- [9] L. Courard, "Matériaux de construction," 2012.
- [10] A. SIRAT, "Matériaux de construction," 2025.
- [11] D. Samri, "Analyse physique et caractérisation hygrothermique des matériaux de construction: approche expérimentale et modélisation numérique," Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, 2008.
- [12] Y. Daani and F. Encadré par Goudjil, "Programmation des Étapes de Calcul de Structures en Béton Armé," Université de echahid cheikh larbi tebessi, 2024.
- [13] M. Nabil and M. Kenza, "Valorisation du sable de dune dans la formulation des mortiers armés de textiles: caractérisation mécanique initiale et après tests de durabilité," Université Mouloud Mammeri, 2024.

-
- [14] A. Mekhermeche, "Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes," 2012.
- [15] F. F. d'Espié, *Manière de rendre toutes sortes d'édifices incombustibles, ou traité sur la construction des voutes, faites avec les briques et du plâtre*. Chez Duchesne, 1754.
- [16] A. Bassoud, H. Khelafi, A. Mokhtari, and A. Bada, "Bâtiments construits en adobe salin, durabilité centenaire et confort thermique dans un climat désertique," in *NOMAD 2022-4e conférence internationale francophone Nouveaux Matériaux et Durabilité*, 2022.
- [17] A. A. Assande et al., "caractérisation physique et mécanique des cuirasses: perspectives d'utilisation en construction en côte d'ivoire."
- [18] O. Coulibaly, F. Kuznik, D. Baillis, and A. Ouedraogo, "Etude de l'influence des matériaux de construction sur les charges de climatisation d'une maison individuelle en climat tropical sec."
- [19] A. Mokhtari, K. Brahim, and R. Benziada, "Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar," *Journal of Renewable Energies*, vol. 11, no. 2, pp. 307–315, 2008.
- [20] T. T. Nguyen, "Contribution à l'étude de la formulation et du procédé de fabrication d'éléments de construction en béton de chanvre," Université de Bretagne Sud, 2010.
- [21] A. Behissa, "l'amélioration des performances thermique des habitations en parpaing. Cas de la ville de Metlili," université Ghardaia, 2023.
- [22] L. Dujardin, "l'utilisation de la pierre dans la construction rurale en Normandie aux époques médiévale et moderne," *In Situ. Revue des patrimoines*, no. 7, 2006.
- [23] J. He, T. Poder, J. Dupras, and H. Enomana, "La valeur économique de la pêche blanche et des services écosystémiques au lac Saint-Pierre: analyse coûts-avantages des stratégies d'adaptation aux changements climatiques," 2016.
- [24] A. L. F. D. De lantiquité, "pierres du patrimoine europeen."
- [25] A. Saifi, "contribution de l'isolation naturelle adaptee aux batiments habites: Cas de la cité résidentielle 172 logements Bouzaaroura à Annaba," 2024.
- [26] W. Makondo, A. Merabtine, S. Pincemin, A. Gademer, J. Podlecki, and R. Garcia, "Capteur multifonctions pour l'évaluation du confort thermique dans les bâtiments," in *congrès français de thermique 2015*, 2015.
- [27] L. Belouar and S. Belkacem, "Étude d'une maison écologique à isolation extérieure (polystyrène expansé)," Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2018.

-
- [28] I. Traoré, "Transferts de chaleur et de masse dans les parois des bâtiments à ossature bois," Université Henri Poincaré Nancy, 2011.
- [29] B. Moujalled, "Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés," Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, France, 2007.
- [30] M. Amerine, H. Berg, and W. V. Cruess, "American Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE handbook," Guide to Sources for Agricultural and Biological Research, vol. 462, 2021.
- [31] G. Images.: "<https://re2020-enligne.fr/comment-consommer-moins-conception-bioclimatique/>."
- [32] C. Martinet and J. Meyer, "Travail à la chaleur et confort thermique," Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), 1999.
- [33] C. Batier, "Confort thermique et énergie dans l'habitat social en milieu méditerranéen," Université de Montpellier, 2016.
- [34] S. M. Perez, "Typologie et uniformisation syntaxique des modes de transfert de chaleur dans le contexte de la thermique du bâtiment," 1990.
- [35] A.-M. Bianchi, Y. Fautrelle, and J. Etay, Transferts thermiques. EPFL Press, 2004.
- [36] S.-E. Ouyahia, "Modélisation de la convection thermique au sein d'une cavité remplie d'un fluide non newtonien chargé en nanoparticules," Faculté de Génie Mécanique et de Génie des Procédés, 2018.
- [37] K. Laskri and A. Ben Ouali, "Evaluation des facteurs de forme de rayonnement thermique," Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2018.
- [38] G. Images. "<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/les-transferts-de-chaleur>."
- [39] M. Alassane, "étude du transfert thermique à travers les parois enveloppes de bâtiment en régime thermique dynamique: principes et calculs."
- [40] Tucoenergie. "<https://www.tucoenergie.fr/lexique/lexique-deperditions-thermiques>."
- [41] K. Zarnovican, "Étude paramétrique par simulation de l'influence de la ventilation naturelle, de l'orientation, de la géométrie et de l'occultation de la fenêtre sur les risques de surchauffe dans une chambre de CHSLD," 2007.
- [42] N. Sotehi, "Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de l'isolation," Univ. Mentouri-Constantine, 2010.
- [43] M. Baille, J.-C. Laury, A. Baille, and G. Sappe, "Influence du matériau de couverture sur les échanges énergétiques d'une serre: étude comparative verre normal-verre à

- faible émissivité. I. Influence sur les déperditions thermiques," *Agronomie*, vol. 3, no. 3, pp. 197-202, 1983.
- [44] hellio. "https://particulier.hellio.com/blog/conseils/deperdition-thermique#:~:text=D%C3%a9perdition%20thermique%20%3A%20une%20fuite%20d,maisons%20et%20appartements%20mal%20isol%C3%a9s."
- [45] J.-L. Izard, "l'inertie thermique dans le bâtiment," *Laboratoire ABC ensamarseille*, 2006.
- [46] I. Ahmari, A. Korichi, F. Gasmi, and S. E. E. A. Krada, "Simulation de l'Impact de l'Inertie Thermique sur la Consommation Énergétique d'un Bâtiment Résidentiel dans un Climat Méditerranéen," *Revue Nature et Technologie*, vol. 11, no. 2, pp. 12-27, 2019.
- [47] B. Slama. "l'inertie thermique: <https://www.bbs-slama.com/linertie-thermique-quesaco/>." (accessed.
- [48] G. J. D. Kiki, A. C. Houngan, C. Kouchade, A. Djossou, P. Andre, and A. Vianou, "Amélioration du confort thermique des bâtiments par utilisation de l'inertie thermique des composites argile-paille de chiendent," in *congrès annuel de la société française de thermique*, 2020.
- [49] D. Medjelakh and S. Abdou, "Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment," *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 11, no. 3, pp. 329-341, 2008.
- [50] T. Catalina, J. Virgone, J.-J. Roux, and E. Blanco, "Effet de l'inertie thermique, de la surface vitrée et du coefficient de forme sur les besoins en chauffage d'une habitation," in *Congrès IBPSA*, 2008, p. On CD.
- [51] S. Chahma, "Etude Des Propriétés Thermo-Mecanique Des Briques En Terre Gypse Traditionnel (Temchemt) Stabilisée Par Le Ciment Ou Par La Chaux," *université kasdi merbah ouargla*.
- [52] T. Pestre, S. Sayagh, F. Brachelet, D. Pallix, and E. Antczak, "Etude et analyse des caractéristiques thermo-physiques de la pierre calcaire naturelle de construction," in *Conférence IBPSA France–Reims–2020*, 2020.
- [53] Z. Chelghoum and A. Belhamri, "Analyse des propriétés thermiques des matériaux de constructions utilisés dans la ville de Tamanrasset," *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, no. 33, pp. 47-56, 2011.

-
- [54] B. Youcef, "Contribution à l'étude du Mode de Fabrication et du Design des Briques en Terre et Leurs Effets sur l'isolation Thermique," Université Kasdi Merbah Ouargla, 2024.
- [55] D. Laouar, S. Mazouz, and J. Teller, "l'accessibilité spatiale comme indice de fragmentation urbaine dans les villes coloniales. Le cas de la ville d'Annaba," Cybergeog: European Journal of Geography, 2019.
- [56] E. Zigh, A. Elhoucine, A. Mallek, M. Kadiri, K. Belkacem, and T. Ensari, "Smartphone learning for Kids edutainment," in Proceedings of the 3rd International Conference on Networking, Information Systems & Security, 2020, pp. 1-5.
- [57] La station de la météo GHARDAIA NOUMERATE.
- [58] https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/metlili-chaamba_algerie_2487620, consulté le 10/06/2023.
- [59] https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/metlili-chaamba_algerie_2487620, consulté le 10/06/2023, consulté le 10/06/2023.
- [60] Bureau d'études technique d'urbanisme et d'aménagement urbain, Metlili-Ghardaia.
- [61] DTR C 3-2 : Document technique règlementaire. En ligne : https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/bougriou_cherif/files/dtr_c3-2_deperditions_calorifiques_2.pdf, Consulté le : 05-04-2025 .
- [62] <https://energyplus.net/>

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة غرداية

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Hydraulique et Génie Civil

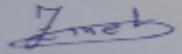


كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

Université de Ghardaïa

Filière : Génie Civil
Spécialité : Structures

Autorisation d'impression d'un mémoire du Master

Les membres du jury	Nom et prénom	Signature
Le président de jury	DEHANE Sara	
Examineur	LAROUÏ Abdelbasset	
Encadrante	Matallah Zineb	

Je soussigné M^{me} : DEHANE Sara

Présidente de jury des étudiants :

1. Tahar Mohammed Amine
2. Houtia Khaled

Thème

Etude comparative de l'efficacité thermique des matériaux de construction. Cas de l'extension ELHADABA

J'autorise les étudiants mentionnés ci-dessus d'imprimer et déposer leur manuscrit final au niveau du département.

Président de jury



Le chef de département



التعليم العالي والبحث العلمي
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية