



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

N°d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري و الهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine:ST

Filière: Génie Civile

Spécialité: Structures

Thème :

L'amélioration des performances thermique des habitations en parpaing. Cas de la ville de Metlili

Déposé le : 19/06/2023

Par :

BEHISSA Abdelkader

Évalué Par le jury composé de :

Mr : Aziez. MN

M.C.B

Univ Ghardaia

Président

Mr : Laroui. A

M.A.A

Univ Ghardaia

Examineur

Mme : Matallah. Z

M.A.A

Univ Ghardaia

Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

المخلص:

يتضمن البحث المقدم، إعادة التأهيل الحراري لمنزل مبني بالقوالب الإسمنتية بسمك 15 سم، يقع في مدينة متليلي الشعانية، الهدف من الدراسة هو تحسين الأداء الحراري داخل مساحات المعيشية في المنزل، حيث أن غلاف المنزل مشيد من مواد ذات مقاومة حرارية منخفضة، مما يؤدي إلى مشكل عدم توفر الراحة الحرارية داخل المبنى .

ولتحقيق هدفنا في هذه الدراسة، قمنا بتعديل الواجهة الخارجية للجدار و السقف من خلال:

- إضافة طبقة عازلة مقاسها 5 سم وإضافة جدار من القرميد سمكه 10 سم على الجدران في الجهة الخارجية.

- بالنسبة لسطح السقف قمنا بإضافة طبقة من الرغوة المعدنية العازلة للحرارة .

- استخدام الزجاج المزدوج في النوافذ .

أظهر تقييم سيناريوهات إعادة التأهيل المقترحة باستخدام برنامج المحاكاة Energy Plus ما يلي:

- تتمثل الفائدة في تحول كبير في الطور الحراري من 3 ساعات إلى 5 ساعات يتفاوت حسب الظروف المناخية الداخلية والخارجية خلال السنة.

- درجة الحرارة الداخلية تكاد تكون ثابتة طوال اليوم خلال فترتي الصيف والشتاء، مع نطاق كبير من 3 درجات مئوية إلى 6 درجات مئوية بين الداخل والخارج.

- يوفر استخدام عازل الفلين نفس الأداء الحراري مع اختلاف بسيط قدره 1 درجة مئوية عن عازل البوليسترين، مما ساعد على تقليل سرعة التدفقات الحرارية الخارجية، عن طريق تقليل اختراقها في الداخل خلال فصل الصيف والحد من نقل الحرارة إلى الخارج خلال فصل الشتاء.

- توفر النتائج للعميل خيارين فعالين بسعر مناسب لميزانيته.

الكلمات المفتاحية :

إعادة التأهيل الحراري ، العزل الحراري، برنامج Energy Plus.

Résumé :

La présente recherche, s'agit d'une réhabilitation thermique de l'enveloppe d'une habitation construit en parpaing de 15cm d'épaisseur, située dans la ville de Metlili, dont l'objectif d'étude est d'améliorer la performance thermique à l'intérieur des espaces de vie de la maison, car l'enveloppe bâtie est construit par des matériaux d'une faible résistance thermique, ce qui a engendré une situation d'inconfort.

En effet, pour répondre à notre objectif d'étude on a intervenu sur l'interface externe de l'enveloppe Mur/ plancher par :

- L'ajout d'une couche d'isolation de 5 cm avec une paroi en brique de 10 cm au niveau des murs.
- une couche d'isolation type synthétique au niveau du plancher.
- L'utilisation d'un double vitrage.

L'évaluation des scénarios de réhabilitation proposés fait à l'aide de logiciel Energy Plus, a montré :

- le bénéfice d'un déphasage thermique important de 3 h à 5h qui varie selon les conditions climatique interne et externe durant l'année.
- La température interne de l'habitation est presque constante tout au long de la journée et durant les deux périodes estivale et hivernale, avec une grande amplitude de 3 °C à 6 °C entre l'intérieur et l'extérieur.
- L'utilisation d'une isolation de liège expansé offre des performances thermiques identiques à une différence faible de 1C° à celles de polystyrène, qui il a permis de ralentir les apports thermiques extérieurs, en diminuant leur pénétration à l'intérieur durant l'été et limité les transfère de la chaleur à l'extérieur durant l'hiver.
- Les résultats offres au client un double choix efficace a un prix convenable à leur budget.

Mots clés :

Réhabilitation thermique, l'enveloppe bâtie, Isolation thermique, logiciel Energy Plus.

Abstract

The present research involves the thermal rehabilitation of the envelope of a house built of 15cm-thick cinder-block, located in the town of Metlili. The objective of the study is to improve the thermal performance inside the living spaces of the house, as the built envelope is constructed of materials with low thermal resistance, which has led to a situation of discomfort.

To meet our study objective, we intervened on the external interface of the wall/floor envelope by :

- Adding a 5 cm layer of insulation with a 10 cm brick wall at wall level.
- a layer of mineral insulation on the floor.
- The use of double glazing.

Evaluation of the proposed rehabilitation scenarios using Energy Plus software showed :

- the benefit of a significant thermal phase shift of 3 h to 5 h, which varies according to internal and external climatic conditions throughout the year.
- The internal temperature of the dwelling is almost constant throughout the day and during both the summer and winter periods, with a large amplitude of 3°C to 6°C between inside and outside.
- The use of expanded cork insulation offers thermal performance identical to that of polystyrene, but with a slight difference of 1°C. This has enabled us to slow down external heat gains, reducing their penetration into the interior during the summer and limiting heat transfer to the exterior during the winter.
- The results offer customers an effective double choice at a price that suits their budget.

Key words :

Thermal rehabilitation, building envelope, thermal insulation, Energy Plus software

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents ;

A ma famille ;

A tout mes amis chacun avec son nom ;

A tout mes enseignants ;

Mon infinie gratitude et ma reconnaissance

remerciement

Tout d'abord, je remercie Dieu tout-puissant de m'avoir donné la santé et la volonté et de terminer ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur, Mme MATALLAH.

Je le remercie de m'avoir encadré, aidé et guidé tout au long de ce mémoire, et je le remercie pour sa confiance ses remarques et ses conseils.

Je voudrais également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous mes enseignants du département d'hydraulique et génie civile à l'université GHARDAIA.

Enfin, ces remerciements ne sauraient être complets si n'y incluais ma famille pour leur soutien moral et la motivation tout au long de mes études et mes amis pour leur soutien, leur confiance et leur encouragement tout au long de ces années.

Merci à tous ceux qui nous ont donné un mot ou une aide.

Merci beaucoup à tous

Liste des tableaux :

Tableau III-1 : Extrait des caractéristiques de la zone D. (Source : Mazouz. S., 2004).	48
Tableau IV-1: Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction (cas initial) .(Source : Donnée consultée dans l'état de l'art).	58
Tableau IV -2: Les caractéristique thermique des matériaux de construction (cas amélioré) .(Source : Donnée consultée dans l'état de l'art).....	59
Tableau IV-3: Comparaison entre le liège et le polystyrène. (Source: Auteur).	68
Tableau I0-4 : Devis estimatif et quantitatif de Réhabilitation .(Source: Auteur)	70

Liste des figures :

Chapitre I

Figure I-1 Modes d'échanges thermiques. (Source : http://www.epfl.ch/enerbat) .	8
Figure I-2 Principe de la convection .(Source : pressbooks.nsc.ca/heatlightsound/chapter).	9
Figure I-3 Principe du rayonnement .(Source : www.estusmba.ac.ma .cours enligne. transfert thermique 2020).	9
Figure I-4 Principe de la conduction.(Source: les principes de la thermique dans l'habitat 2019/07/16)	10
Figure I-5 Température de confort. (Source : Hauglustaine (2006)).	11
Figure I-6: Relations entre les paramètres de confort et les modes d'échange de chaleur .(Source : M. Frenot & al. (1979). Op.Cit. p. 19).	12
Figure I-7 : Température optimal en fonction de l'activité et de l'habillement .(Source : CZürcher, T Frank Physique du bâtiment 2014)	13
Figure I-8: Zone de confort selon le diagramme de Givoni .(Source : Givoni, B. « L'homme, l'architecture, le climat » (1978))	15
Figure I-9: Stratégie du froid .(Source : merzeg 2010)	18
Figure I-10: Stratégie du chaud .(Source :merzeg 2010).	19

Chapitre II

Figure II-1 : Les types d'isolation de mur .(Source : www.ppr.fr isolation thermique 2018).	32
Figure II-2: Isolation de plancher terrasse .(Source : Yann Butillon isolation coulée 2023).	32
Figure II-3: Fenêtre double vitrage .(Source : www.conformhabitat.com fenetres dv renovation)	33
Figure II-4: Matériaux de construction des murs .(Source : Auteur).	33
Figure II-5: Protections solaires, saisons et orientations. (Source: Claire Caron juin 2005).	36
Figure II-6: vitrage haut performance .(Source : www.conseilsthermiques.org , choisir fenetres. octobre 2021)	38
Figure II-7; Réaction d'un local à inertie forte et d'un local à inertie faible en présence d'apports solaires. (Source : A.de Herde & al (2005))	39
Figure II-8: Le fonctionnement et les avantages du système de façade ventilée (Source: www.cupapizarra.com façade ventilée 2019)	40
Figure II-9: Les bienfaits d'isolation .(Source : isolation-thermique.org conseils).	41
Figure II-10: Isolation par intérieur et par extérieur .(Source: www.ma-maison-container.fr isolation 2021)	42

Chapitre III

Figure III-1: Carte présente la commune de Metlili .(Source : https://gifex.com/ modifier par l'auteur).	47
Figure III-2: Découpage des zones climatique. (Source : www.mem-algeria.org).	48
Figure III-3: Carte de la première étape (avant le colonialisme) .(Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur).	49
Figure III-4: Carte de la deuxième étape (la période coloniale) .(Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur).	50
Figure III-5: Carte de la troisième étape (après l'indépendance) .(Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur).	50

Figure III-6: Carte de La quatrième étape (1990-2019) .(Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur).....	50
Figure III-7: Deux photos présente façade de maison .(Source : Auteur).....	51
Figure III-8: Plan architectural de maison .(Source : BTP RAOUDI).....	52
Figure III-9: Illustration satellite de cas d'étude (Source : google map)	52
Figure III-10: Plan de situation de maison .(Source : BTP RAOUDI).....	53
Figure III-11: Plan de masse de maison .(Source : BTP RAOUDI)	53
Chapitre IV	
Figure IV-1: Modélisation en 3D de cas d'étude par Google Sketch Up .(Source: Auteur).....	57
Figure IV-2: Schéma de la proposition d'isolation des murs extérieurs .(Source: Auteur).....	59
Figure IV-3: la simulation par EP- Launch. . (Source : Auteur).....	60

Liste des graphes :

Graphe IV-1: Résultats de la simulation des conditions réelles durant la période hivernale (Source : Auteur)	61
Graphe IV-2: Résultats de la simulation des conditions réelles durant la période estivale (Source : Auteur)	62
Graphe IV-3: Résultats de la simulation de cas amélioré par l'usage des panneaux de polystyrène durant la période hivernale (Source : Auteur)	64
Graphe IV-4: Résultats de la simulation de cas amélioré par l'usage des panneaux de liège durant la période hivernale (Source : Auteur)	64
Graphe IV-5: Résultats de la simulation de cas amélioré par l'usage des panneaux de polystyrène durant la période estivale (Source : Auteur)	66
Graphe IV-6: Résultats de la simulation de cas amélioré par l'usage des panneaux de liège durant la période estivale (Source : Auteur)	66

Sommaire

Résumé :	II
Abstract.....	III
Dédicace :	IV
remerciement	V
Liste des tableaux :	VI
Liste des figures :.....	VII
Liste des graphes :.....	IX
Sommaire.....	X
Introduction général :.....	2
Problématique :	3
Hypothèses :.....	4
Objectifs :.....	4
Méthodologie et structure de travail :.....	5
Chapitre I : Le Confort thermique dans le bâtiment.....	7
Introduction :.....	7
I Le confort thermique :	7
I.1 Définitions :.....	7
II Les échanges thermiques :	8
II.1 La convection :	8
II.2 Le rayonnement :.....	9
II.3 La conduction :	10
II.4 L'évaporation :	10
III Les paramètres de confort thermique :	10
III.1 Les paramètres du confort thermique liés au cadre bâti :.....	10
III.2 Les paramètres de confort liés aux occupants des locaux	12
IV Evaluation et norme du confort thermique :	14
IV.1 Diagrammes de confort	14
IV.2 Logiciels de simulation thermique :	15
V Le confort thermique dans l'habitation.....	17
V.1 Définitions de l'habitation :.....	17
V.2 Rôle de confort thermique dans l'habitat :	17

V.3	Confort d'été (stratégie du froid).....	18
V.4	Confort d'hiver (stratégie du chaud)	18
VI	La réglementation thermique en Algérie :	19
VI.1	Calcul des déperditions thermique :	20
VI.2	Calcul de bilan thermique :	21
	Conclusion :	22
Chapitre II	: La Réhabilitation thermique dans l'habitation	24
	Introduction :	24
I	Etat de l'art :	24
I.1	Article consulté :	24
I.2	Mémoire consultés :	28
I.3	Synthèse :	30
II	La réhabilitation thermique.....	30
II.1	Définition :	30
II.2	Objectifs de réhabilitation :	30
III	La réhabilitation thermique de L'enveloppe du bâtiment :	31
III.1	Définition :	31
III.2	Composantes :	32
IV	Les facteurs influant sur la performance thermique de l'enveloppe :	33
IV.1	Facteurs influant sur les murs :	33
IV.2	Facteurs influant sur les planchers :	34
IV.3	Facteur influant sur les fenêtres :	34
V	Solutions bioclimatique d'amélioration de confort thermique dans l'habitation :	35
V.1	Protections solaire :	35
V.2	Proportion de surface vitrée :	36
V.3	Propriétés des vitrages :	37
V.4	Vitrage à haute performance :	38
V.5	L'inertie thermique :	39
V.6	Les façades ventilées :	39
V.7	Isolation thermique :	40
	Conclusion.....	43
Chapitre III	Présentation de cas d'étude.....	45
	Introduction	45

I	La situation géographique et astronomique de la ville de Metlili:	45
II	Les conditions climatiques :	48
III	Evolution urbaine de la ville de Metlili :	49
III.1	La première étape (avant le colonialisme) :	49
III.2	La deuxième étape (la période coloniale) :	49
III.3	La troisième étape (après l'indépendance):	50
III.4	La quatrième étape (1990-2019) :	50
IV	Choix de la maison d'étude :	51
V	Présentation de la maison d'étude :	51
VI	Situation géographique :	53
VII	Description de la maison d'étude :	54
	Conclusion.....	54
Chapitre IV	: Représentation et discussion des résultats	56
	Introduction :	56
I	Méthodologie de travail :	56
II	Etapas de la simulation par EnergyPlus :	57
II.1	Modélisation de cas d'étude par Google Sketch Up :	57
II.2	L'identification de cas d'étude en utilisant IDF Editor :	58
II.3	Lancé la simulation par EP- Launch :	60
III	Représentation et discussion des résultats :	61
III.1	- La simulation de conditions réelles de cas d'étude :	61
III.2	Interprétation et discussions des résultats :	63
III.3	-La simulation de la proposition de la réhabilitation :	64
III.4	Interprétation des résultats.....	67
IV	Comparaison entre les isolantes (liège et le polystyrène) :	68
	Conclusion.....	70
	Conclusion générale :	72
	Bibliographie :	74

Introduction générale

Introduction général :

L'efficacité énergétique du pétrole, du charbon, du gaz naturel, du nucléaire a permis une véritable révolution technique dans les modes de vie, de déplacement, de production et de consommation. Ces changements sociaux et économiques ont conduit l'homme à exploiter massivement des ressources naturelles accumulées dans le sol durant des millions d'années.

Cependant, ces énergies dites « fossiles » existent en quantité limitée. De plus, leur utilisation intensive provoque d'importants rejets de gaz à effet de serre, qui influent directement sur le climat et l'environnement, par conséquence responsables du problème mondial dit : changement climatique, qui présente l'objet des conférences cop 27, Ou les intervenants ont recommandé le recours à des solutions durable ,qui représente une priorité très urgente, pour répondre aux problématiques de la production massive d'énergie qui provoque le dégagement de CO2.

A cet égard, le changement climatique à rendre le climat très dur, ce qui a conduit l'homme à consommer massivement l'énergie pour : produire la fraîcheur durant l'été et le chauffage durant l'hiver à l'aide des appareils électriques. Cependant le contrôle de climat extérieur preuve être assurer par l'usage des solutions bioclimatiques, qui ayant une capacité d'isoler l'environnement interne du bâtiment par apport la fluctuation de la température à l'extérieur et améliorer de confort thermique qui représente l'un des facteurs primordial à assurer dans le bâtiment.

Aujourd'hui, grâce à l'efficacité des outils de simulation, les acteurs du domaine de la construction ayants l'avantage d'évalué le rendement des solutions passives d'amélioration thermique de l'environnement bâti avant de les intégrer, ce qui permet d'accroître un niveau de confort acceptable a une faible consommation énergétique.

Problématique :

Dans ce contexte le type d'habitation auto-construit en parpaing situé dans la ville de Metlili pose un problème d'inconfort lié d'un part à une faible résistance thermique des matériaux de construction d'enveloppe et d'un autre à la dureté de climat chaud et sec de la région saharienne.

Le secteur résidentiel est à l'origine de 45% de la consommation énergétique en Algérie, car, il n'est soumis à aucune réglementation en termes de confort thermique ce qui a provoqué une situation d'inconfort contrôlé par l'usage des systèmes actifs de climatisation et chauffage.

(MATALLAH, 2016)

Au sud Algérie, la construction des habitations individuelles représente le grand part de secteur résidentielle car le ministère de l'habitat et de l'urbanisme encourage les citoyens de construire leur propre logement par une aide financière et une parcelle de terrain pour diriger la croissance urbaine vers les nouvelles extensions urbaines et répondre à la croissance démographique actuelle.

La ville de Metlili, est comme toutes les villes sahariennes, a bénéficié de l'aide de l'état pour la construction des logements, dans ce contexte, l'implication des citoyens dans le processus de construction de leur propre maison a engendré un cadre bâti hétérogène, construit avec différents matériaux.

A cet égard, La performance thermique d'une maison dépend avant tout des matériaux mis en œuvre à sa construction. L'enveloppe bâtie n'est plus simplement considérée comme la frontière du domaine habitable. Elle devient un élément souple chargé de transformer un climat extérieur fluctuant et inconfortable en un climat intérieur agréable. De cette enveloppe on attend à la fois :

- Qu'elle réduise les besoins énergétiques, aussi bien liés à la construction du bâtiment que ceux liés à son exploitation

- Qu'elle offre un confort naturel en toute saison, c'est-à-dire qu'elle assure tout à la fois:

_ Un niveau de température interne acceptable,

_ De faibles variations quotidiennes de température (contrôle des surchauffes)

_ Une bonne distribution de la chaleur dans les pièces habitées

_ Un contrôle de la condensation impliquant une bonne conception des parois en fonction des

sollicitations du climat extérieur.

L'enveloppe doit pouvoir créer un intérieur confortable peu dépendant des conditions climatologiques régnant à l'extérieur.

En effet, l'enveloppe de l'habitation auto-construit en parpaing, situé dans la ville de Metlili, pose un problème d'inconfort thermique dû à un mauvais choix des matériaux de construction à faible résistance thermique d'enveloppe, lié dans la plupart des cas à l'ignorance de propriétaire vis-à-vis de son choix, vu l'absence d'une obligation en termes de confort thermique et le mode de construction à suivre.

De ce fait, la réhabilitation thermique de l'enveloppe des habitations auto construit est aujourd'hui une priorité, d'autant plus urgente pour habiter plus confortable avec des dépenses énergétiques faible, ce qui nous amène à s'interroger de :

- Quel scénario d'amélioration thermique fallait-il porter sur l'enveloppe du cas d'étude pour assurer une réhabilitation efficace de point de vu thermique et économique.

Hypothèses :

Pour répondre aux questions posées, on a proposé les hypothèses suivantes :

- Les habitations auto construite en parpaing n'assurent pas le confort thermique de l'utilisateur .
- L'isolation thermique des murs et de plancher améliore la température interne de la maison d'étude par rapport les conditions climatique de la région saharienne.

Objectifs :

Notre travail représente une réhabilitation thermique basée sur l'utilisation des techniques de résolutions des problèmes lié aux apports solaires et ponts thermiques indésirable, dont L'objectif principal consiste à :

- Donner des propositions d'améliorations thermiques dont peuvent être portées sur l'enveloppe de la maison de cas d'étude.
- Offrir des scénarios de réhabilitation efficace d'un prix variable, qui tient en compte le budget du client.
- Créer pour les occupants de la maison un milieu sain et confortable avec une faible consommation d'énergie.

- la sensibilisation de l'importance de la réhabilitation thermique dans les constructions a faible isolation thermique.

Méthodologie et structure de travail :

Le présent travail se décompose en introduction générale et quatre chapitres suivis d'une conclusion générale comme suivant :

Le premier chapitre présente des notions de base sur le confort thermique dans le bâtiment pour bien comprendre le phénomène étudié.

Le deuxième chapitre présente les recherches antérieures similaires de notre cadre d'étude, et les solutions bioclimatiques utilisées pour améliorer les performances de l'enveloppe bâtie, sachant qu'à la base des données tirées de ce chapitre on a construit notre proposition de réhabilitation thermique.

Le troisième chapitre présente les conditions climatiques de la région de Metlili ainsi que la description de cas d'étude.

Le quatrième chapitre décrit les étapes de la simulation par Energy plus et la représentation et l'interprétation des résultats obtenus.

Chapitre I :
Le Confort thermique dans
le bâtiment

Chapitre I : Le Confort thermique dans le bâtiment

Introduction :

Le confort thermique dans le bâtiment est un sujet crucial dans le domaine de l'architecture et de l'ingénierie. Il vise à offrir un environnement intérieur agréable et sain pour les occupants en maintenant des conditions thermiques optimales. Les facteurs tels que la température, l'humidité, la circulation de l'air, la qualité de l'air et l'éclairage ont un impact sur la sensation de bien-être thermique ressentie par les personnes dans un bâtiment. Les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) sont les principaux moyens utilisés pour réguler les conditions thermiques à l'intérieur des bâtiments.

Pour garantir un confort thermique optimal, il est essentiel de respecter les normes et les réglementations en matière de confort thermique qui varient selon les pays et les régions du monde. Cette introduction nous donne un aperçu de l'importance du confort thermique dans le bâtiment et des facteurs qui influencent le bien-être thermique des occupants.

I Le confort thermique :

I.1 Définitions :

Le confort thermique peut être défini comme la perception subjective de la santé thermique d'un individu, qui dépend de divers facteurs tels que la température de l'air, la vitesse de l'air, l'humidité relative, l'activité physique, les vêtements portés, etc.

Le confort thermique est atteint lorsque la température ambiante est considérée comme "confortable" par la majorité des personnes présentes dans l'environnement. Cette température confortable variera en fonction de divers facteurs tels que l'âge, le sexe, l'état de santé, les activités réalisées, les attentes culturelles, etc.

Ainsi, le confort thermique est un état de bien-être subjectif qui dépend de nombreux facteurs différents et varie d'une personne à l'autre. (Laroui.A, 2021-2022)

II Les échanges thermiques :

Pour assurer le confort personnel, un équilibre thermique doit être trouvé entre la température ambiante et la température corporelle (environ 37°C). Pour atteindre cet équilibre, l'homme (endotherme*) dispose de mécanismes de régulation qui lui permettent de s'adapter aux conditions thermiques de son environnement. Pour se sentir bien, l'échange de chaleur ne doit être ni trop rapide ni trop lent. (MERZEG, 2010)

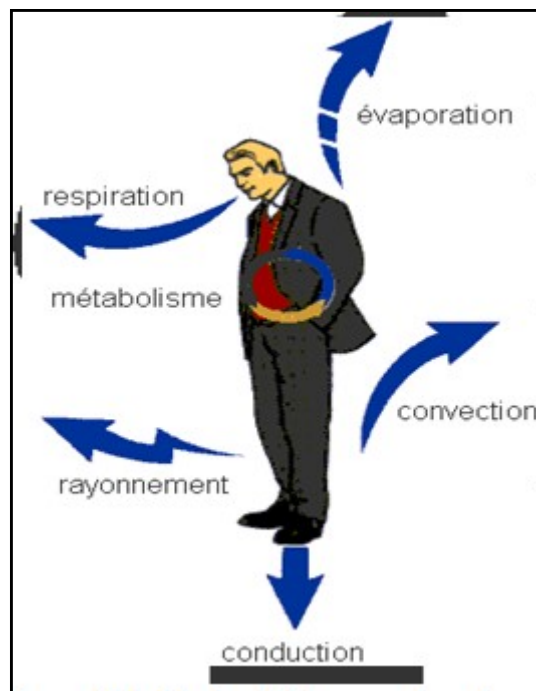


Figure I-1 Modes d'échanges thermiques. Source : <http://www.epfl.ch/enerbat> .

II.1 La convection :

La convection est le transfert de température entre deux régions d'un même milieu, ou entre deux milieux en contact, sans déplacement de masse. Il correspond à l'échange de chaleur entre le corps et l'air ambiant, et dépend principalement de la température de l'air et de la vitesse de l'air .

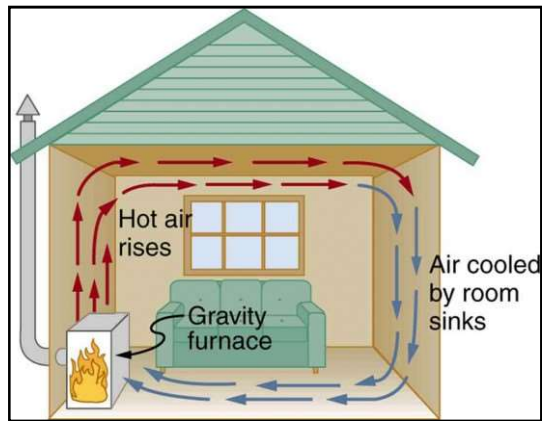


Figure I-2 Principe de la convection .Source : pressbooks.nsc.ca/heatlightsound/chapter/14-6-convection/.

II.2 Le rayonnement :

C'est un moyen d'échange de chaleur à distance entre deux objets via des ondes électromagnétiques.

Le corps humain émet en continu une chaleur rayonnante liée à la température et à l'émissivité de sa peau. Le flux radiant échangé par le corps correspond à la différence entre le rayonnement émis par le corps et le rayonnement reçu de son environnement (parois). Si le rayonnement reçu par le corps est supérieur à son propre rayonnement, le corps se réchauffera, sinon il se refroidira de 60 %.

En effet, un mur froid absorbe la chaleur corporelle, tandis qu'un mur exposé au soleil toute la journée peut transférer de la chaleur la nuit sans même le toucher.

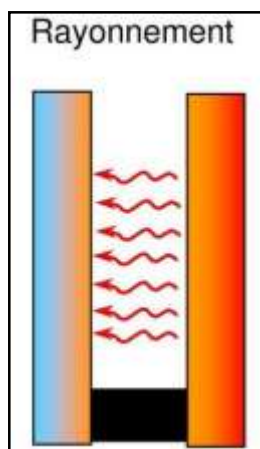


Figure I-3 Principe du rayonnement .Source : www.estusmba.ac.ma .cours enligne. transfert thermique 2020.

II.3 La conduction :

Conduction Implique un échange de chaleur par contact direct entre le corps et la paroi. Compte tenu de la surface d'échange limitée entre le corps et le mur, ce mode a peu d'effet.

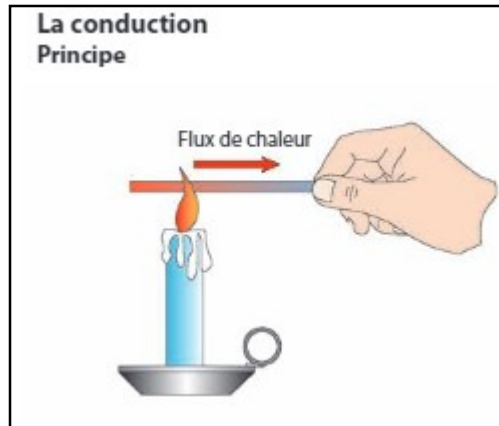


Figure I-4 Principe de la conduction. Source: les principes de la thermique dans l'habitat 2019/07/16

II.4 L'évaporation :

Il s'agit d'un schéma d'échange dû à un changement d'état (transition de phase) de l'eau. Il s'agit de la méthode de base de dissipation de la chaleur par évaporation de la sueur de la surface de la peau dans des environnements chauds. (MERZEG, 2010) (Haut, 2011)

III Les paramètres de confort thermique :

III.1 Les paramètres du confort thermique liés au cadre bâti :

- **La température**

Le rôle de l'enveloppe est de l'habitat la température à l'intérieur du bâtiment dans une plage confortable malgré les fluctuations de la température extérieure, été comme hiver, de jour comme de nuit. De plus, il est nécessaire d'assurer l'uniformité de la température interne.

Ainsi, la température perçue de confort, également appelée température de fonctionnement ou température finale de séchage, est définie comme la moyenne entre la température de l'air ambiant et la température des murs: $TRS = (TA + TP) / 2$.

TA– représente la température de l'air mesurée à l'ombre avec un thermomètre ordinaire.

TP– ou TMR correspond à La température des surfaces qui nous entourent (murs, fenêtres, radiateurs, etc.) avec lesquelles nous échangeons de la chaleur par rayonnement infrarouge.

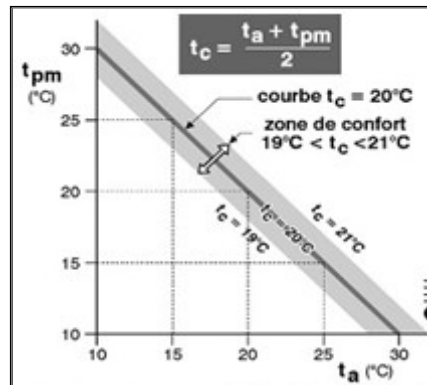


Figure I-5 Température de confort. Source : Hauglustaine (2006)

- **L'humidité de l'air**

L'humidité relative de l'air affecte le confort, car des niveaux bas ou élevés peuvent entraîner une gêne. Une humidité trop faible va assécher la muqueuse des voies respiratoires et ne jouera plus le rôle de filtre des poussières et des bactéries pathogènes. Une humidité excessive perturbe la thermorégulation du corps car l'évaporation à la surface de la peau ne se produit plus, augmentant la transpiration.

L'humidité détermine la capacité d'évaporation de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur. Dans la plage de température de l'air de 20 à 25°C, les changements d'humidité relative de 30% à 85% sont à peine perceptibles pour l'homme, au-dessus de 25°C l'effet de l'humidité sur la température de la peau devient perceptible, et les températures élevées pour la transpiration, entre 30% et 70% d'humidité relative a peu d'effet sur le confort thermique. (Salomon & Bedel, 2004)(Jenning & Givoni, 1959)

- **Le mouvement de l'air**

Est plus important paramètre le mouvement de l'air dans le confort, Il affecte le corps humain de deux manières différentes. Il détermine d'abord l'échange de chaleur convectif du corps, puis affecte la capacité d'évaporation de l'air, affectant ainsi la production de sueur. (MERZEG, 2010)

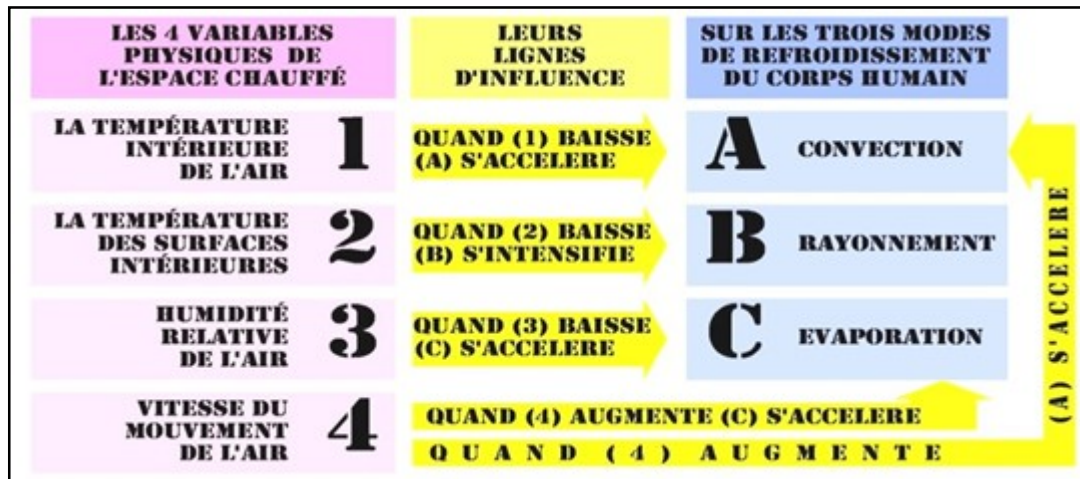


Figure I-6: Relations entre les paramètres de confort et les modes d'échange de chaleur. **Source :** M. Frenot & al. (1979). Op.Cit. p. 19.

III.2 Les paramètres de confort liés aux occupants des locaux

Il y a deux paramètres de confort principaux liés aux occupants des locaux : le métabolisme de l'homme et le niveau d'habillement.

- **Le métabolisme de l'homme :**

L'homme, pour assurer ses fonctions vitales, dégrade en permanence les substrats énergétiques en consommant de l'oxygène, en produisant du gaz carbonique, en métabolisant l'eau et en libérant de l'énergie. Même au repos, des centaines de watts sont produits en permanence, cette énergie est transmise de l'intérieur du corps vers l'extérieur sous forme de chaleur, un peu par conduction tissulaire, mais surtout par convection sanguine.

Pour contrôler la température de la surface de la peau, le corps utilise la vasoconstriction (réduction du diamètre des vaisseaux sanguins) pour minimiser la perte de chaleur à des températures inférieures aux conditions confortables. Dans le cas contraire (température supérieure au confort) la vasodilatation (augmentation du diamètre des vaisseaux) est le remède, une augmentation de la température de surface du corps augmente le gradient de température de l'environnement et augmente ainsi la perte de chaleur du corps.

Lorsque la température est élevée et que l'activité physique est intense, l'effet de vasodilatation pur n'est pas suffisant et une transpiration apparaît à la surface de la peau. La chaleur nécessaire à l'évaporation de la sueur est alors évacuée du corps réellement refroidi. (V.CANDAS)

• **Le niveau d'habillement**

Les vêtements sont la première résistance thermique d'échange de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. C'est l'équivalent de la couche d'isolation d'une maison. Son rôle fondamental est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables, que ce soit en été ou en hiver.

Les vêtements traditionnels conçus dans des contextes culturels différents ont souvent des fonctions complexes de rétention de la chaleur.

Les robes blanches amples et fluides portées par les Arabes repoussent le rayonnement solaire tout en favorisant la circulation de l'air autour du corps, maintenant la fraîcheur au contact de l'évaporation.

À l'extrême opposé, le manteau de fourrure de l'esquimau absorbe la chaleur corporelle et la vapeur d'eau par la transpiration, de sorte que les esquimaux vivent dans des climats subtropicaux. (Heschong., 1999)

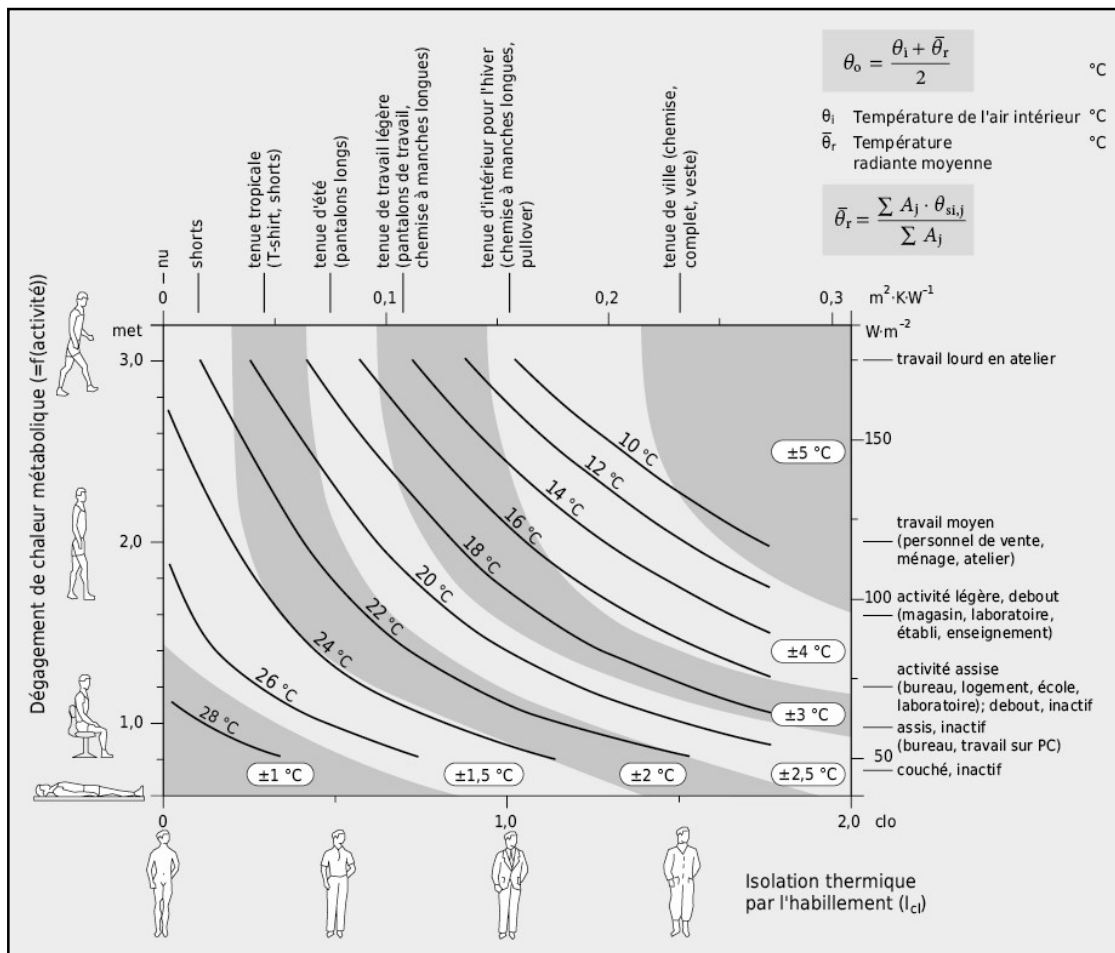


Figure I-7 : Température optimal en fonction de l'activité et de l'habillement .Source : C Zürcher, I Frank Physique du bâtiment 2014

IV Evaluation et norme du confort thermique :

Assurer un confort thermique optimal dans les espaces est un aspect crucial de la conception architecturale. Pour y parvenir, les premières études se sont appuyées sur des enquêtes de terrain impliquant des questionnaires classant la sensation thermique en termes de chaud, neutre et froid, ainsi que sur des essais en laboratoire réalisés dans des conditions climatiques artificielles.

Ces recherches ont abouti à la création d'indices de prédiction des niveaux de confort à l'intérieur des bâtiments (Mohammed, 2012)

IV.1 Diagrammes de confort

Se basant sur les études antérieures d'Olgay, Givoni a élaboré une méthode expérimentale où il représente les limites des ambiances confortables sur un diagramme psychométrique courant. Il présente une méthode plus performante que celle de V. Olgay, dans l'évaluation des exigences physiologiques du confort. Givoni définit le confort en considérant la personne en état d'activité, Par l'intermédiaire de son diagramme bioclimatique, il a prouvé qu'avec l'application des concepts de l'architecture, l'effet de variation climatique de l'environnement extérieur peut être réduit au minimum 25. Il a alors mis au point un outil synthétisant les zones thermo-hygrométriques et les moyens d'intervention par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent être utilisés pour remédier aux sollicitations du climat.

La zone de confort est positionnée au centre, l'aire extérieure à cette zone est subdivisée en zones secondaires, où l'auteur propose différentes procédures permettant de réintégrer les conditions de confort. Givoni a procédé dans l'élaboration de ses zones climatiques à des exigences de confort universelles. Sa zone de confort se situe entre les températures 20 et 27°C. (European commission thermie, 1995-1997)

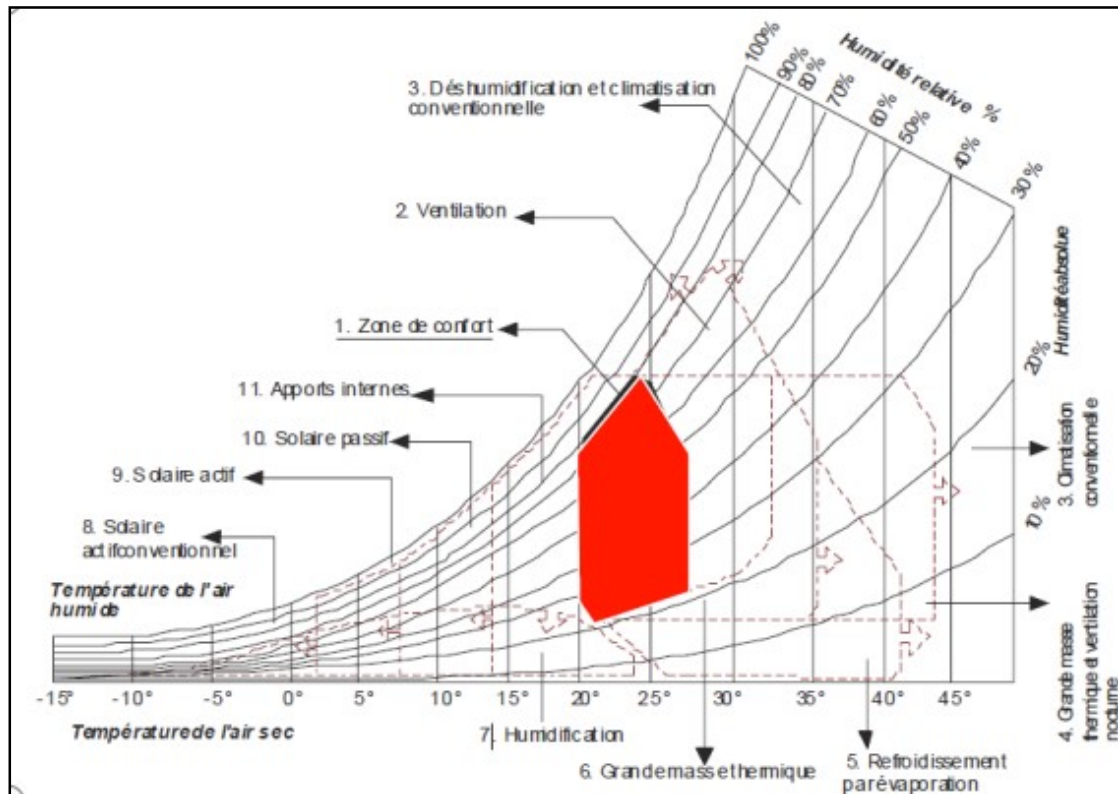


Figure I-8: Zone de confort selon le diagramme de Givoni. **Source :** Givoni, B. « L'homme, l'architecture, le climat » (1978).

IV.2 Logiciels de simulation thermique :

Ces dernières décennies, centaines d'outils de simulation du comportement énergétique des bâtiments ont été développés à travers le monde. Le répertoire des outils élaboré par la Ministère de l'Énergie des États-Unis est là pour l'attester: 398 outils liés à l'évaluation de l'efficacité énergétique, aux énergies renouvelables ou au développement durable des bâtiments y sont recensés. Les principaux objectifs de ces outils sont de proposer et justifier une disposition architecturale, un type de matériau ou une stratégie de ventilation optimisant le confort et diminuant les consommations d'énergie.

Un grand nombre d'outils logiciels sont disponibles pour prédire les performances énergétiques et de confort des bâtiments. Chaque programme possède des caractéristiques uniques en termes de résolution de modélisation, d'algorithmes de solution, public cible visé, options de modélisation, facilité d'utilisation par rapport à la flexibilité, etc.

Nous présentons ici une brève description des outils de simulation thermique les plus souvent utilisés ainsi que leurs principales caractéristiques.

- **Energy Plus**

Energy Plus, développé par le département de l'Énergie des États-Unis, est un moteur de simulation qui utilise un fichier texte pour les données d'entrée et les résultats de simulation. La charge du bâtiment est calculée à un pas de temps défini par l'utilisateur. Cette information est par la suite envoyée au module de simulation des systèmes du bâtiment. Le module de simulation des systèmes d'Energy Plus calcule la charge de chauffage/refroidissement et la réponse du système. La méthode de calcul, qui est la méthode des bilans, permet une prédiction plus précise de la température de l'espace, du dimensionnement des équipements et du confort des occupants. De plus, l'outil permet d'évaluer des séquences de contrôle réalistes, l'humidité d'adsorption et de désorption des éléments de construction, les systèmes radiants de chauffage et de refroidissement, ainsi que le flux d'air interzone

- **Design Builder**

Design Builder est une interface utilisant le moteur de simulation Energy-Plus qui permet de mener aisément à bien des analyses sur la consommation d'énergie, le confort intérieur et le dimensionnement des équipements CVC. Design-Builder offre la possibilité de simuler plusieurs types de systèmes CVC couramment utilisés. De plus, les utilisateurs peuvent créer leur propre modèle de systèmes CVC et indiquer le niveau de détail à toutes les étapes du processus de conception.

- **TRNSYS**

TRNSYS est un outil flexible comprenant une interface graphique, un moteur de simulation, et une bibliothèque de composants qui inclut différentes compositions d'enveloppe et des équipements CVC standard et d'énergie renouvelable. La méthode des bilans est utilisée pour déterminer le transfert de chaleur. Cet outil de simulation permet le dimensionnement et l'analyse des systèmes CVC, la simulation des flux d'air multizones, la simulation de l'énergie électrique (Brun et al., 2010)., la conception solaire et l'analyse de la performance thermique des bâtiments et des systèmes de contrôle.(RAHMOUNI, 2020)

V Le confort thermique dans l'habitation

V.1 Définitions de l'habitation :

En génie civil, l'habitation est définie comme un bâtiment ou une structure conçue pour abriter des êtres humains et fournir un environnement sûr et confortable pour y vivre. Les habitations sont souvent des structures résidentielles, mais peuvent également inclure des bâtiments tels que des hôtels, des foyers pour personnes âgées et des centres de soins.

Les habitations doivent être conçues et construites pour répondre aux besoins des occupants en matière de sécurité, de santé, de confort et de fonctionnalité. Les normes de conception pour les habitations peuvent varier selon les pays et les régions, mais elles doivent généralement respecter les codes du bâtiment locaux et les normes de sécurité applicables.

En plus de fournir un logement, les habitations peuvent également jouer un rôle important dans la création d'une communauté durable et résiliente. Les conceptions innovantes de logements peuvent inclure des caractéristiques telles que l'efficacité énergétique, la durabilité, la sécurité, la convivialité et la mobilité.(Julie, 2018)

V.2 Rôle de confort thermique dans l'habitat :

Le confort thermique joue un rôle important dans l'habitation car il garantit une température agréable et stable à l'intérieur, ce qui peut améliorer la qualité de vie des occupants. Il est généralement atteint grâce à une combinaison de facteurs tels que l'isolation thermique, le chauffage, la ventilation, l'utilisation de matériaux de construction appropriés et la conception de l'enveloppe du bâtiment.

Un environnement thermiquement confortable peut avoir des avantages pour la santé, car une température stable peut aider à réduire les risques de maladies respiratoires et autres problèmes de santé liés à des conditions de vie insalubres. Cela peut également améliorer la productivité et le bien-être des occupants, en particulier dans les espaces de travail.

Il est important de noter que le confort thermique varie en fonction de différents facteurs, tels que le niveau d'activité, l'humidité, la température extérieure et la saison. Les normes et les réglementations relatives au confort thermique peuvent également varier selon les pays et les régions.(World Health Organization)

V.3 Confort d'été (stratégie du froid)

Le confort d'été est une stratégie de conception de bâtiments qui vise à maintenir des températures intérieures confortables pendant les mois chauds. La stratégie du froid, qui fait partie de cette approche, comprend plusieurs éléments clés, notamment :

La protection contre le rayonnement solaire en utilisant des écrans solaires pour réduire la quantité de chaleur qui pénètre dans le bâtiment. Les écrans solaires peuvent être des stores, des volets, des persiennes ou d'autres types de revêtements de fenêtres.

L'isolation de l'enveloppe du bâtiment pour minimiser la pénétration de la chaleur à travers les murs, les toits et les planchers.

La limitation des apports internes de chaleur en utilisant des appareils électriques efficaces et en évitant les surchauffes dues à la présence humaine.

La dissipation de la chaleur par la ventilation, qui peut être naturelle ou mécanique, pour maintenir des températures confortables à l'intérieur du bâtiment.

Ces stratégies peuvent être combinées et ajustées en fonction de la localisation géographique, de l'orientation du bâtiment et de l'utilisation prévue pour assurer un confort optimal.

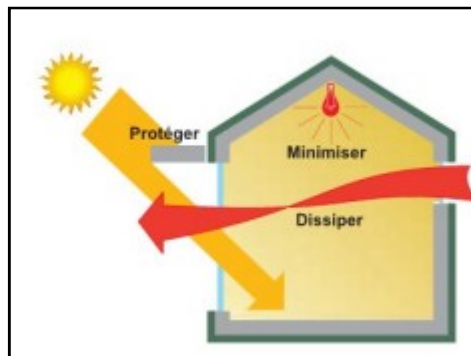


Figure I-9: Stratégie du froid .Source : merzeg 2010 .

V.4 Confort d'hiver (stratégie du chaud)

La stratégie du chaud est une approche de conception de bâtiments qui vise à maintenir des températures intérieures confortables pendant les mois froids de l'année. Les éléments clés de cette stratégie sont les suivants :

- La capture de la chaleur en exploitant les apports solaires à travers les fenêtres et autres ouvertures. Les fenêtres bien orientées et dimensionnées peuvent fournir une quantité significative de chaleur solaire gratuite.
- La conservation de la chaleur en limitant les déperditions thermiques à travers l'enveloppe du bâtiment. Cela peut être réalisé en utilisant des matériaux d'isolation de haute qualité et en éliminant les ponts thermiques.
- La distribution et la répartition de la chaleur dans tout le bâtiment en utilisant des systèmes de chauffage efficaces et adaptés à l'utilisation prévue. Les systèmes de chauffage peuvent être alimentés par des combustibles fossiles, de l'électricité ou des sources d'énergie renouvelables.
- L'exploitation de l'inertie thermique du bâtiment en stockant la chaleur dans la masse du bâtiment, tels que les murs en béton, les dalles en pierre, ou les planchers chauffants.

En combinant ces stratégies, il est possible de maintenir des températures intérieures confortables tout en réduisant la consommation d'énergie nécessaire pour chauffer le bâtiment.(Perez, 2018)

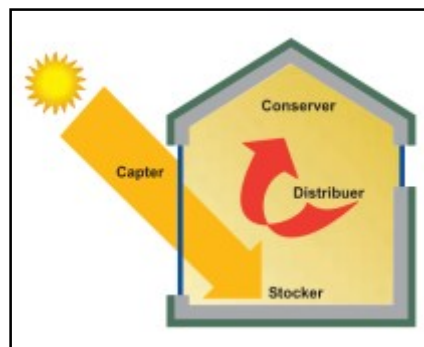


Figure I-10:Stratégie du chaud .Source :merzeg 2010.

VI La réglementation thermique en Algérie :

Depuis plusieurs années, le gouvernement algérien mène une politique d'amélioration de la gestion des ressources énergétiques. Cette politique se décline à travers la loi N°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie et de ses textes d'application, en autres le décret exécutif N°2000- 90 du 24 avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Toutefois le bâti existant et sa réhabilitation thermique, a été négligé malgré sa part importante dans le parc de logement.

En 1999, le Ministère du Logement et de l'Urbanisme élabore le premier code énergétique algérien du bâtiment. Ce document qui se présente sous forme de deux fascicules:

- Pour l'hiver DTR C3.2.
- Pour l'été DTR C3.4

Ce document avait pour objectif de réduire la consommation énergétique destinée au chauffage de 20% à 30%.⁴⁶

Plus de 16 années après une version révisée de cette réglementation est élaborée, avec comme principales modifications:

1. Rassemblement des deux fascicules en un seul document;
2. Renforcement des exigences;
3. Définition d'un nouveau zonage La réglementation thermique algérienne actuellement en vigueur est le DTR C3.2/4, la vérification de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de cette nouvelle réglementation doit se faire pour la période d'hiver et pour la période d'été séparément. (IMESSAD)

VI.1 Calcul des déperditions thermique :

Le calcul de la déperdition thermique est un sujet complexe qui peut être abordé de différentes manières en fonction des critères pris en compte. Voici un exemple de calcul simplifié tiré du livre "La thermique du bâtiment" de André De Herde :

Calculer la surface de chaque paroi (murs, fenêtres, toiture, sol) en mètres carrés.

Déterminer le coefficient de transmission thermique U de chaque paroi en $W/m^2.K$. Ce coefficient dépend de la nature des matériaux, de leur épaisseur et de leur conductivité thermique. On peut trouver des valeurs de référence dans des tables ou les calculer à partir des caractéristiques des matériaux.

Calculer le débit de chaleur perdu par chaque paroi en multipliant sa surface par le coefficient U et la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Par exemple, pour un mur de $10 m^2$, avec un coefficient U de $0,5 W/m^2.K$ et une différence de température de $20^\circ C$, le débit de chaleur perdu sera de $100 W$.

Sommer les débits de chaleur perdus pour chaque paroi afin d'obtenir la déperdition thermique totale.

Ce calcul simplifié ne prend pas en compte d'autres facteurs tels que l'effet de l'inertie thermique, l'influence des ponts thermiques ou les échanges thermiques avec le sol. Il est donc important d'adapter le calcul en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque bâtiment.

VI.2 Calcul de bilan thermique :

Le bilan thermique consiste à évaluer les apports et les pertes de chaleur dans un bâtiment afin de déterminer les besoins de chauffage ou de climatisation. Voici les étapes pour réaliser un bilan thermique :

Déterminer les apports de chaleur par les sources internes : occupants, équipements, éclairage. Ces apports sont exprimés en watts et dépendent du nombre d'occupants, de la puissance des équipements et de l'intensité lumineuse.

Évaluer les pertes de chaleur par les parois : murs, toiture, fenêtres, portes. Ces pertes sont calculées à partir du coefficient de transmission thermique U de chaque paroi, de la surface de chaque paroi, de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, et de la présence éventuelle de ponts thermiques.

Prendre en compte les apports solaires : ils dépendent de la surface vitrée, de l'orientation et de l'inclinaison des vitrages, de l'ombrage éventuel et de la latitude du lieu.

Évaluer les pertes par renouvellement d'air : elles dépendent du volume d'air renouvelé par heure, de la différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur, et du coefficient de transmission thermique des parois donnant sur l'extérieur.

Prendre en compte les échanges thermiques avec le sol : ils dépendent de la nature du sol, de l'isolation du sol et de la température du sol.

Calculer le bilan thermique en soustrayant les pertes de chaleur des apports de chaleur. Si le bilan est négatif, cela signifie que le bâtiment nécessite un apport de chaleur (chauffage). Si le bilan est positif, cela signifie que le bâtiment nécessite un apport de fraîcheur (climatisation).

Il est important de noter que le calcul du bilan thermique est complexe et doit être adapté aux spécificités de chaque bâtiment. Il est donc recommandé de faire appel à un professionnel pour réaliser ce calcul de manière précise et fiable. (ADEME)

Conclusion :

En conclusion, le confort thermique dans le bâtiment est un élément crucial pour assurer la qualité de vie des occupants. Il est déterminé par plusieurs paramètres liés à la température, l'humidité de l'air et le mouvement de l'air, ainsi que le métabolisme de l'homme et le niveau d'habillement.

Pour évaluer le confort thermique, il existe des normes et des diagrammes de confort, ainsi que des logiciels de simulation thermique.

Dans le contexte de l'habitation, le confort thermique est particulièrement important, avec des stratégies spécifiques pour le confort d'été et d'hiver.

En Algérie, la réglementation thermique exige le calcul des déperditions thermiques et des bilans thermiques pour garantir un confort thermique optimal.

En somme, la prise en compte du confort thermique dans le bâtiment est un élément crucial pour assurer le bien-être et la satisfaction des occupants.

Chapitre II :
La Réhabilitation thermique
dans l'habitation

Chapitre II : La Réhabilitation thermique dans l'habitation

Introduction :

Pour mener à bien une étude scientifique, il est essentiel d'analyser les expériences préalablement réalisées dans un domaine donné. Ainsi, il est important d'établir un état de l'art dans le domaine de la réhabilitation thermique afin de faire le point sur les connaissances existantes concernant les projets réalisés, les techniques utilisées et les interactions entre les acteurs impliqués

Dans ce chapitre, nous allons examiner les méthodes et les solutions employées dans le domaine de la réhabilitation thermique des bâtiments résidentiels. Nous allons également évaluer la faisabilité de leur application dans le contexte local et leur compatibilité avec les techniques de construction existantes.

I Etat de l'art :

Citons à titre d'exemple quelques études précédentes effectuées dans ce sens.

I.1 Article consulté :

Article 1 : Amélioration de l'isolation thermique des habitations dans les régions chaudes et arides .

L'auteur : H. NECIB¹ , R. BELAKROUM² , K. BELAKROUM² . Third International Conference on Energy, Materials, Applied Energetics and Pollution. ICEMAEP2016, October30-31, 2016, Constantine, Algérie.

Objectif :

L'amélioration de l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments, des habitats ou des bureaux est l'une des moyens les plus efficaces qui aide à garantir un confort thermique avec la moindre consommation d'énergie. Elle diminue les gains pendant l'été et les déperditions thermique pendant l'hiver

Méthodologie :

L'efficacité thermique de l'enveloppe de la salle des enseignants située à l'université Kasdi Merbah-Ouargla à été étudiée, par l'intermédiaire du logiciel TRNSYS, pour détecter les points faibles de l'isolation thermique actuelle, puis proposer des solutions pratiques et optimales qui devront, par la suite, diminuer au maximum la consommation d'énergie électrique avec le moindre coût d'isolation. Les résultats pratiques proposés pour l'amélioration de l'isolation thermique de la salle des enseignants peuvent être généralisés et appliqués pour toutes structures situées dans la même région et ayant le même degré d'orientation.

Résultat :

L'étude a montré que la toiture, est responsable de 70.62% des gains thermiques globaux, par contre 27.11% de gain est reçu par les quatre murs et 2.27% par les fenêtres. L'isolation thermique de la toiture par le Liège ou le gravier ainsi que l'isolation des murs par le polystyrène pour plusieurs épaisseurs ont été étudiés. L'isolation de la toiture par 5cm de Liège va, par exemple, réduire les gains thermiques globales de 46.29% et la même épaisseur de polystyrène (5cm) utilisée pour l'isolation des murs réduit 12.76% du gain thermique globale, c.à.d. qu'une isolation combinée de toiture et de murs avec liège et polystyrène de 5cm d'épaisseur, peut réduire jusqu'à 59.09% du gain thermique globale et atteint une réduction jusqu'à 69.96% pour une épaisseur de 10cm. Cette réduction influe directement sur la consommation de l'énergie électrique consommée par la climatisation, et la même portion de cette énergie est réduite durant les cinq mois étudiés.

Article 2 : Influence de la réflectivité de l'enveloppe sur la demande énergétique des bâtiments et sur le confort thermique

L'auteur : MANSOURI Ouardaa,b,* , BOURBIA Fatihaa et BELARBI Rafik ; Nature & Technology <http://www.univ-chlef.dz/revuenatec> Soumis le : 30/10/2016

Objectif :

L'évaluation de l'effet des revêtements réfléchissants sur la réduction des besoins énergétiques du bâtiment ainsi que l'amélioration du confort thermique intérieur

Méthodologie :

Étude paramétrique a été réalisée sur un bâtiment générique en faisant varier la réflectivité solaire de ses murs et de son toit ainsi que d'autres paramètres tel que son orientation, la masse thermique et l'isolation de son enveloppe

Résultat :

Les résultats montrent qu'une haute réflectivité solaire combinée avec l'isolation thermique définissent un niveau de confort acceptable et diminuent les charges d'énergie, et que ces effets sont plus significatifs pour la toiture que pour les murs

Présente une étude ayant pour objectif l'évaluation de l'effet des revêtements réfléchissants sur la réduction des besoins énergétiques du bâtiment ainsi que l'amélioration du confort thermique intérieur

Article 3 : Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa

L'auteur : S.M.A. Bekkouche 1, T. Benouaz 2 et A. Cheknane 3 Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 281 – 292

L'année : Juin 2007

Objectif :

L'étude thermique d'une pièce d'un habitat situé dans la région de Ghardaïa. Adapté au climat de région de Ghardaïa

Méthodologie :

L'habitat est doté d'une isolation thermique sous la réaction des potentiels importants d'énergie (soleil, vent...) disponibles dans ce site saharien. D'où la nécessité des systèmes mécaniques de chauffage, de climatisation et de ventilation incorporant plusieurs éléments

recherchés et assurant un confort maximum en plus d'une sécurité énergétique complète et compatible avec l'environnement

Résultat :

Résultats de simulation nous ont permis de réduire les gains et favoriser les déperditions solaires d'été et de déphaser les variations de température

Article 4 : Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar

L'auteur : A. Mokhtari^{1*}, K. Brahim¹ et R. Benziada Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315

L'année : 30 juin 2008

Objectif:

évoquer des grands principes; l'influence du type de matériau (parpaing, brique) dans les conditions d'été et hier, ainsi l'influence de l'orientation du vitrage sur l'évolution de la température intérieur du local qui doit guider le concepteur à adapter les constructions aux conditions climatiques de la région d'implantation afin d'atteindre le niveau de confort thermique requis

Méthodologie:

Une étude quantitative a été faite sur un bâtiment simulé d'une mono zone de F3 de surface habitable de 16 m² et de hauteur 3 m, construit sur terre pleine situé au sud-ouest de la ville de Bécher, la maison étudiée est de forme rectangulaire dont la longueur est de direction nord-sud.

De l'analyse climatique, la ville de Bécher, fait partie des zones arides du Sahara à climat très rude. Un été long chaud et sec, un hiver modéré par moments.

Résultat:

Le choix des matériaux a un impact très important sur le confort thermique, ce qui a été constaté suite aux résultats obtenus

Le parpaing est un mauvais isolant dans les zones sahariennes contrairement à la brique rouge

La meilleure orientation des ouvertures est le nord pour favoriser l'éclairage, et la ventilation naturel.

I.2 Mémoire consultés :

Mémoire 1 : Contribution à l'amélioration du confort thermique dans les bâtiments : cas des régions du sud algérien

L'auteur : Boulifa Mohamed Laid ,Zekri Lamis , Hafiane Nadjet . université kasdi merbah ouergla .Domaine : Sciences et Technologie Filière : Génie Mécanique Spécialité : Energies Renouvelables l'année 2022

Objectif :

Dans Ce travail vise à présenter une étude sur le confort thermique des bâtiments dans les zones désertiques algériennes.

Méthodologie :

Cette étude consiste à créer une maquette d'un bâtiment à vocation commerciale à l'aide du logiciel TRNSYS. L'objectif principal était de prédire l'effet de l'isolation thermique sur les bâtiments dans le désert et de prouver l'importance de cet aspect et les besoins énergétiques annuels pour le chauffage et la climatisation, notamment en choisissant le type d'isolation thermique le plus approprié pour réduire la consommation de l'énergie, et pour un confort thermique optimal.

Résultat :

Sur la base des résultats précédents, nous concluons que le polyuréthane a un impact significatif sur la consommation énergétique annuelle. En adoptant ce type d'isolation

thermique, on obtient la plus faible consommation d'énergie pour les bâtiments des wilayas du sud (ex : Béchar), en plus du fait que l'isolation thermique interne est meilleure que l'isolation externe en général

Mémoire2 : Amélioration de la performance énergétique d'une maison moderne dans la wilaya de Oued_Souf

L'auteur : Raoui H ;Saidi ahmed , université saad dahleb Blida 01 ,Faculté des sciences et Technologies Département des Energie renouvelables
l'année : 2020

Objectif :

Présente une étude dont but est d'améliorer la performance énergétique du secteur résidentiel dans les régions arides (El Oued), qui a connu une extension urbaine dynamique et une négligence d'application du règlement thermiques.

Méthodologie :

Dans ce cadre, il s'agit de proposer des solutions passives, comme l'isolation, et ventilation nocturne, et les comparer par le bâtiment de référence en utilisant une simulation dynamique sous pléiade +comfie 2.3

S'avère donc nécessaire de réduire l'impact économique et environnemental promouvant d'examiner le comportement thermique des bâtiments et évaluer, sous l'angle de la performance énergétique, des solutions permettant de concilier une amélioration du confort thermique et réduire les consommations d'énergies.

Résultat :

D'après l'étude statique de notre maison, nous avons constaté que notre cas d'étude n'est pas conforme à la réglementation thermique (DTR C3.2) et ça est dû aux faibles résistances thermiques des éléments constructifs.

Les résultats de l'étude paramétrique qui a été faite à l'aide d'un outil de simulation modélisation thermique dynamique ont montré que le traitement de l'enveloppe extérieure

peut réduire la consommation énergétique par conséquent améliorer sa performance énergétique.

Les résultats de l'étude de l'impact de l'intégration d'un système de rafraîchissement adiabatique(PDEC), ont montré que le système permet d'atteindre un confort hygrothermique acceptable dans les maisons du climat aride

I.3 Synthèse :

Après la consultation de quelques articles et mémoires, dont leur thème est approximatif de notre thème de recherche, que pour obtenir un niveau de confort thermique idéal en prend en compte quelques facteurs climatiques et leurs influences sur ces facteurs suivants :

Type de matériaux de construction utilisés, l'orientation de vitrage aussi l'enveloppe de bâtiment.

II La réhabilitation thermique

II.1 Définition :

La réhabilitation thermique désigne l'ensemble des travaux de rénovation entrepris dans un bâtiment dans le but d'améliorer son isolation thermique et de réduire ses consommations d'énergie pour le chauffage, la climatisation et la ventilation. Les travaux de réhabilitation thermique peuvent concerner différents aspects du bâtiment, tels que l'enveloppe (toiture, murs, planchers), les menuiseries, les systèmes de chauffage et de ventilation, ou encore l'éclairage.

II.2 Objectifs de réhabilitation :

Les objectifs de la réhabilitation thermique sont nombreux et peuvent varier en fonction des contextes et des enjeux spécifiques à chaque projet. Cependant, de manière générale, la réhabilitation thermique vise à améliorer la performance énergétique d'un bâtiment existant en réduisant ses consommations d'énergie et en limitant ses émissions de gaz à effet de serre. Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), les principaux objectifs de la réhabilitation thermique sont les suivants :

Réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre : la réhabilitation thermique permet de diminuer la consommation énergétique des bâtiments, principalement pour le chauffage et la climatisation, et donc de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Améliorer le confort thermique et acoustique : une meilleure isolation thermique permet de maintenir une température intérieure constante et agréable pour les occupants, ainsi que de réduire les nuisances sonores extérieures.

Augmenter la valeur patrimoniale et la durée de vie du bâtiment : la réhabilitation thermique peut contribuer à valoriser un bâtiment en améliorant sa performance énergétique et en le rendant plus attractif pour les occupants et les investisseurs.

Favoriser la création d'emplois locaux : la réhabilitation thermique peut générer des emplois locaux dans les secteurs du bâtiment, de l'isolation, de la ventilation, du chauffage, etc.

Réduire la précarité énergétique : en diminuant les consommations d'énergie, la réhabilitation thermique peut aider à réduire la facture énergétique des ménages et donc à lutter contre la précarité énergétique. (ADEME, 2017)

III La réhabilitation thermique de L'enveloppe du bâtiment :

III.1 Définition :

Dans cette définition, la réhabilitation thermique du bâtiment correspond donc à l'amélioration thermique de l'édifice notamment son enveloppe, car elle constitue un échangeur thermique entre l'intérieur et l'extérieur. Elle consiste en de légères modifications, comme l'ajout par exemple de l'isolation par l'extérieur, le changement des fenêtres... etc, ou lourdes telles que l'isolation par l'intérieur, le réaménagement du plan du logement, selon la trajectoire du soleil,... etc., ainsi que l'ajout d'une partie neuve comme une serre ou une véranda. (Kadri & Mokhtar, 2011)

III.2 Composantes :

Les murs :

C'en renforçant l'isolation thermique, soit de l'intérieur ou de l'extérieur, selon les composants de la paroi et le style architectural de l'édifice pour ne pas défigurer la façade



Figure II-1 : Les types d'isolation de mur .Source : www.ppr.fr isolation thermique 2018.

Les planchers :

Il s'agit d'isoler les planchers bas, donnant sur l'extérieur ou sur les locaux non chauffés, ainsi que le plancher terrasse.



Figure II-2: Isolation de plancher terrasse .Source : Yann Butillon isolation coulée 2023.

Les fenêtres :

Elles sont les plus vulnérables aux déperditions calorifiques. Leurs améliorations thermiques permettent des économies d'énergie de l'ordre de 10 à 15 %. Et cela par le remplacement des vitrages simples en vitrages isolants, et le redimensionnement des surfaces vitrées selon l'orientation et la zone climatique. (Kadri & Mokhtar, 2011)

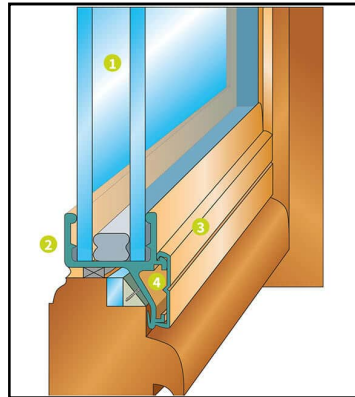


Figure II-3:Fenêtre double vitrage .Source : www.conformhabitat.com fenetres dv renovation .

IV Les facteurs influant sur la performance thermique de l'enveloppe :

Les facteurs influant sur la performance thermique de l'enveloppe d'un bâtiment peuvent varier en fonction des éléments spécifiques tels que les murs, les planchers et les fenêtres. Voici quelques facteurs qui influencent la performance thermique pour chacun de ces éléments :

IV.1 Facteurs influant sur les murs :

Choix des matériaux : Les matériaux ayant une résistance thermique (valeur R) plus élevée, tels que l'isolant, la brique ou le béton ou parpaing, peuvent augmenter la performance thermique.



Figure II-4: Matériaux de construction des murs .Source : Auteur.

Procédé de construction : La qualité du processus de construction, y compris l'installation appropriée de l'isolant, le scellement des trous et l'utilisation de rupteurs thermiques, peut avoir un impact significatif sur la performance thermique.

IV.2 Facteurs influant sur les planchers :

Choix des matériaux : La conductivité thermique des matériaux de revêtement de sol peut affecter la performance thermique. Des matériaux tels que le béton ou le carrelage peuvent avoir une masse thermique plus élevée et conserver la chaleur, tandis que la moquette ou le bois peuvent avoir une masse thermique plus faible.

Ponts thermiques : La conception et l'installation appropriées de rupteurs thermiques dans le plancher peuvent empêcher les ponts thermiques de réduire la performance thermique.

IV.3 Facteur influant sur les fenêtres :

Orientation : L'orientation adéquate des fenêtres pour capturer ou limiter le gain solaire peut affecter la performance thermique. Les fenêtres orientées au sud peuvent aider à capturer le chauffage solaire passif, tandis que les fenêtres orientées à l'est et à l'ouest peuvent augmenter le gain de chaleur indésirable.

Dimensions et forme : La taille et la forme des fenêtres peuvent affecter la quantité de gain ou de perte de chaleur. Les fenêtres plus grandes peuvent fournir plus de lumière naturelle, mais peuvent également augmenter la perte de chaleur en hiver et le gain de chaleur en été.

Composantes : Le type et la qualité du vitrage, y compris le nombre de panneaux, les revêtements et les remplissages de gaz, peuvent avoir un impact considérable sur la performance thermique. Des bandes de garniture et des matériaux de cadre correctement installés peuvent également améliorer la performance thermique des fenêtres. (National Institute of Building Sciences, 2019)

V Solutions bioclimatique d'amélioration de confort thermique dans l'habitation :

L'architecture bioclimatique repose sur des choix astucieux de conception tels que la forme du bâtiment, son orientation en fonction des caractéristiques du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie), la disposition des espaces et les matériaux utilisés. Son objectif est d'utiliser les éléments naturels du milieu pour assurer le confort et le bien-être des occupants. En été comme en hiver, l'architecture bioclimatique privilégie des stratégies passives qui tirent parti des avantages environnementaux pour créer un environnement intérieur confortable. Deux stratégies résument cette approche bioclimatique du confort thermique.(BENGHALIA & KEMAOUN, 2020)

V.1 Protections solaire :

Les protections solaires ont un rôle essentiel à jouer pour éviter que tout ou seulement une partie du rayonnement solaire de pénétré dans le bâtiment à travers une ouverture. La conception d'une protection solaire efficace est fondamentale pour qu'un bâtiment soit thermiquement et énergétiquement performant, par contre l'architecture moderne est caractérisée par l'usage largement répandu du vitrage, qui a entraîné, selon Givoni une considérable évolution des rapports entre les ambiances intérieures et le climat extérieur.

La conception des protections solaires doit répondre à de nombreux objectifs, tels que :

La réduction des surchauffes et l'éblouissement ainsi que gestion de l'éclairage naturel dans les pièces.

Il existe de nombreux types de dispositifs de protection solaire, ils peuvent être structurels, fixes (balcon, véranda, auvent) ou appliqués, mobiles (stores, persiennes, volets, etc.), extérieurs ou intérieurs, verticaux ou horizontaux. Elle peut aussi être liée à l'environnement comme la végétation. L'efficacité de la protection solaire dépend de son type, de son orientation et de la période de l'année.(HEBBAL, 2022)

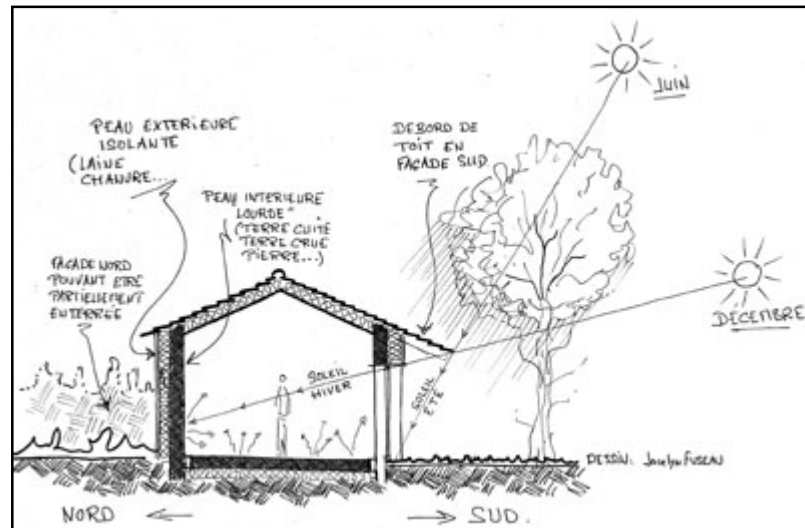


Figure II-5: Protections solaires, saisons et orientations. Source: Claire Caron juin 2005.

V.2 Proportion de surface vitrée :

L'impact visuel d'une fenestration généreuse est souhaitable. Le défi consiste à choisir les emplacements les plus judicieux pour les ouvertures de façon à maximiser la vue et l'éclairage naturel, tout en évitant l'éblouissement et en minimisant la surchauffe et les pertes thermiques.

Pour assurer le confort thermique et strictement celui-ci, il conviendrait de limiter autant que possible toute surface vitrée. En effet, elles sont source de :

- Apports solaires d'été sources de risque de surchauffe
- Déperditions thermiques défavorables au confort thermique en hiver ;

Néanmoins, selon (Zekraoui, 2017) réduire les surfaces vitrées de façon exagérée aura un impact négatif sur :

- L'éclairage naturel et donc le confort visuel ainsi que les consommations énergétiques en éclairage artificiel
- La vue et le contact avec l'environnement extérieur
- Les possibilités de rafraîchissement passif par la mise en place d'une ventilation naturelle
- Les apports solaires gratuits en hiver qui permettent de réduire les besoins de chaud La conception des surfaces vitrées résulte donc d'un compromis entre ces différents objectifs. On retiendra néanmoins ce principe

Éviter les allèges vitrées qui n'apportent pas d'éclairage naturel utile et sont source de déperditions et apports solaires préjudiciables au confort d'été. Seules exceptions :

- Dans les bâtiments où les apports internes sont faibles comme dans le logement et au sud, voire au sud-est et au sud-ouest, seules orientations pour lesquelles les apports gratuits peuvent compenser les déperditions
- Pour des raisons de vue ... ou d'intégration architecturale et urbanistique

Enfin, on veillera également à éviter une surface vitrée exagérément grande dans les locaux de coin. Cette situation engendre en effet souvent des situations d'inconfort :

- Les déperditions sont plus importantes et doivent être compensées par une plus grande puissance de chauffage.
- De même les charges solaires sont plus importantes et doivent être compensées par une plus grande puissance de chauffage
- Les solutions adoptées dans les locaux voisins peuvent être insuffisantes dans ces locaux spécifiques (par exemple chauffage sol, ou plafond froid) et des solutions doivent être trouvées pour apporter la puissance complémentaire. (RAHMOUNI, 2020)

V.3 Propriétés des vitrages :

Les baies vitrées et leurs distributions sur l'enveloppe sont des paramètres essentiels lors de la conception d'un bâtiment. Leur premier rôle est d'assurer le confort visuel et thermique des occupants et de gérer les apports solaires en toute saison. Par conséquent, l'évaluation des aspects positifs et négatifs de la paroi transparente, exige une grande attention à plusieurs éléments; comme le type de vitrage, la position, l'orientation et le type de protection solaire associée.....etc.

La nature du vitrage a une influence sur la transmission énergétique du rayonnement solaire selon les caractéristiques suivantes :

- 1-Les vitrages clairs sont connus pour leur haute capacité à laisser pénétrer la lumière et le rayonnement solaire
- 2-Les vitrages absorbants : ils sont teintés et permettent au verre de diminuer la fraction transmise du rayonnement solaire au profit de la fraction absorbée. Ils réduisent sensiblement la lumière et l'énergie transmise.
- 3-Les vitrages réfléchissants sont caractérisés par la présence d'une très fine couche métallique réfléchissante et transparente, qui accroît la part du rayonnement solaire réfléchi et diminue donc la fraction transmise. Ils sont surtout utilisés en bâtiment tertiaire, Leur objectif

est de limiter l'éblouissement et les surchauffes en été (donc réduire les éventuelles consommations de climatisation) (Mohammed, 2012)

V.4 Vitrage à haute performance :

Il y a beaucoup de bâtiments commerciaux de haute performance dans le monde. Des systèmes de fenêtres et de vitrages à hautes performances et économes en énergie peuvent réduire considérablement la consommation d'énergie et, partant, la pollution. Ces systèmes de vitrage ont une perte de chaleur plus faible (effet de conduction), moins de fuite d'air (effet de convection) et des surfaces de fenêtre plus chaudes qui améliorent le confort et minimisent la condensation (créant une vision claire). Les fenêtres hautes performances sont dotées d'un double ou triple vitrage, de revêtements transparents spécialisés (low-E), de gaz isolant (argon ou krypton) entre les vitres et de cadres améliorés.

Pour les fenêtres hautes performances:

Les valeurs U sont autour de 0,2 pour une fenêtre multi-vitres haute performance avec des revêtements à faible émissivité et des cadres isolés.

SHGC est 0-1.00. Les fenêtres à faible valeur sont souhaitables dans les bâtiments à forte charge de climatisation (climats chauds), tandis que les fenêtres à des valeurs de SHGC élevées sont souhaitables dans les bâtiments où un chauffage solaire passif (climats froids) est nécessaire. (RAHMOUNI, 2020)

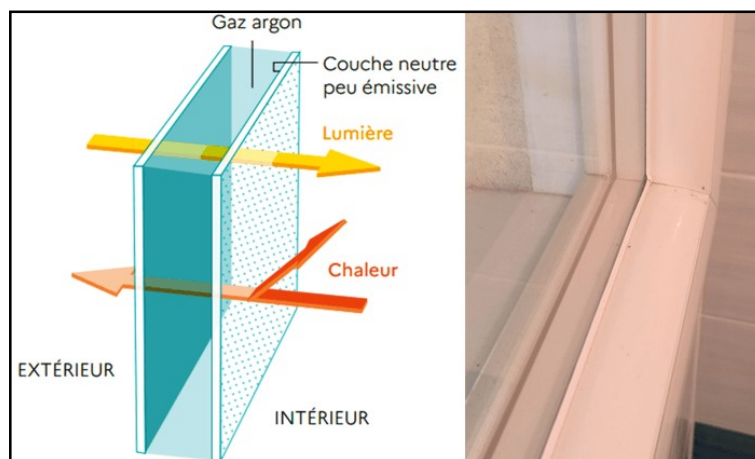


Figure II-6: vitrage haut performance .Source :www.conseilsthermiques.org, choisir fenetres. octobre 2021

V.5 L'inertie thermique :

L'inertie thermique peut simplement être définie comme la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

Cette capacité permet de limiter les effets d'une variation "rapide" de la température extérieure sur le climat intérieur par un déphasage entre la température extérieure et la température de surface intérieure des murs et par amortissement de l'amplitude de cette variation. Un déphasage suffisant permettra par exemple que la chaleur extérieure "n'arrive" qu'en fin de journée dans l'habitat, période où il est plus facile de le rafraîchir grâce à une simple ouverture des fenêtres. (energie plus, 2007)

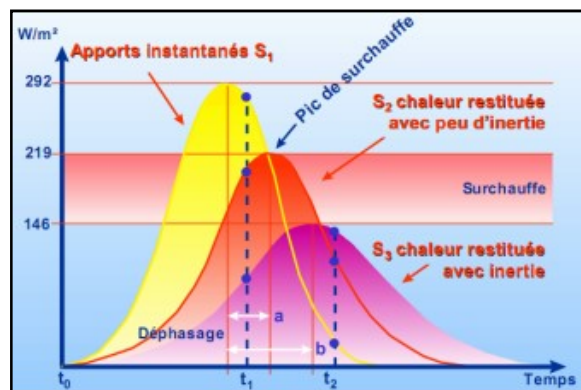


Figure II-7;Réaction d'un local à inertie forte et d'un local à inertie faible en présence d'apports solaires.
Source : A.de Herde & al (2005)

V.6 Les façades ventilées :

La façade ventilée est le système de bardage le plus efficace pour l'enveloppe des bâtiments actuellement. Cette solution s'ajuste très bien aux tendances d'architecture durable et son installation est très simple. Voulez-vous savoir tout sur le fonctionnement et les avantages du système de façade ventilée ? Comme la figure suivant

Les façades qui ne sont pas correctement isolées entraînent une perte énergétique considérable dans les maisons individuelles et d'autre type de bâtiments. Au contraire, la façade ventilée se caractérise par créer une lame d'air dans la façade extérieur du bâtiment qui favorise les économies d'énergie.

La combinaison de la façade ventilée avec une couche isolante extérieure apporte des nombreux avantages tels que l'amélioration de l'isolation thermique et acoustique. Principe de façade ventile.(CUPA PIZARRAS, 2019)

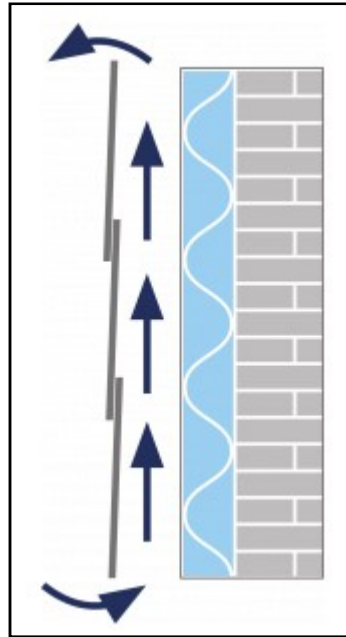


Figure II-8:Le fonctionnement et les avantages du système de façade ventilée

Source: www.cupapizarras.com façade ventilée 2019

V.7 Isolation thermique :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle a pour but de protéger les bâtiments et leurs occupants contre les effets de variations de température et des conditions atmosphériques ainsi que de l'humidité

L'isolation thermique permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de chauffage et/ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports de chaleur en été), et d'accroître le confort (maintien des températures et l'hygrométrie aux niveaux de confort d'été comme d'hiver et règle le problème de parois froides en hiver ou chaudes en été). L'isolation est également bénéfique pour l'environnement car, en réduisant les consommations, elle permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre⁷⁸. Ainsi, l'isolation thermique est triplement intéressante, en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières.(MERZEG, 2010)

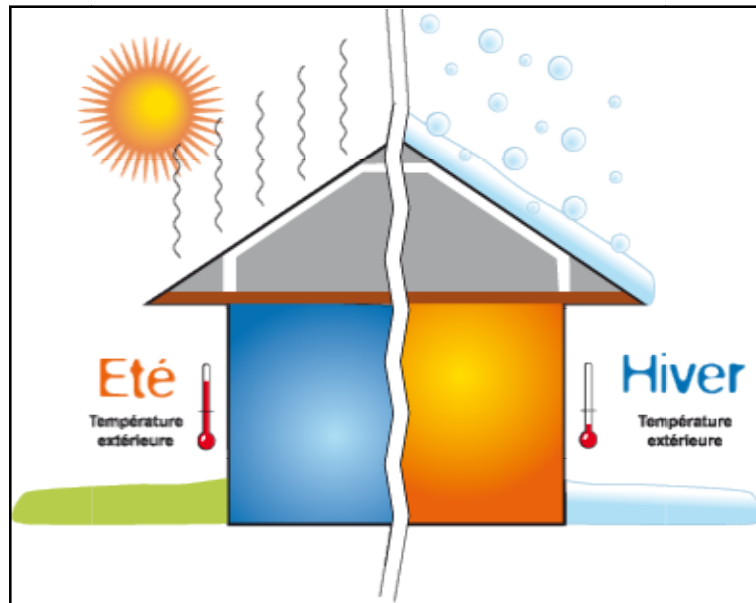


Figure II-9: Les bienfaits d'isolation .Source : isolation-thermique.org conseils.

Le rôle de l'isolation thermique :

Le rôle de l'isolation thermique est de s'opposer au passage des flux de chaleur qui tendent à traverser la paroi, de l'ambiance la plus chaude vers la plus froide. En saison froide, ce mouvement va de l'intérieur vers l'extérieur. En été, c'est l'inverse. L'isolation thermique se mesure selon différents paramètres énergétiques :

La résistance thermique (notée R en $m^2.K/W$), correspond à la capacité du matériau à ne pas laisser passer la chaleur. Plus R est grand, plus le, matériau est performant. R est fonction de l'épaisseur (quand on double une épaisseur, on double R).

La conductivité thermique (notée λ : lambda en $W/m.K$), correspond à la quantité de chaleur qui traverse le matériau. Plus λ est petit, plus le matériau est isolant. Pour un bon isolant, le coefficient λ doit être le plus faible possible, idéalement compris entre 0,04 et 0,03.

(RAHMOUNI, 2020)

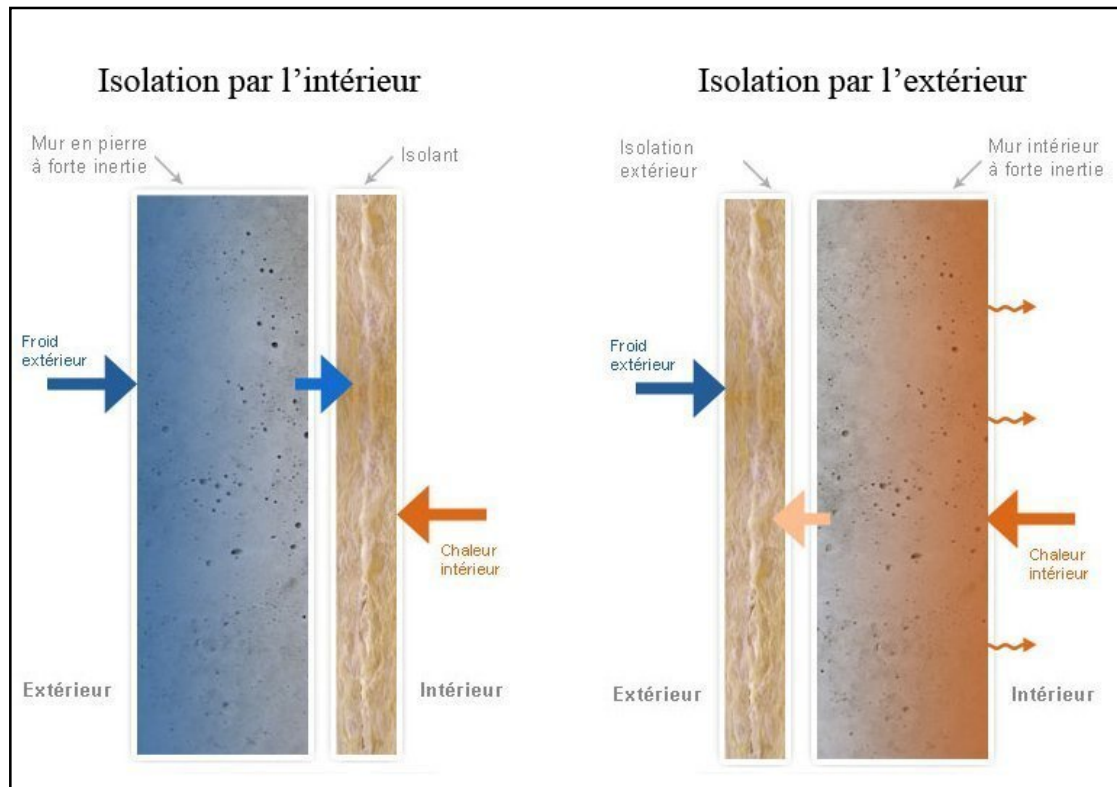


Figure II-10: Isolation par intérieur et par extérieur .Source: www.ma-maison-container.fr isolation 2021 .

Conclusion

La réhabilitation thermique des bâtiments joue un rôle crucial dans la transition vers une société plus respectueuse de l'environnement et plus économe en énergie. Ce chapitre a mis en évidence l'importance de cette pratique et a exploré les nombreuses facettes de la réhabilitation thermique, allant des techniques d'isolation à l'amélioration des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation. En réduisant la consommation d'énergie des bâtiments existants, la réhabilitation thermique contribue à la lutte contre le changement climatique, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la préservation des ressources naturelles.

Il est essentiel que les décideurs, les professionnels du bâtiment et les occupants prennent conscience de l'importance de la réhabilitation thermique et s'engagent à mettre en œuvre des mesures concrètes pour améliorer l'efficacité énergétique de nos habitations.

En investissant dans la réhabilitation thermique, nous créons des environnements plus durables, plus confortables et plus économiques, pour le bien-être des générations présentes et futur.

Chapitre III :

Présentation de cas d'étude

Chapitre III Présentation de cas d'étude

Introduction

Dans ce chapitre, nous plongeons au cœur de Metlili, une ville au croisement des influences géographiques, climatiques et urbanistiques singulières. Metlili bénéficie d'une situation géographique et astronomique remarquable, façonnant son climat et son développement urbain. Les conditions climatiques y sont marquées par un désert chaud et aride, dictant les modes de vie et les besoins en termes de confort thermique. L'évolution urbaine de Metlili, depuis ses origines jusqu'à nos jours, reflète l'interaction entre son environnement naturel et les activités humaines. Dans ce contexte, le choix de la maison d'étude revêt une importance particulière. Celle-ci représente un exemple significatif de l'habitat local, offrant des perspectives intéressantes pour comprendre les défis et les solutions en matière de confort thermique. Nous commencerons par présenter la situation géographique et astronomique de Metlili, puis nous aborderons ses conditions climatiques et son évolution urbaine, avant d'analyser en détail la maison sélectionnée comme cas d'étude.

I La situation géographique et astronomique de la ville de Metlili:

La commune 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 (RGPH2008) . et est repérée par les coordonnées suivantes :

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

Elle est limitée :

- 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. Le tissu urbain de la ville est constitué par des pôles d'évolution ou la vallée de Metlili est en voie de saturation.

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,

La Daïra de METLILI était rattachée au territoire de l'Ancienne wilaya dont elle dépendait (Wilaya de LAGHOUAT), actuellement elle relève du territoire de la Wilaya de GHARDAIA en tant que Chef-lieu de Daïra conformément au découpage Administratif survenu en 1984.

Son centre urbain est relié à la R.N.1 par une seul chemin de Wilaya N 106 et un chemin communal de Km qui la relie aux communs de Sebseb et Mansourah.(DJAANI, 2015)

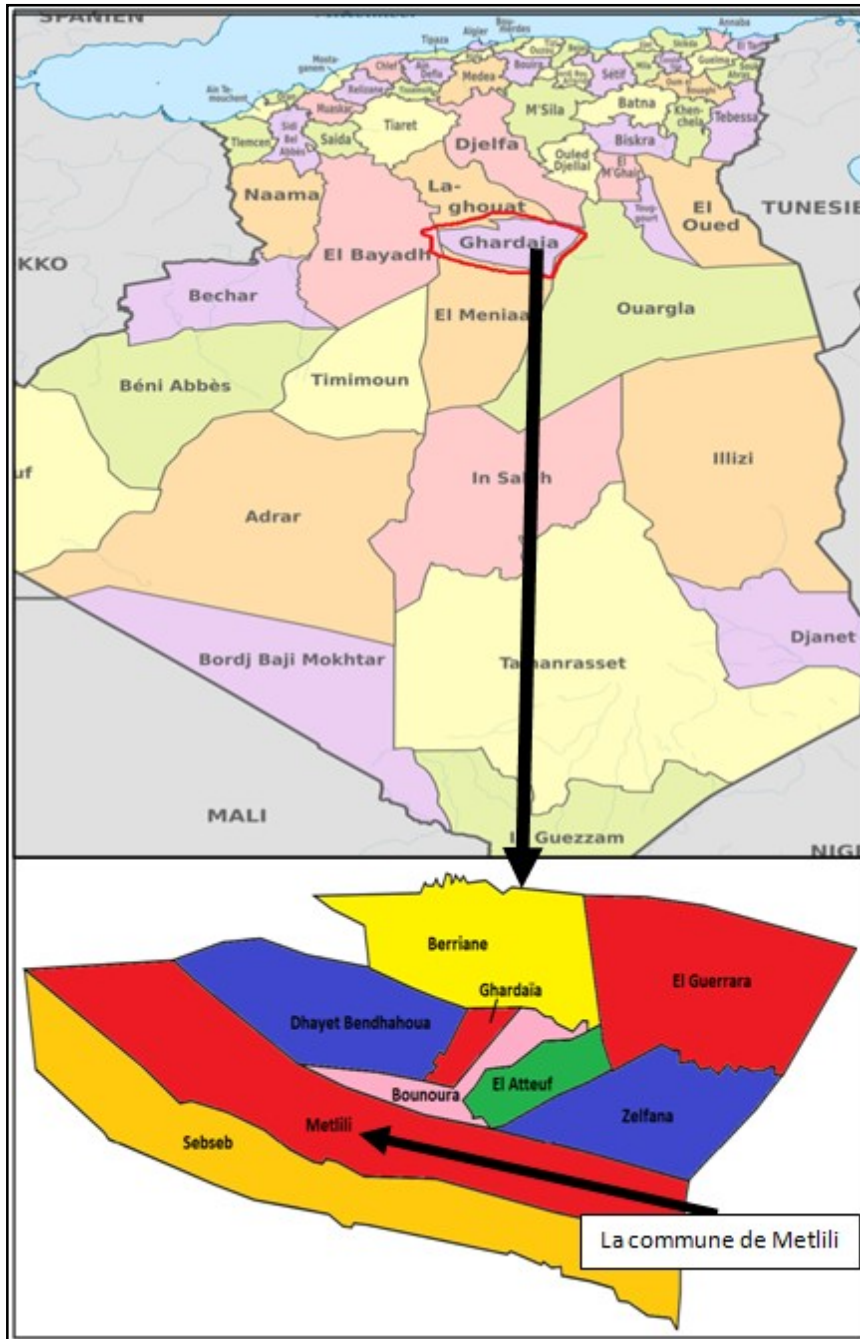


Figure III-1: Carte présente la commune de Metlili .Source : <https://gifex.com/> modifier par l'auteur.

II 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

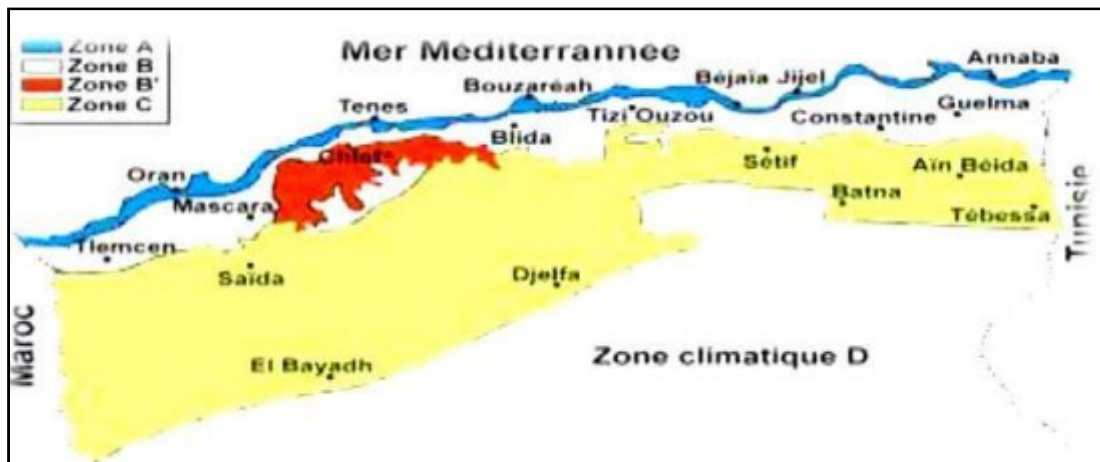


Figure III-2: Découpage des zones climatique. Source : www.mem-algeria.org.

Zone D : pré Sahara et Sahara	
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 fréquents observé généralement pendant les après-midi.

Tableau III-1 : Extrait des caractéristiques de la zone D. Source : Mazouz. S., 2004.

La wilaya de GHARDAIA, la daïra de Metlili classé comme Zone climatique D , selon le document technique réglementaire (D.T.R.C 3-2).

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.

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

III Evolution urbaine de la ville de Metlili :

La ville de Metlili était habitée par des nomades et des bédouins avant et pendant la colonisation, à l'exception de ceux qui se sont installés dans Vieux centre-ville ou vieux ksar .Après l'indépendance, la population a commencé à se concentrer dans la ville de Metlili dans plusieurs quartiers, de sorte que des quartiers ont été créés à partir du quartier El Hadika en 1969.Puis d'autres agrandissements menant à l'implantation du nouveau quartier Metlili qui est à 20 km du centre-ville en 1991 Puis d'autres agrandissements ont eu lieu ces derniers temps jouxtant la ville de Metlili dans la partie haute de celle-ci (quartier Al-Hadba, en 2001).

III.1 La première étape (avant le colonialisme) :

La centralisation de la ville à cette étape était représentée par vieux ksar , car il est considéré comme le premier noyau et un repère historique de la ville dans lequel diverses activités sont centrée .

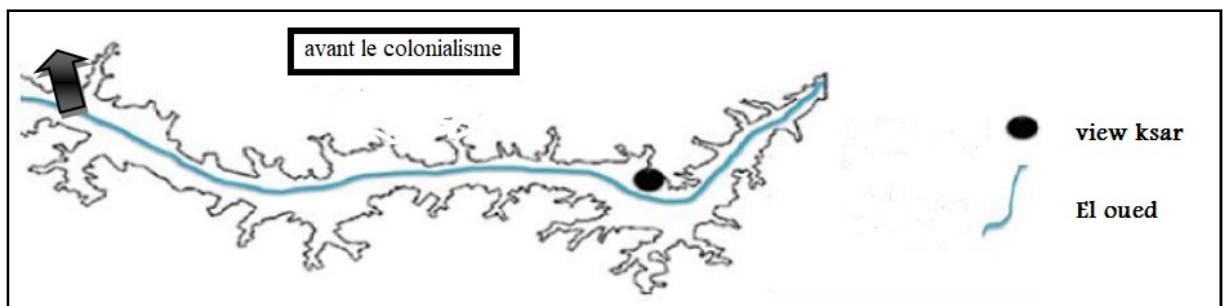


Figure III-3: Carte de la première étape (avant le colonialisme) .Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur.

III.2 La deuxième étape (la période coloniale) :

Le centre-ville à à cette étape était lié à l'implantation du colonisateur dans la place, comme on le remarque à proximité du palais, car la place est un site d'observation important (ce lieu deviendra le centre-ville après l'indépendance).

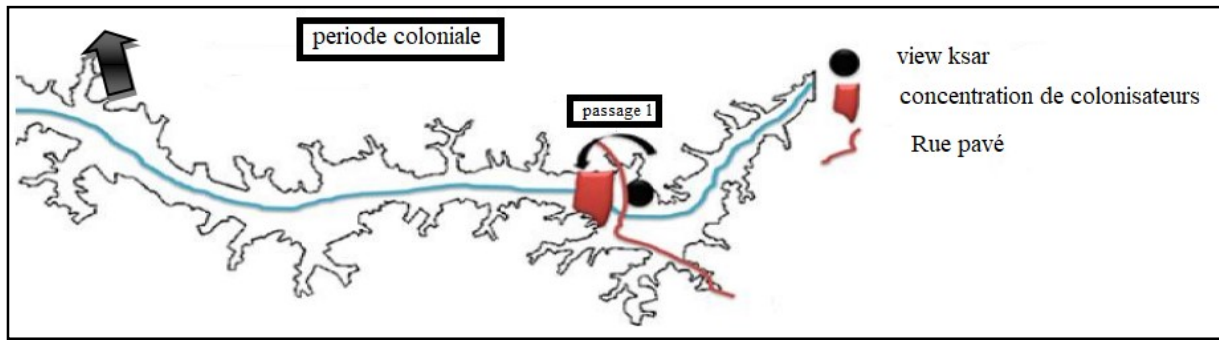


Figure III-4: Carte de la deuxième étape (la période coloniale) .Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur.

III.3 La troisième étape (après l'indépendance):

Après l'indépendance, le tissu urbain a commencé à s'étendre au niveau de la vallée puis au niveau de la route, puisque la plupart des services étaient programmés à côté, ce qui a fait qu'un nouveau pôle d'attraction (quartier du 20 novembre) est devenu l'avenir d'un des sites importants de la ville.

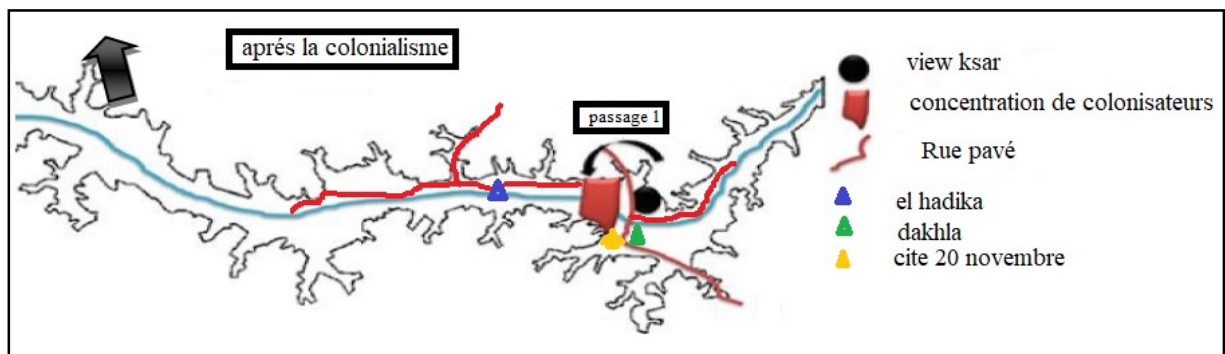


Figure III-5: Carte de la troisième étape (après l'indépendance) .Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur.

III.4 La quatrième étape (1990-2019) :

Après la croissance rapide du tissu urbain, le problème de l'épuisement de la base foncière est apparu, en plus de l'émergence du problème de la surpopulation et de la surpopulation. Les autorités concernées ont dû créer de nouveaux espaces d'expansion (quartier Al-Hadaba) et les soutenir avec divers équipements publics pour soulager la pression sur la ville.(2020، الحسين)

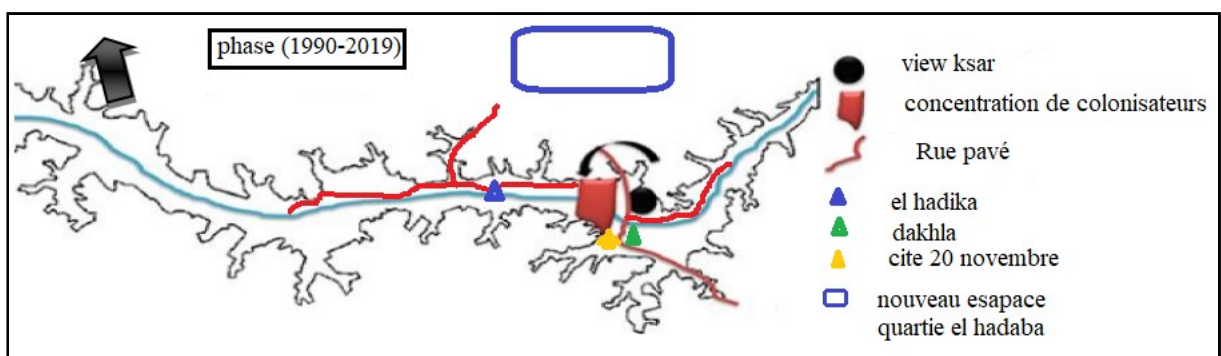


Figure III-6: Carte de La quatrième étape (1990-2019) .Source : (Elhoucine .2020) modifier par auteur.

IV Choix de la maison d'étude :

Le choix de notre maison s'inscrit dans ce contexte. C'est un habitat auto-construit qui a été conçu sans prendre en considération la notion du confort thermique et il n'est soumis à aucune exigence thermique et énergétique lors de son étude.

Le raison pour cette choix que la typologie de plan architectural plus utilisable dans les habitats situe a la ville de metlili d'après les types plus utilise dans les bureau d'études l'accessibilité à la maison et les informations de réalisation et (les plans et le type de matériaux le droit de usage de plan et prend de photo)

V Présentation de la maison d'étude :

Dans le cadre de cette étude, nous étudierons une maison moderne construite en 2016.

Cette habitation, et qui est composée d'un RDC plus une terrasse accessible (niveaux 3 m).

Le RDC contient un logement, qui est constitué deux chambre, sanitaire, une cuisine, un hall, un salon et une cage d'escalier menant à la terrasse.



Figure III-7:Deux photos présente façade de maison .Source : Auteur.

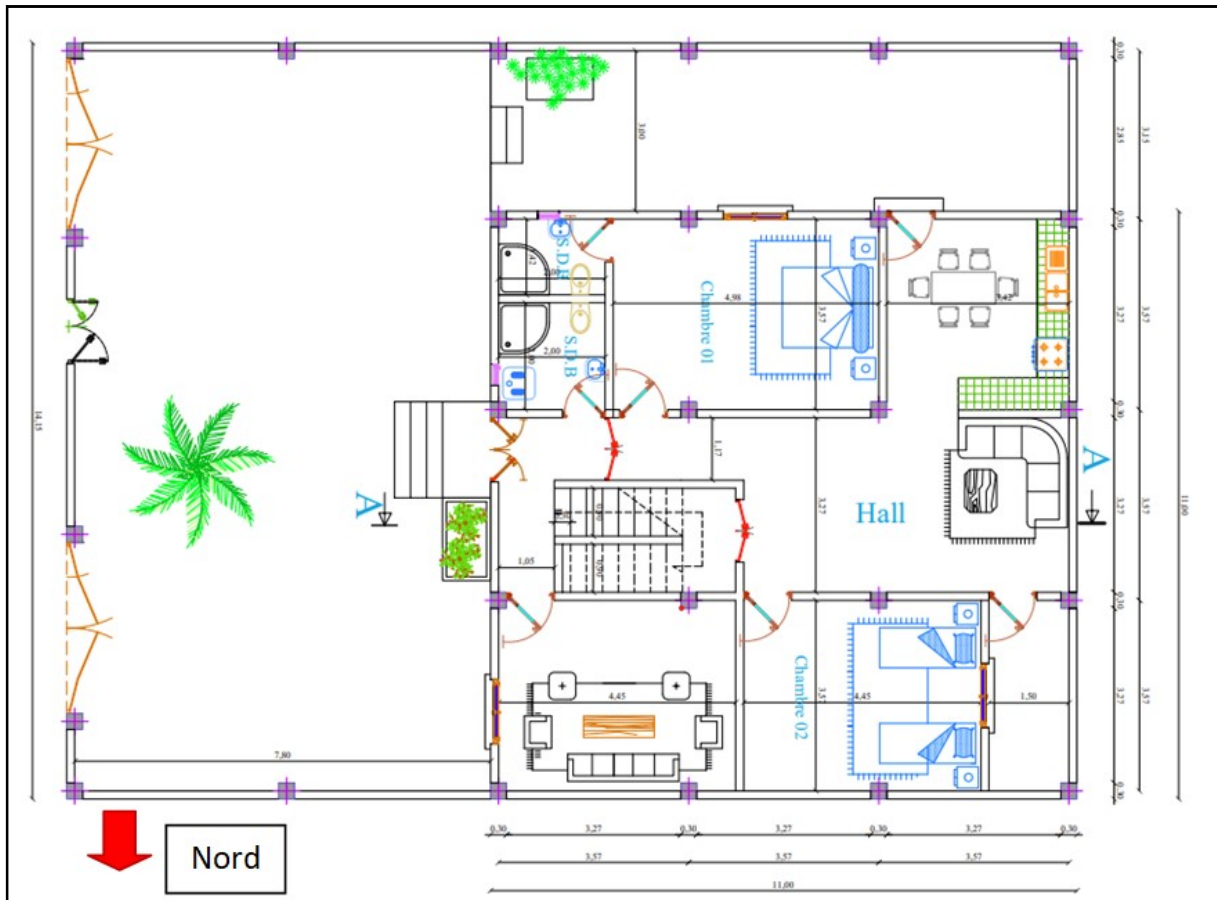


Figure III-8: Plan architectural de maison .Source : BTP RAOUDI.



Figure III-9: Illustration satellite de cas d'étude Source : google map .

VI Présentation de la maison d'étude :

Cette maison est implantée dans la commune de Metlili, quartier Esabkha un quartier situé à l'ouest de centre ville el-ksar environ 1,5 km du centre-ville et considéré comme le troisième arrondissement en termes de densité de population dans la ville et la maison est à environ 160 mètres de la rue principale au nord. Le quartier est situé sur la côte est de la vallée, comme mentionné dans le titre précédent (la vallée qui divise la ville en deux côtés, est et ouest).

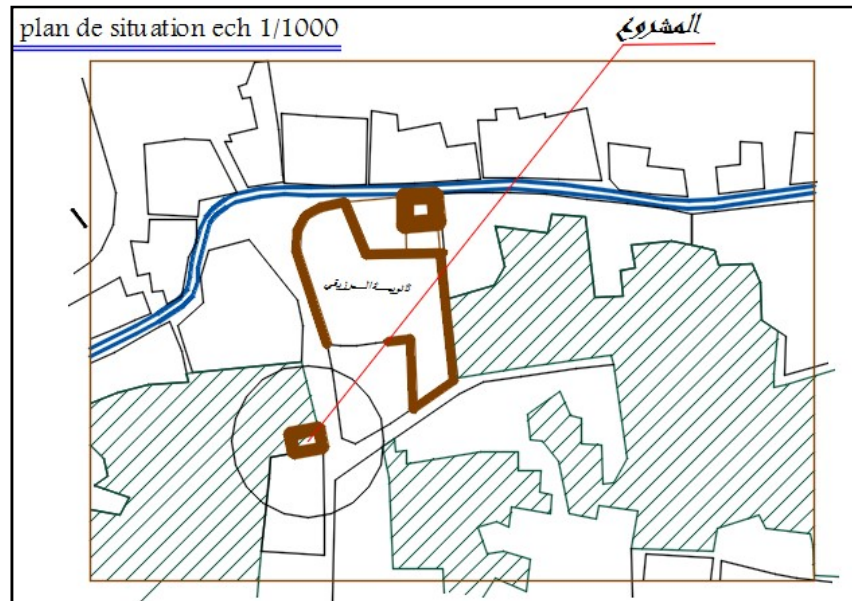


Figure III-10:Plan de situation de maison .Source : BTP RAOUDI.

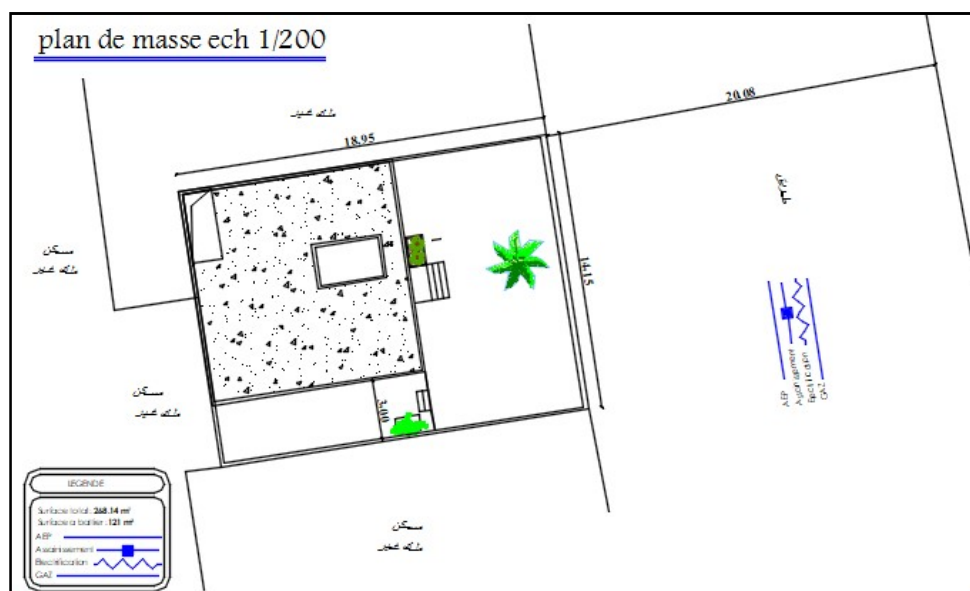


Figure III-11:Plan de masse de maison .Source : BTP RAOUDI.

VII Description de la maison d'étude :

Cette maison est composée d'un RDC d'une surface (121 m²) plus une terrasse accessible (niveaux 3 m).

Le RDC contient un logement, qui est constitué deux chambre, sanitaire, une cuisine, un hall, un salon et une cage d'escalier menant à la terrasse.

Avec les surfaces de zones suivant :

Salon : 15.88 m²

Chambre 1 :17.78 m²

Chambre 2 :15.88 m²

Hall : 20m²

Cuisine : 15.78m²

SDB : 7.15m²

Conclusion

En conclusion, Metlili se révèle être un lieu où les caractéristiques géographiques, climatiques et urbaines s'entremêlent pour façonner son identité unique. Sa situation géographique et astronomique spécifique influence son climat aride et sa croissance urbaine. Le choix minutieux de notre maison d'étude reflète ces réalités, permettant une analyse approfondie des défis et des opportunités en matière de réhabilitation thermique et énergétique.

Chapitre IV :
Représentation et discussion
des résultats

Chapitre IV : Représentation et discussion des résultats

Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'évaluation de deux scénarios de réhabilitation construit de la base de données tiré de la partie théorique, dont l'objectif est l'amélioration de l'environnement interne de cas étudié.

La simulation du variable des scénarios proposé est faite par l'usage de logiciel EnergyPlus qui présente l'un des logiciels fréquents utilisés par les chercheurs dans le domaine de thermique de bâtiment.

I Méthodologie de travail :

La réhabilitation thermique proposée pour le cas d'étude en question s'agit de l'amélioration de deux facteurs tirés de la conclusion de chapitre II :

- L'isolation de l'enveloppe extérieure par l'utilisation de deux matériaux disponible sur le marché algérien : le polystyrène expansé et le liège aggloméré noir expansé
- l'amélioration de l'épaisseur de l'enveloppe bâtie (l'inertie de l'enveloppe) par l'ajout d'une double paroi en brique creuse pour ralentir l'entrée de la chaleur a l'intérieure des espaces.

Sur le plan méthodologique, L'étude quantitative de la réhabilitation est réalisée par une simulation thermique qui traite les conditions thermiques de la période hivernale et estivale en utilisant le logiciel EnergyPlus (version 8.7.0)

Les résultat obtenus ont ensuite été soumis à une évaluation comparative par apport les données initiales de l'enveloppe en question et la température de confort dictée par la norme ASHRAE 55-2010 (dans laquelle la température de confort dépend de divers facteurs, dont la température de l'air, la température radiante moyenne, l'humidité, la vitesse et la direction de l'air, le taux métabolique et les niveaux de vêtements).

II Etapes de la simulation par EnergyPlus :

Le logiciel calcule le comportement de différentes zones thermiques d'un bâtiment en régime dynamique et il permet également :

- d'avoir la possibilité de modéliser tous les éléments souhaités dans l'enveloppe Celle-ci comporte souvent : Une description de l'enveloppe du bâtiment, avec indication de la composition des parois, des vitrages, des portes... et des propriétés physiques (thermiques et optiques) des matériaux qui les constituent.
- Simuler la température int,ext et l'humidité relative de l'enveloppe ...

II.1 Modélisation de cas d'étude par Google Sketch Up :

Pour la modélisation des zones thermiques représentatives du cas d'étudiant a utilisé le logiciel Google Sketch Up qui représente un logiciel de dessin très rapide, simple a utilisé, qui permet à **EnergyPlus** d'identifier et visualisé le model 3D du bâtié dans tous ses détails grâce à l'extension Euclid.

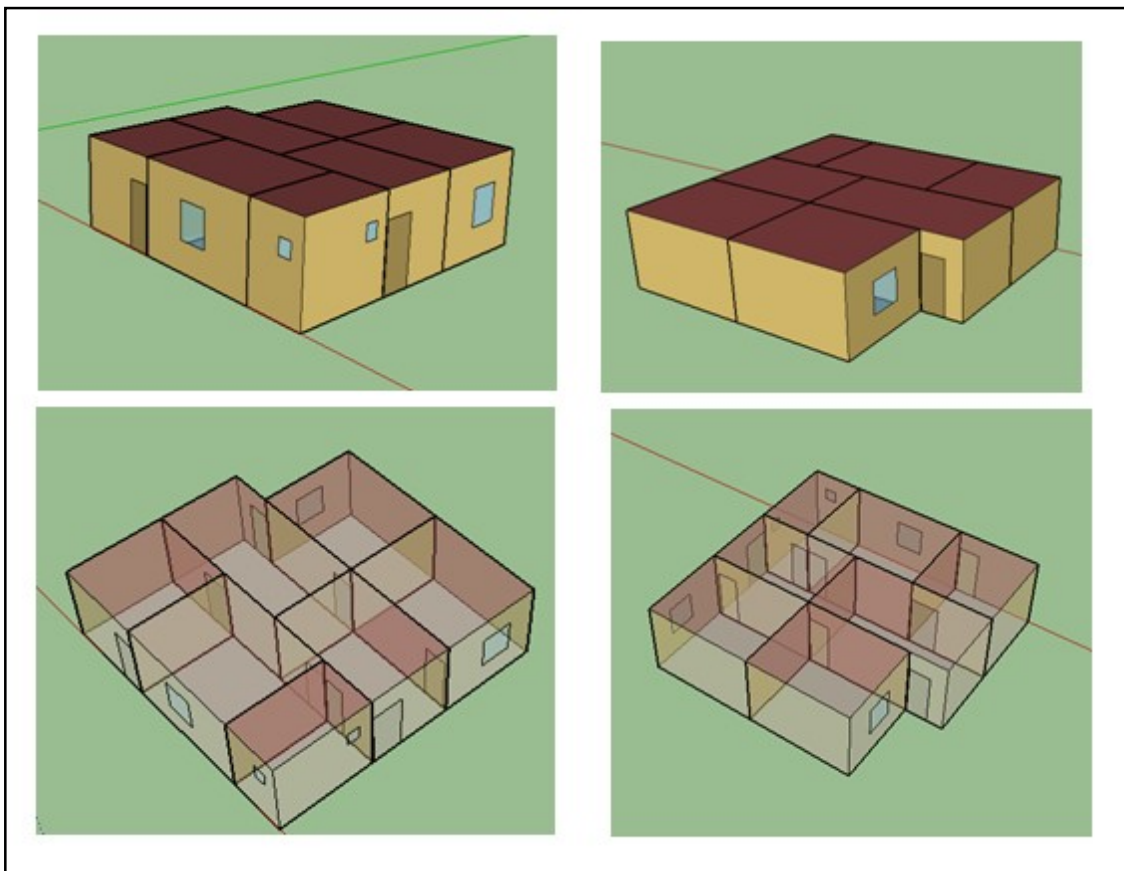


Figure IV-1:Modélisation en 3D de cas d'étude par Google Sketch Up .**Source:** Auteur.

II.2 L'identification de cas d'étude en utilisant IDF Editor :

Cette étape a pour objectif d'identifier :

1 - La localisation de cas d'étude

2- 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.

3- les caractéristiques thermiques des matériaux de construction comme suivant :

Cas initial	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
Mur intérieur	Enduit de plâtre	0,01	1,5
	Brique	0,1	1,31
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Dalle flottante	Dalle en béton	0,1	1,4
	Mortier de ciment	0,05	1,5
	Carrelage	0,03	1,2
Planchers	Dalle de compression	0,04	1,4
	Corps creux	0,16	1,2
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
fenêtre	Vitrage simple	0.004	1,05

Tableau IV-1: Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction (cas initial) .Source : Donnée consultée dans l'état de l'art.

Cas amélioré	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	0,1	1,31
	Isolant	0,037/0,04	0,05
	Enduit en ciment parpaing	0,02	1,15
	Enduit de plâtre	0,15	1,75
Mur intérieur	Enduit de plâtre	0,01	1,5
	Brique	0,1	1,31
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Dalle flottante	Dalle en béton	0,1	1,4
	Mortier de ciment	0,05	1,5
	Carrelage	0,03	1,2
Planchers	Isolant mousse minéral	0,04	0,05
	Dalle de compression	0,04	1,4
	Corps creux	0,16	1,2
	Enduit de plâtre	0,01	1,5
Fenêtre Double vitrage	Vitrage simple	0.004	1,05
	air	0,0 16	0,16
	Vitrage simple	0.004	1,05

Tableau IV-2: Les caractéristique thermique des matériaux de construction (cas amélioré) .Source : Donnée consultée dans l'état de l'art.

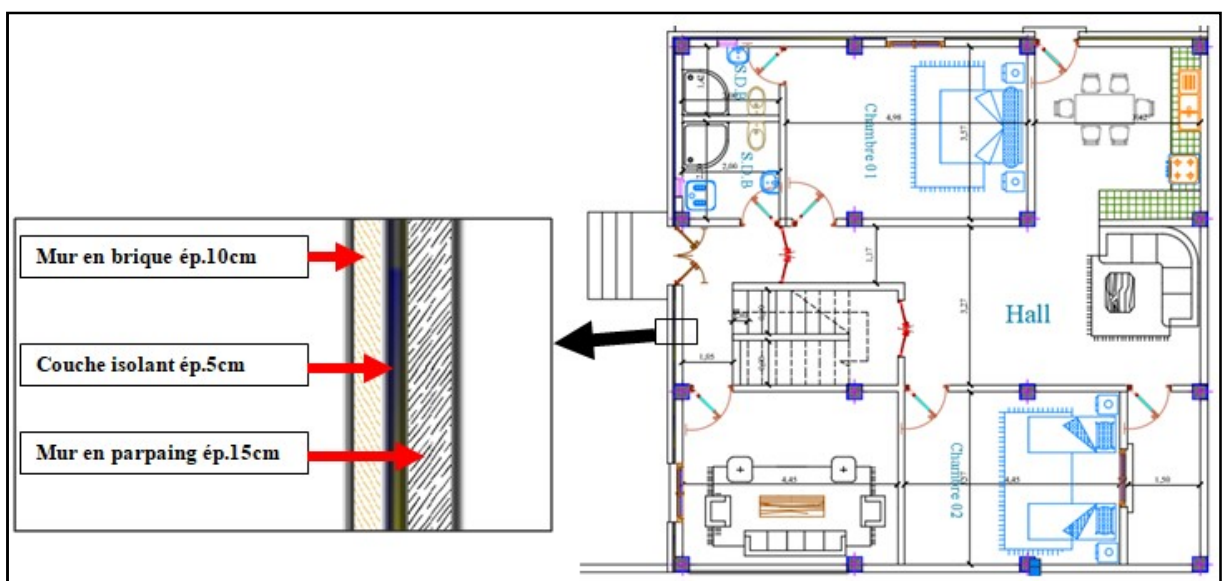


Figure IV-2: Schéma de la proposition d'isolation des murs extérieurs .Source: Auteur.

4- l'identification des variables de la simulation :

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

II.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 site de Metlili comme la latitude, la longitude et l'altitude du lieu).
- 3- Le fichier climatique utilise dans la simulation est collecter de la station météorologique GHARDAIA/NOUMERAT

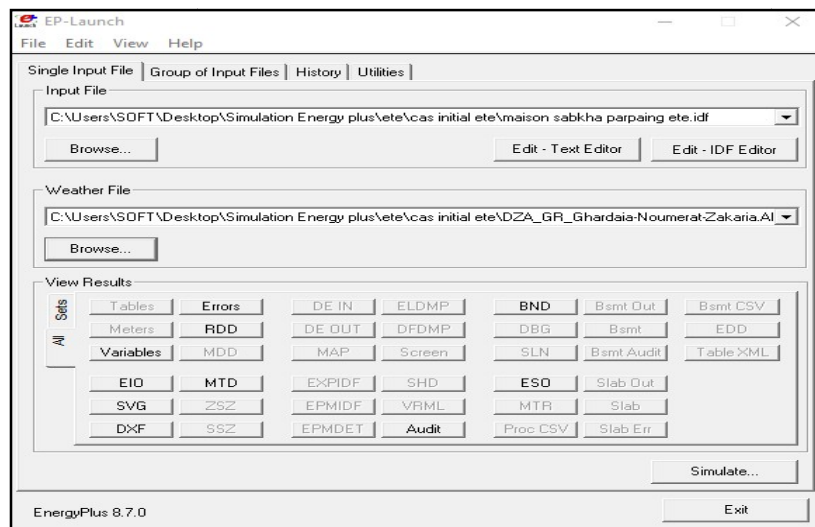


Figure IV-3:la simulation par EP- Launch. .

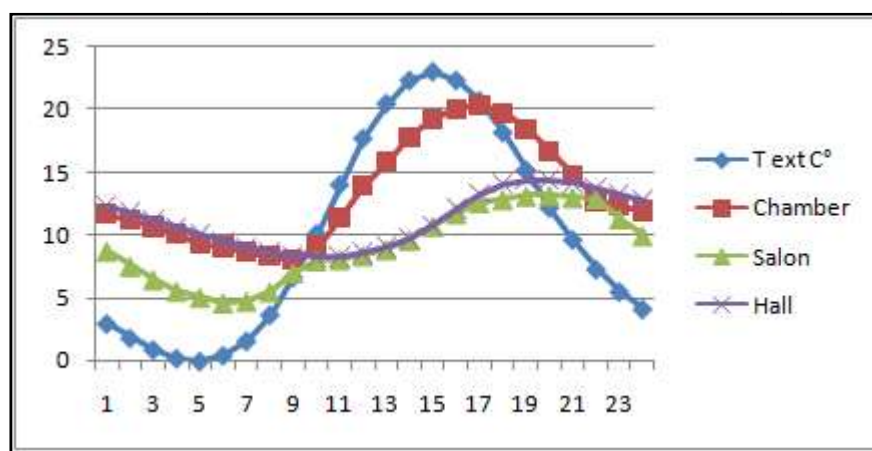
Source : Auteur.

III Représentation et discussion des résultats :

III.1 - La simulation de conditions réelles de cas d'étude :

Les figures 04 et 05 représentent le tracé de la température d'air extérieur et intérieur de trois zones thermiques concernées par la simulation de cas d'étude : le salon, la chambre 1 et le Hall. Les 03 zones représentent les trois espaces de l'habitation orientés vers l'extérieur ou dans lesquels les occupants de la maison passent la majorité de leur temps, et par conséquent il est important d'assurer le confort thermique.

A- La période hivernale :



Graphique IV-1: Résultats de la simulation des conditions réelles durant la période hivernale. Source: Auteur.

Durant la période hivernale :

La température de l'air extérieur est évoluée en deux périodes comme suivant :

- Une diminution graduelle compris entre 3°C et $1,60^{\circ}\text{C}$ de 1h jusqu'à 6h de matin et entre $22,30^{\circ}\text{C}$ et $4,10^{\circ}\text{C}$ de 17h jusqu'à midi minuit.

- une augmentation de 7h jusqu'à 17h compris entre $3,7^{\circ}\text{C}$ et 23°C qui présente le pic de la température de la journée.

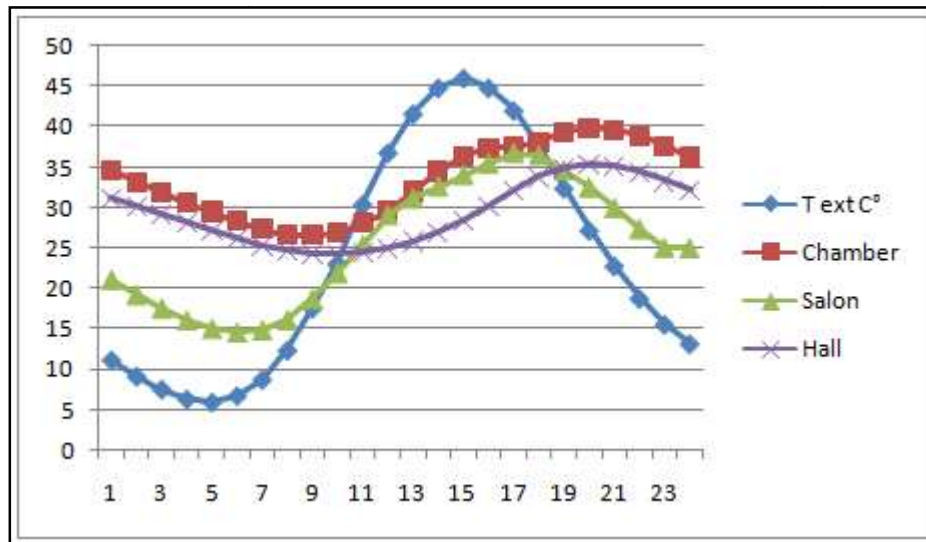
Pour la température interne de différentes zones d'étude, généralement, elle se diminue et s'augmente graduellement avec celle externe. On note :

Pour le salon : Des faibles valeurs de la température qui se varient entre : 8°C à $4,5^{\circ}\text{C}$ de 1h jusqu'à 6h de matin, entre $5,5^{\circ}\text{C}$ à 13°C de 7h jusqu'à 19h et de 13°C et 10°C de 19h jusqu'à midi minuit.

Pour la chambre, les températures affichées varient entre 9°C à $20,30^{\circ}\text{C}$ de 10h jusqu'à 17h qui présente le meilleur résultat comparant aux valeurs enregistré dans les autres zone d'étude.

Pour le Hall, l'évolution de la température interne ne subit pas des grandes fluctuations par rapport à celle enregistré dans la chambre et le salon. Elles augmentent graduellement de 8,30C° à 11h jusqu'à 14,40C° à 8h et elle commence à se diminué jusqu'à la valeur enregistré à 11h

B- La période Estivale :



Graphé IV-2:Résultats de la simulation des conditions réelles durant la période estivale. **Source:** Auteur.

La température de l'air extérieur est évoluée en deux périodes comme suivant :

- une augmentation graduelle de 8h jusqu'à 15 h compris entre 8,8 C° et 46 C° qui présente la température pic de la journée de la simulation
- une diminution graduelle compris entre 44,8 C° a 27,30 C° de 16h jusqu'à 9h de matin

Pour la température interne de différentes zones d'étude :

La température enregistrée dans le salon se varie graduellement avec celle enregistré à l'extérieur avec une température max de 36,68C° à 17h et un déphasage thermique de 1h par rapport à l'extérieur

Le tracé de la température interne de : Hall est évoluée parallèlement avec celle de la chambre

Les valeurs de la température intérieure de la chambre sont les plus grands par apport celles enregistrées dans les autres espaces.

III.2 Interprétation et discussions des résultats :

-La fluctuation de la température extérieure entre le jour et la nuit durant les deux périodes hivernale et estivale décrit les conditions climatiques dures de la zone d'étude qui demande un certain niveau de confort thermique à l'intérieur des habitations pour les occupants.

Les grandes valeurs de la température enregistrées dans la chambre durant la période estivale sont dû au bénéfice du gain de la chaleur résultant de l'orientation Sud de l'espace sachant que les autres murs de la zone thermique est en contact avec l'interface interne des autres espaces.

La faible fluctuation des températures intérieures dans le hall durant les deux périodes est conséquente de la position centrale de la zone thermique qui limite les échanges thermique à l'extérieur se qui joue un rôle d'une isolation thermique.

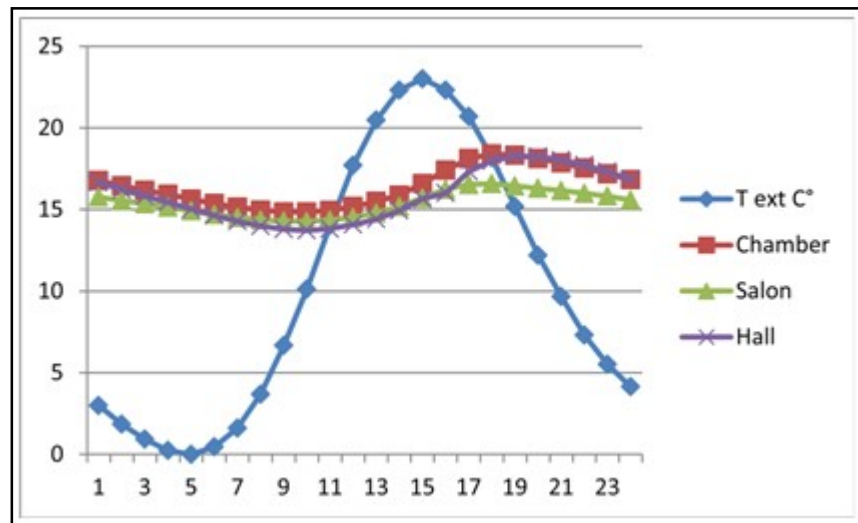
Généralement, le changement graduel et parallèle entre la température de l'air extérieur et la température interne enregistré dans les trois zones étudié est résultant de :

- la faible résistance du parpaing dû à une valeur considérable de sa conductivité thermique
- la grande surface de plancher exposé aux rayons solaires sachant que les matériaux qu'elle compose n'est pas bien adaptés au climat chaud pour assurer le confort thermique
- les pertes de chaleur durant la période hivernale et les gains de chaleur durant la période estivale.

Le faible déphasage thermique entre les températures intérieur des 03 zones thermiques étudiées et les températures de l'air extérieur enregistré de 1h à 2h pour les deux périodes concernés par la simulation est conséquent de : la faible inertie et les propriétés thermiques des matériaux de l'enveloppe.

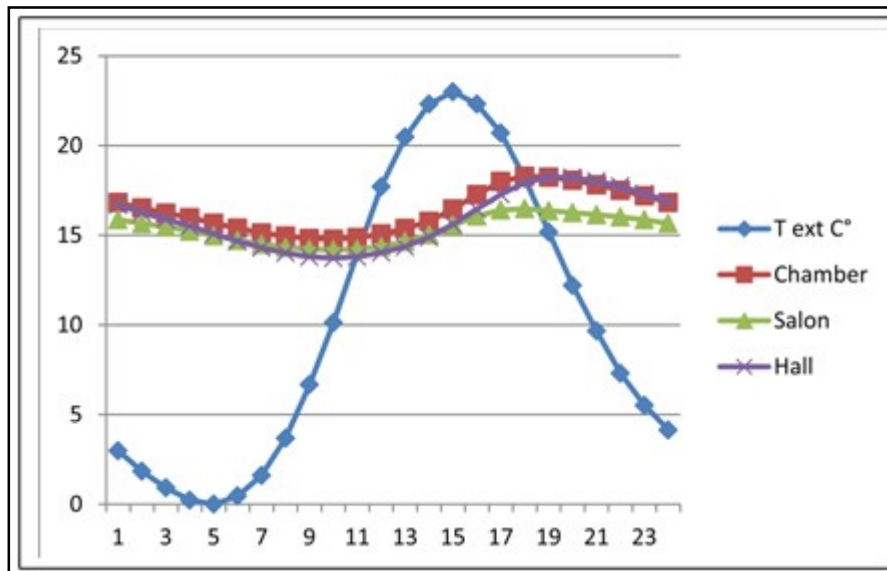
III.3 -La simulation de la proposition de la réhabilitation :
A- La période hivernale :

-Polystyrène



Grphe IV-3:Résultats de la simulation de cas amélioré par l’usage des panneaux de polystyrène durant la période hivernale .**Source :** Auteur.

-Liège



Grphe IV-4:Résultats de la simulation de cas amélioré par l’usage des panneaux de liège durant la période hivernale. **source :** Auteur.

La comparaison des résultats obtenus de la simulation la figure 6 et figure 7 montre que l'utilisation des panneaux de liège expansé pour l'isolation des murs donnent un résultat amélioré de 1C° par rapport à l'utilisation des panneaux de polystyrène expansé.

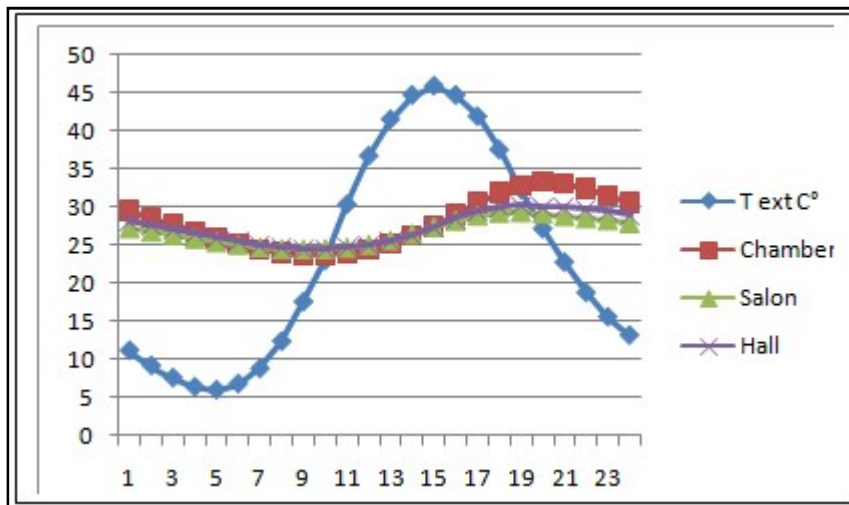
Les tracés de la température intérieure des zones thermiques étudiées figure 6 et figure 7 sont évolués parallèlement l'un à l'autre différemment au tracé de la température de l'air extérieur

On remarque :

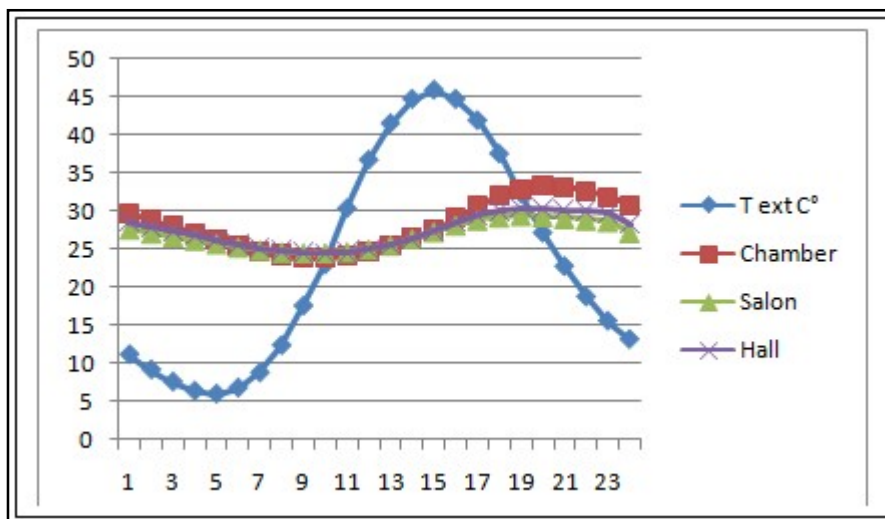
- Une diminution de la température intérieure dans le salon d'un moyennement de 2C° entre 17h à minuit par rapport celle de l'espace chambre et Hall.
- une faible amplitude de $0,5\text{C}^\circ$ à 1C° entre la température intérieure enregistrée dans chaque zone thermique.
- les températures intérieures évoluent graduellement de 14C° à 18C° entre 8h à 19h et elles commencent à se diminuer légèrement la nuit, ou on note une grande amplitude avec celles enregistrés à l'extérieur

Les températures intérieures enregistrées subissent à une amélioration de 5C° à 6C° par rapport les conditions réelles.

- Un déphasage thermique d'ordre de 4h à 5h amélioré de 3 h à 4 heures par rapport celle remarqué pour les conditions réelles.

B- La période Estivale :

Graph IV-5: Résultats de la simulation de cas amélioré par l'usage des panneaux de polystyrène durant la période estivale. **Source :** Auteur.



Graph IV-6: Résultats de la simulation de cas amélioré par l'usage des panneaux de liège durant la période estivale. **Source :** Auteur.

La comparaison des résultats obtenus de la simulation la figure 8 et figure 9 montre que l'utilisant des panneaux de liège expansé pour l'isolation des murs donnent un résultat amélioré de $0.5C^{\circ}$ par apport à l'utilisation des panneaux de polystyrène expansé.

Les tracés de la température intérieure des zones thermiques étudiées figure 6 et figure 7 sont évoluées parallèlement l'un a l'autre différemment au tracé de la température de l'air extérieur

On remarque :

- une augmentation de la température intérieure dans la chambre d'un moyennement de 2C° entre 17h à minuit par rapport celle de l'espace salon et Hall.

- une faible amplitude de $0,5\text{C}^\circ$ à 1C° entre la température intérieure enregistrée dans chaque zone thermique.

- les températures intérieures évoluent graduellement de 24C° à 33C° entre 9h à 20h et elles commencent à se diminuer légèrement la nuit. On note une grande amplitude durant la journée avec celles enregistrés à l'extérieur.

Les températures intérieures enregistrées subirent à une amélioration de 3C° à 8C° par rapport les conditions réelles.

-Un déphasage thermique d'ordre de 4h à 5h amélioré de 3 h heures par rapport celle remarqué pour les conditions réelles.

III.4 Interprétation des résultats

-L'existence d'une faible différence du résultat entre l'utilisation des panneaux de liège expansé et les panneaux de polystyrènes pour l'isolation des murs extérieurs est dû à la faible différence entre la conductivité thermique de deux matériaux, sachant que le liège a une résistance thermique supérieure à celle de polystyrène.

- le tracé de la température intérieur des zones thermiques est évolué parallèlement grâce à l'effet d'isolation thermique de l'enveloppe bâti.

- l'inertie de l'enveloppe améliorée et la faible conductivité thermique des matériaux choisis pour l'isolation ont jouées un rôle considérable pour ralentir les surchauffes et les chutes de températures trop rapides à l'intérieur de la maison.

-La diminution de la température intérieure dans le salon par rapport les autres pièces de la maison durant l'hiver est dû à l'orientation EST qui n'offre pas un grand apport des rayons solaires. Contrairement à l'espace chambre qui affiche une augmentation de la température durant l'été grâce à l'orientation Sud qui offre des apports solaire indésirable qui demande une protection solaire.

- **Durant la période hivernale** : l'amélioration de l'inertie thermique a permis à l'enveloppe de la maison d'emmagasiner la chaleur la matinée en évitant les grandes fluctuations de température intérieure et les chutes des températures trop rapides.

Le soir, la chaleur emmagasinée restitue ralentir l'entrée du froid grâce au déphasage thermique remarquable

- **Durant la période estivale** : l'enveloppe se rafraîchit durant la nuit puis restitue du froid durant la journée en évitant les surchauffes grâce à l'efficacité de l'isolation

IV Comparaison entre les isolantes (liège et le polystyrène) :

	Polystyrène	Liège
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Il offre une bonne performance thermique - Il est imputrescible et résiste à l'humidité. -Sa durée de vie est importante. -Son coût est faible. 	<ul style="list-style-type: none"> -Difficilement inflammable, - résistant à l'humidité, - résistant aux nuisibles - bonne isolation phonique -Recyclable, réutilisable et très durable - Résistance aux coups -Bonne force de pincement -Flexibilité -Il offre une bonne performance
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> N'étant pas issu d'une ressource renouvelable, Sa production demande beaucoup d'énergie grise. Peut être très dangereux en cas de feu car il dégage des fumées toxiques 	<ul style="list-style-type: none"> -Son coût est relativement élevé

Tableau IV-3: comparaison entre le liège et le polystyrène. **Source:** Auteur.

- **Devis estimatif et quantitatif de Réhabilitation**

Surface isolée	Type matériaux	Surface	N panne	Prix u	Prix total
Mur Sud	Polystyrène	29m ²	16 pannes (1x2m ²)	1000da	16000da
	Liège		60 pannes (0.5x1m ²)	966.875da	58012.5 da
	Mur brique(avec réalisation)		29 m ²	920 da/ m ²	26680da
Mur EST	Polystyrène	28.8m ²	16 pannes (1x2m ²)	1000da	16000da
	Liège		60 pannes (0.5x1m ²)	966.875da	58012.5 da
	Mur brique(avec réalisation)		29 m ²	920 da/ m ²	26680da
Toiture	Mousse minéral (5cm.ép)	107.66m ²	107.66x0.05= 5.383m ³	44000da/m ³	236852da

Tableau II V-4 : Devis estimatif et quantitatif de Réhabilitation .**Source:** Auteur.

- Devis d'isolation avec polystyrène total est :

$$(16000 \times 2) + (26680 \times 2) + 236852 = \mathbf{322212da}$$

-Devis d'isolation avec liège total est :

$$(58012.5 \times 2) + (26680 \times 2) + 236852 = \mathbf{406237da}$$

Conclusion

- La simulation thermique présente un outil d'aide à la découverte préalable de l'efficacité des scénarios de réhabilitation proposée en vue de l'amélioration de l'environnement intérieur d'un bâtiment.

- la réhabilitation proposé par notre étude à l'objectif d'améliorer l'efficacité thermique de l'enveloppe construit en parpaing à mauvaise résistance thermique, à travers l'étude de deux scénarios qui ont nous offris un résultat similaire d'un prix variable ou l'intérêt est de permettre au client privé un choix efficace a un prix battable.

La proposition d'étude s'agit :

- D'améliorer l'isolation thermique des murs extérieurs par l'utilisation des matériaux isolants existants sur le marché : panneaux de lièges expansés et les panneaux de polystyrènes.
- D'améliorer l'isolation thermique de planchers type corps creux
- L'amélioration de l'inertie thermique des murs extérieurs par l'intégration de double paroi en brique creuse à 10cm.
- L'utilisation d'in double vitrage.

Le résultat obtenu montre un bénéfice d'un déphasage thermique important de 3 h à 5h qui varie selon l'amplitude entre les conditions climatique interne et externe.

La température interne de l'habitation isolée presque constante tout au long de la journée et durant les deux périodes estivale et hivernale, avec une faible amplitude de 1 °C entre zonage thermique. La stabilité de la température interne est le résultat de la capacité thermique de la brique associé à une couche d'isolation avec l'utilisation d'un vitrage double ,qui a permis de ralentir les apports thermiques extérieurs, en diminuant leur pénétration à travers les murs durant l'été et limité les transfère de la chaleur à l'extérieur durant l'hiver.

Sans oublier l'effet considérable de l'isolation de la plancher qui présente la grande surface exposé aux rayons solaires de maison d'étude.

Conclusion générale

Conclusion générale :

La réhabilitation thermique représente un processus primordial pour limiter la demande accrue en énergie dans les habitations à faible résistance thermique, car elle permet d'améliorer une situation d'inconfort liée d'un part ,à la mauvaise capacité thermique de l'enveloppe bâtie et d'un autre, aux conditions climat de la région d'étude.

Aujourd'hui, la simulation thermique assure un outil d'aide pour la réhabilitation thermique car elle offre des résultats préalables, qui aident à la découverte la solution la plus convenable.

A la lumière des résultats obtenus de l'étude d'amélioration thermique portée sur l'enveloppe de notre ca d'étude, on peut citer les recommandations suivantes :

-Pour améliorer l'efficacité thermique des habitations construites par des matériaux à faible résistance thermique, il est conseillé d'intervenir sur l'augmentation du facteur d'inertie thermique associé à une isolation à l'extérieur, car il vous assure une température légèrement stable avec un déphasage thermique de 4h à 5h,

- L'isolation thermique à l'extérieur offre une grande capacité de protection contre l'effet de la fluctuation de la température extérieure durant le jour et la nuit le long de deux périodes estivale et hivernale, car l'isolation limite le transfert de chaleur vers l'extérieur durant l'hiver et ralentit l'entrée des apports solaires indésirables durant l'été.

En été, il est conseillé d'ajouter une protection solaire aux fenêtres orientées SUD et OUEST pour éviter les surchauffes.

-l'utilisation de liège expansé dans la réhabilitation thermique offre une efficacité similaire à celle de polystyrène expansé mais à un coût élevé.

Référence

Bibliographie :

Ouvrage :

-**European commission thermie. (1995-1997).** The demonstration component of the Joule-Thermie programme. Brussels .Belgium: Directorate-General for Energy DG XVII.

-**Haut, P. D. (2011).** Chauffage, isolation et ventilations écologiques fich technique de li. saint-germain: eyrolles.

-**Heschong., L. (1999).** Daylighting in Schools. California: The Pacific Gas and Electric Company on behalf of the California Board for Energy Efficiency Third Party Program.

Salomon, T., & Bedel, S. (2004). La maison des [nega]watts. Terre vivante.

Thèse de doctorat :

-**HEBBAL, B. (2022).** Optimisation de la consommation énergétique d'un habitat saharien par des techniques passives. Ouargla: these doctorat Université Kasdi Merbah Ouargla.

-**RAHMOUNI, S. (2020).** Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique. Batna: Université Mostepha Ben Boulaid- Batna 2 .

Mémoire de master et magistère :

-**BENGHALIA, A., & KEMAOUN, W. (2020).** Une façade double peau pour un meilleur confort thermique Projet : hôtel touristique thermal a Khenchla El Hamma. OUM EL BOUAGHI: DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE UNIVERSITÉ L'ARBI BEN MHIDI OUM EL BOUAGHI.

-**BOUROUINA, A. (2017).** Evaluation du confort thermique dans un complexe thermal. Guelma: Mémoire de Master 'Université 08 Mai 1945 de Guelma Département d'Architecture.

-**DJAANI, M. (2015).** ETUDE DU RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA NOUVELLE VILLE D'EL GAADA-METLILI (WILAYA DE GHARDAIA) AVEC CARACTERISATION PAR UN SIG. GHARDAIA: Mémoire de Master DEPARTEMENT DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE Université de GHARDAIA .

-**MERZEG, A. (2010).** La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie. TIZI OUZOU: MÉMOIRE de l'obtention du diplôme de Magister UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI – TIZI OUZOU.

-**Mohammed, M. (2012).** Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou). Tizi Ouzou: MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

-**MATALLAH.Z .(2016).**Efficacite des materiaux de construction et confort thermique en zone chaude et aride .Séminaire International sur les Matériaux Locaux et la Construction Durable (SIMaLoCoD). Université Adrar.

- **ح. الحسين (2020).** دراسة حالة قصر متليلي الشعانية-التدخلات العمرانية على الانسجة العمرانية القديمة .(مذكرة ماستر قسم علوم الارض والكون جامعة محمد خيضر بسكرة :بسكرة

Revue et article scientifique :

-**Jenning, B. H., & Givoni, B. (1959).** Environmental reactions in the 80° - 105° F zone. ashve .

-**Kadri, N., & Mokhtar, A. (2011).** Contribution à l'étude de réhabilitation thermique. Revue des Energies Renouvelables , Vol. 14 N°2 (301 – 311).

-**Perez, M. (2018).** Stratégies bioclimatiques pour les bâtiments économes en énergie. la revue scientifique Techniques de l'Ingénieur.

-**V.CANDAS. (s.d.). CONFORT THERMIQUE.** techniques de l'ingenieur .traité génie énergétique (BE 9 085).

Autre source (cour et outil numérique) :

-**IMESSAD, K. (s.d.). RETA-** Logiciel d'application de la Réglementation Thermique Algérienne.

-**Julie, G. (2018).** Encyclopédie de la construction. Récupéré sur encyclopedie de l'environnement: <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivre/habitation/>

-**Laroui.A. (2021-2022).** la thermique du bâtiment. universite de ghardaia.

-**Manuel, G., Laurence, M., & Frédéric, S. (2008-2009).** Rénovation durable des bâtiments collectifs HLM. Formation Développement Durable et Qualité Environnementale . Reims: Formation Développement Durable et Qualité Environnementale; Mémoire DDQE.

-**National Institute of Building Sciences. (2019).** Building Envelope Design Guide - Thermal Performance.

Site internet :

-**ADEME. (s.d.).** Guide méthodologique pour la réalisation de bilans thermiques simplifiés de bâtiments existants. Récupéré sur <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-metho-bilan-thermique.pdf> . consulté le 03/2023

-**ADEME. (2017).** La rénovation énergétique des bâtiments : un enjeu majeur pour la transition énergétique. Récupéré sur ADEME: <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-renovation-energetique-batiments.pdf>. consulté le 03/2023

-**CUPA PIZARRAS. (2019, 04 26).** Façade ventilée : fonctionnement, structure et avantages. Récupéré sur CUPA PIZARRAS: <https://www.cupapizarras.com/fr/actualite/facade-ventilee-fonctionnement-avantages/> . consulté le 05/2023

-**Energie plus. (2007).** Récupéré sur <https://energieplus-lesite.be/theories/enveloppe9/autres-phenomenes-thermiques/inertie-thermique> . consulté le 04/2023

-**World Health Organization. (s.d.).** Thermal Comfort in Buildings. Récupéré sur https://www.who.int/occupational_health/publications/thermalcomfort/en/