REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSIGEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERECHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH D'OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de génie mécanique

Mémoire

MASTER Professionnel

Domaine : Sciences et techniques

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

Présenté par **:**

LEMTENNECHE ABDALLAH

BOUGUENNOUR TAREK

Thème

Etude expérimentale des transferts thermiques dans un local muni d'un isolant à base végétale

Soutenu publiquement
Le : 03 Juin 2017

Devant le jury :

Président	Mr BLAKROUM Rassim	UKM Ouargla
Examinateur	Mr BENOUIOUA Ahmed Saber	UKM Ouargla
Encadreur	Mr GHERFI Abd Elhafid	UKM Ouargla

Année universitaire : 2016 / 2017

Dédicace

En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-moi de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:

A L'âme de mon père

A ma très chère mère

A mes très chers frères et sueurs.

A toute ma famille.

A tous mes ami(e) s sans exception.

A la promotion de la 2ème année master énergétique 2016/2017

A tous ; je dédie cette mémoire , qui est le sens de mes études supérieurs, tel un présent du cœur, en priant ALLAH tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur mon parcours professionnel.

TAREK

Dédicace

En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-moi de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:

A ma très chère mère

A mon très cher père

A mes très chers frères et sœurs

A toute ma famille

A tous mes ami(e) s sans exception.

A la promotion de la 2ème année master énergétique 2016/2017

A tous ; je dédie cet mémoire, qui est le sens de mes études supérieurs, tel un présent du cœur, en priant ALLAH tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur mon parcours professionnel.

ABDALLAH

Remerciement

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** de mon avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et suivre,*

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à

*Mon promoteur **Mr. GHERFI Abdelhafid**, pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.*

Nous tenons également à remercier:

Tous nos enseignants du Département de Génie Mécanique,

Nous tenons, enfin, à remercier les Honorables Membres du jury, d'avoir accepté de juger ce travail, le Président

Mr. BLAKROUM Rassim** et **Mr. BENOUIOUA Ahmed Saber

comme examinateur.

Sommaire

Dédicaces
Remerciement
Listes des figures
Liste des tableaux
Nomenclature
Introduction Générale…… 2
Chapitre I : Les modes de Transfert thermique
I-1- Introduction……. 5
I-2- La définition des transferts thermiques……... 5
I-3-1- Les modes Transferts thermiques……..... 5
I-3-1- Transfert par conduction……..…… 5
I-3-1-1 Loi de Fourier décrivent le transfert thermique par conduction……... 6
I-3-2- Transfert par convection…….. 7
I-3-2-1-Transfert par convection naturel……... 8
I-3-2-2-Transfert par convection forcée…… 8
I-3-2-3-Calcul du flux thermique par convection……..... 9
I-3-3-Transfert par rayonnement……... 10
I-4- Notions thermiques……. 10
I-4-1- Flux thermique……. 10
I-4-2- Conductivité thermique……... 11
I-4-3- Résistance thermique…….. 11
I-4-4- Le coefficient de transfert thermique…….. 11
I-4-5- Capacité thermique massique…….…… 11
I-4-6- Capacité thermique……. 12
Conclusion…… 13
Chapitre II : Isolation Thermique
II-1- Introduction……... 15
II-2- La consommation énergétique à Ouargla…….. 15
II-2-1- Evolution de la consommation électrique…….. 15
II-3- Définitions……. 17
II-3-1- L'isolation thermique…….. 17
II-3-2- Les isolants thermiques…….. 17
II-3-3- Matériau isolant…….. 17

II-3-4- Système d'isolation thermique……... 17
II-4- Les notions de confort thermique……..... 17
II-4-1- Le paramètre physique……... 17
II-4-2- Le paramètre psychologique…….. 17
II-5- Les propriétés d'un isolant…… 18
II-5-1- La conductivité thermique (λ)…… 18
II-5-2- Le coefficient de transfert thermique (h)…….. 18
II-5-3- L'épaisseur (e)……. 18
II-5-4- La résistance thermique (R)…… 19
II-5-5- La Résistance thermique de la paroi…….. 19
II-6- Les Propriétés et performances d'un matériau isolant……... 19
II-6-1- Propriétés thermiques…… 19
II-6-2- Propriétés techniques…… 19
II-6-3- Propriétés environnementales……... 20
II-6-4 Propriétés économiques……. 20
II-7- Avantages d'isolation thermique…… 20
II-7-1- Avantage économique……... 20
II-7-2- Avantage environnemental…… 20
II-7-3- Réduire le niveau de bruit……. 20
II-7-4- Intégrité structurale d'un bâtiment……. 20
II-7-5- Empêchement de condensation de vapeur……. 21
II-7-6- Protection contre le feu……. 21
II-8- Les différents types des isolants……... 21
II-8-1- Les isolants végétaux…… 21
II-8-1-1- Fibres de bois…… 21
II-8-1-2- Béton de chanvre…….. 22
II-8-2-Les matériaux minéraux…… 22
II-8-2-1-La laine minérale…… 22
II-8-2-2-Terre cuite…….. 23
II-8-3- Les matériaux synthétiques…….. 23
II-8-3-1- Le polystyrène (expansé et extrudé)……. 23
II-8-3-2- Les polyuréthanes……. 24
II-9- Principe de l'isolation thermique……. 24

II-9-1- L'isolation par l'intérieure……. 24
II-9-2- L'isolation par l'extérieur…….. 24
II-10- Les différentes méthodes d'isolation…… 25
II-10-1- Toiture……... 25
II-10-2- Murs…….. 26
II-10-3- Fenêtres……..……... 26
II-10-4- Planchers……..……..…… 27
Chapitre III : Etude Expérimentale
III-1- Matériaux …….. 29
III-1-1- Fibre du palmier dattier…….. 29
III-1-2-Chaux……..… 30
III-1-3-Eau de gâchage…… 31
III-2- Méthodes Expérimentales …… 32
III-2-1 Préparation de La formulation du béton …… 32
III-2-2 Déroulement de l'essai…….. 36
III-3- Résultats et Discussion …… 37
Conclusion Générale…….. 42
Bibliographique
Annexe
Résumé

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	Transfert de chaleur par conduction	6
Figure I.2	conduction dans une couche élémentaire de mur plan	7
Figure I.3	Transfert de chaleur par convection	7
Figure I.4	Transfert par convection naturelle	8
Figure I.5	transfert par convection forcée	9
Figure I.6	Gradient thermique dans la couche laminaire	9
Figure I.7	Transfert de chaleur par rayonnement	10
Figure I.8	Schématisation du mur monocouche	11
Figure II.1	Evolution de la consommation électrique à Ouargla dans le secteur résidentiel (Sonalgaz 2010-2015)	15
Figure II.2	Consommation de l'électricité à Ouargla dans le secteur résidentiel (Sonalgaz 2014-2015)	16
Figure II.3	Conductivité thermique par rapport à l'air	18
Figure II.4	Fibre de bois en panneau	21
Figure II.5	Béton de chanvre	22
Figure II.6	laine de verre	22
Figure II.7	laine de roche	22
Figure II.8	Brique mono mûr en terre cuite	23
Figure II.9	Polystyrène	23
Figure II.10	Les polyuréthanes	24
Figure II.11	Isolation intérieur et extérieur des murs	25
Figure II.12	méthode isolation toiture	25
Figure II.13	méthode isolation un mur	26
Figure II.14	méthode isolation fenêtre	26
Figure II.15	méthode isolation plancher	27
Figure II.16	Déperditions des différents constituants d'un local	27
Figure III.1	Fibre de palmier dattier broyée	29

Figure III.2	**Palmier dattier montre les fibres de surface**	**30**
Figure III.3	**Courbe de tamisage de la fibre du palmier dattier**	**32**
Figure III.4	**malaxage du béton**	**33**
Figure III.5	**Détermination de la conductivité thermique du béton FPD**	**34**
Figure III.6.a	**Cellule test avec isolant**	**35**
Figure III.6.b	**Cellule test sans isolant**	**35**
Figure III.7	**Coupe partielle du mur sud montre la disposition des thermocouples, ainsi que les capteurs d'humidité au niveau de la cellule test**	**36**
Figure III.8.a	**Photo réelle de la cellule avec isolant**	**37**
Figure III.8.b	**Photo réelle de la cellule sans isolant**	**37**
Figure III.9.a	**Evolution de température ambiant et la température intérieure en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant**	**38**
Figure III.9.b	**Evolution de Humidité relative extérieure et intérieure en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant**	**38**
Figure III.10	**Evolution de température ambiant et la température de la façade intérieure du mur sud en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant**	**39**
Figure III.11	**Evolution de température ambiant et la température de la façade intérieure de la toiture en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant**	**39**

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau II.1	Consommation d'énergie électrique à Ouargla (2014 et 2015)	16
Tableau III.1	Principales propriétés physiques des fibres de palmier dattier	30
Tableau III.2	Fiche technique des propriétés physique et chimiques de la chaux de Saida	31
Tableau III.3	Composition chimique de l'eau en mg/l	32
Tableau III.4	proportion des constituants du béton	32
Tableau III.5	Propriétés hygrothermiques du béton FPD formulation 50%	33
Tableau III.6	Caractéristiques thermiques des parois de la cellule de teste	34

Nomenclature

T	Température	[°C]
t	Temps	[s]
φ	Flux thermique convective	[W]
h	Coefficient d'échange convectif	[W/m^2.°C]
S	Surface	[m^2]
m	La masse	[kg]
U_m	Vitesse moyenne du fluide	[m/s]
ρ	La masse volumique	(kg.m^{-3})
Cp	Chaleur spécifique du fluide	[J.kg^{-1}.K^{-1}]
μ	Viscosité dynamique du fluide	[Pa.s]
∂Q	La quantité d'énergie thermique	[J]
q	Flux thermique par conduction	[W]
R	La résistance thermique	$[m^2.K/W]$
C	La capacité thermique	[J/k]
D	Dimension caractéristique de la surface d'échange	[m]

Symbole

λ	conductivité thermique	[W/m.°C]
dt	La variation de temps	[s]
dT	la variation température	[°C]
T_m	Température de la paroi	[°C]

Groupement sans unité

Nu Le nombre de Nusselt

Gr Nombre de Grashof

Pr Nombre de Prandtl.

Re Nombre de Reynolds

Introduction Générale

Introduction Générale

Le problème de la consommation excessive d'énergie se présente fermement dans le sud d'Algérie (plus de 85% de la superficie totale de l'Algérie), qui se caractérise par un climat désertique chaud et sec. Le climat de cette région est connu par deux saisons, froid intense de l'hiver étirement de Décembre à Février, et une période estivale qui se caractérise par des températures élevées de Mai à Octobre, en plus de faible pourcentage d'humidité et de précipitations.

Donc, créer un environnement favorable thermiquement dans cette région exige une grande consommation d'énergie aussi bien en été (la consommation d'énergie pour le refroidissement) ou en hiver (consommation d'énergie pour le chauffage) ce qui nécessite des dépenses élevées.

Nous devons donc trouver des solutions qui permettront de réduire cette consommation au moindre coût. Parmi ces solutions l'isolation thermique des bâtiments en utilisant des matériaux disponibles dans cette région.

Cela se fait à l'aide des matériaux d'isolation thermique qui ont des propriétés d'isolation et qui aident à réduire les fuites et le transfert de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment en été et de l'intérieur vers l'extérieur en hiver.

La construction des moyens efficaces d'isolation thermique élevée compatible, tels que le sol compacté, doit être vérifiée. Des sacs de sable et de la laine sont choisis, en premier lieu, en tenant compte de la disponibilité dans les zones désertiques, et le coût et la performance de leur isolation.

L'objectif principal de cette étude est de tester la capacité d'isolation thermique d'un béton à base de fibres du palmier dattier sur une enveloppe d'une construction prototype, et cela pour obtenir une meilleure connaissance sur les caractéristiques thermiques de ce type de matériau, il se compose en trois chapitres :

Le premier chapitre donne un aperçu des méthodes de transfert de chaleur, ou nous avons identifié les trois modes du transfert thermique, ainsi que les principales lois qui commandent chaque mode

Le deuxième chapitre est consacré pour les principes généraux de l'isolation thermique, ainsi que les matériaux isolants et leurs propriétés physiques et thermiques, et certaines méthodes d'isolation thermique.

Le troisième chapitre est dédié à mettre en évidence la capacité d'isolation thermique du béton de palmier dattier utilisé comme isolant, ainsi que l'influence de ce type de béton sur le confort thermique dans deux constructions prototype sise au niveau du laboratoire du physique.

A la fin de ce travail, nous avons tiré des conclusions sur l'utilisation de ce type de matériau dans des constructions réelles.

Chapitre I :

Les modes de transfert thermique

I-1- Introduction :

Les principes de la thermodynamique énoncent que la chaleur ou l'énergie calorique ne disparait pas, elle se déplacer ou se transformer sous une autre forme d'énergie. Au cours d'un échange de chaleur entre deux corps physiques, c'est toujours leplus chaud qui cède de l'énergie au profit du plus froid, l'échange thermique s'arrête lorsque les deux corps ont atteint la même température.

Les transferts de chaleur se font selon trois modes : par conduction, convection et rayonnement.

I-2- La définition des transferts thermiques :

Le transfert thermique peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de température. Il est régi par une combinaison de lois physiques. La littérature traitant du transfert de chaleur reconnait essentiellement trois modes de transmission thermique : la conduction, la convection et le rayonnement [1].

I-3- Les modes des transferts thermiques :

On distingue habituellement trois modes de transfert de chaleur :

I-3-1- Transfert par conduction :

La conduction est le moyen par lequel la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct, par simple interaction moléculaire. Les molécules du secteur le plus chaud se heurtent vivement entre elles et transmettent leur énergie de vibration aux molécules voisines.

Le flux de chaleur va toujours des zones chaudes vers les zones froides. Lorsque les molécules s'échauffent à la surface d'un corps sous l'effet du rayonnement solaire, elles transmettent cette chaleur aux molécules voisines, et de proche en proche, la chaleur captée se répartit dans toute la masse du corps, jusqu'à équilibre thermique.

La vitesse de progression du flux de chaleur à travers un corps, sa conductivité thermique, dépend de l'aptitude de ses molécules et de ses électrons à recevoir et à transmettre la chaleur. Par exemple, un métal paraîtra plus froid au toucher qu'un morceau de bois, pourtant à la même température.

Cela tient au fait que le métal a une conductibilité plus élevée et que la chaleur s'écoule de la surface vers l'intérieur plus rapidement que dans le bois. La sensation de froid est d'autant plus intense que la chaleur retirée de la main vers le métal par conduction est plus importante. Les gaz sont généralement de mauvais conducteurs. Aussi, les matériaux comportant deminus

cules cellules d'air en grand nombre sont habituellement de mauvais conducteurs et donc de bons isolants.

Les matériaux d'isolation utilisés dans la construction illustrent bien cela, ils renferment une multitude de petits espaces d'air et se caractérisent par leur légèreté [2].

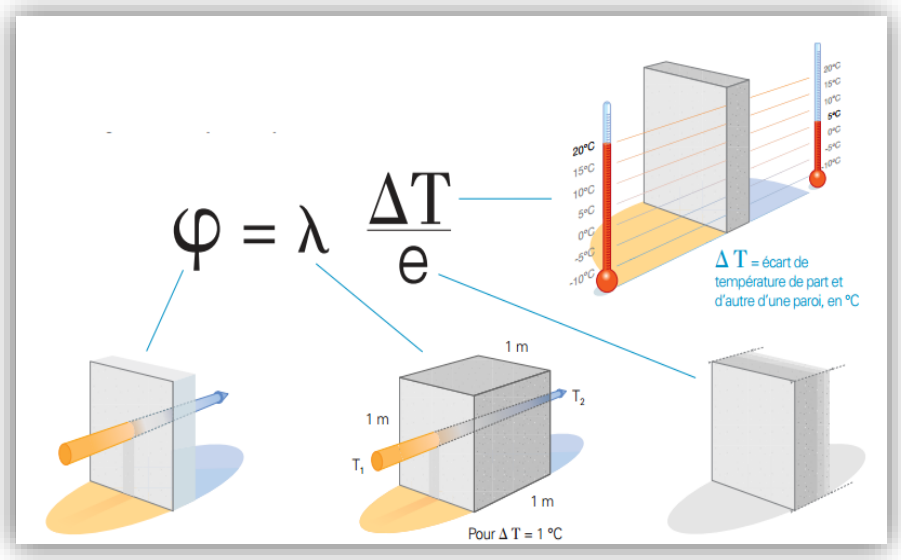


Figure I.1 : Transfert de chaleur par conduction.

I-3-1-1-Loi de Fourier décrivent le transfert de chaleur par conduction:

Soit un corps solide, homogène et isotrope à travers lequel passe un courant unidirectionnel de chaleur.

Soit une petite couche plane perpendiculaire à la direction x de propagation de la chaleur d'épaisseur (**e**)et d'aire S à l'intérieur de ce milieu (figure I.2).

Les deux faces de cette couche sont des surfaces isothermes.

La première est à la température T et la seconde à la température T + dT (avec dT< 0).

Le gradient de température **dT (dΘ)**, **e ,**est la variation de la température par unité de longueur, lorsqu'on se déplace dans la direction de propagation de la chaleur. La conservation d'énergie au sein du volume défini par **e (dx)** et **S** se traduit par l'équation suivant **[3] :**

$$\lambda = \left(\frac{d^2\Theta}{dx^2}\right) + Q = \rho\frac{cd\Theta}{dt} \quad \text{.....(I.1)}$$

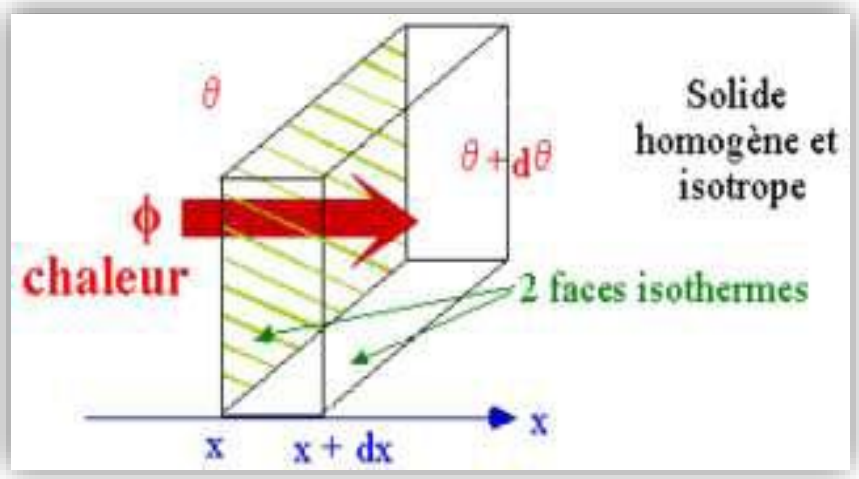


Figure I.2 : conduction dans une couche élémentaire de mur plan.

La fonction Q de l'équation (I.1) représente la source de la chaleur, les variables indépendantes sont la position x et le temps t.

I-3-2- Transfert par convection :

Les phénomènes de convection interviennent dans la transmission de la chaleur chaque fois qu'un fluide se déplace par rapport à des éléments fixes. Lorsque se produit au sein du fluide des courants du simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle ou libre. Par contre, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée[1].

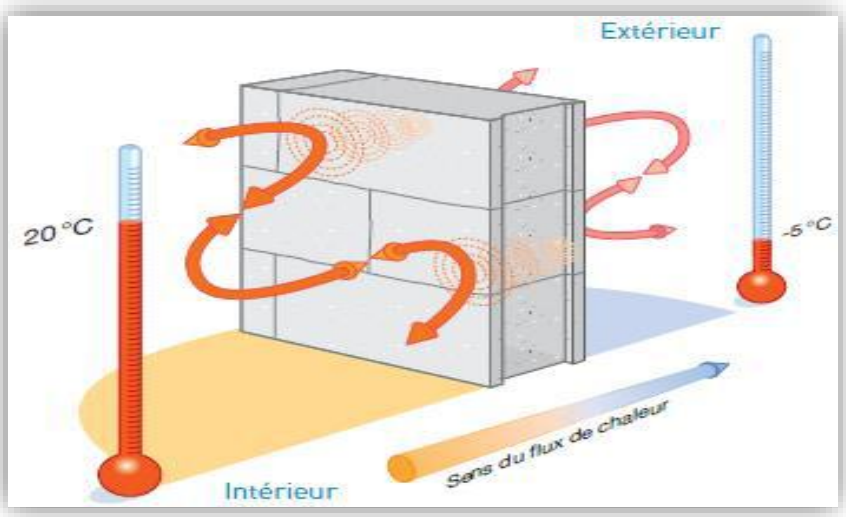


Figure I.3 : Transfert de chaleur par convection.

I-3-2-1-Transfert par convection naturel :

Le mouvement du fluide est dû aux variations de la masse volumique du fluide provenant des échanges de chaleur entre le fluide et la paroi. Le fluide est mis en mouvement sous l'effet des forces d'Archimède car sa masse volumique est fonction de sa température. La convection forcée est négligeable si **:**

$$Nu = C(GrPr)^2 \ldots\ldots\ldots(I.2)$$

$$\frac{Gr}{Re^2} > 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(I.3)$$

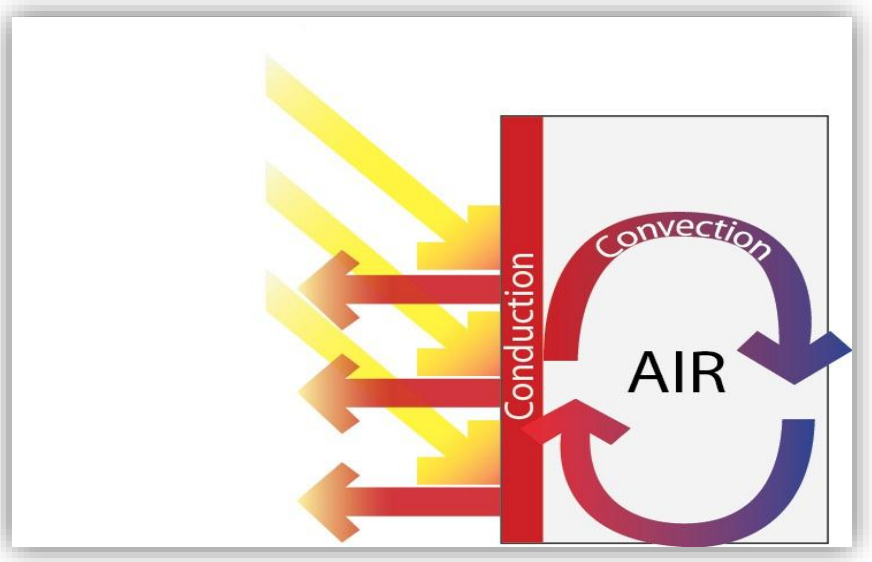


Figure I.4 : transfert par convection naturelle.

I-3-2-2-Transfert par convection forcée :

En l'absence de convection naturelle, le coefficient d'échange **h** par convection est indépendant de la différence de température de la paroi et du fluide **($T_m - T$)** mais il dépend des six grandeurs suivantes :

- ✓ U_m
- ✓ ρ
- ✓ Cp
- ✓ μ
- ✓ λ
- ✓ D

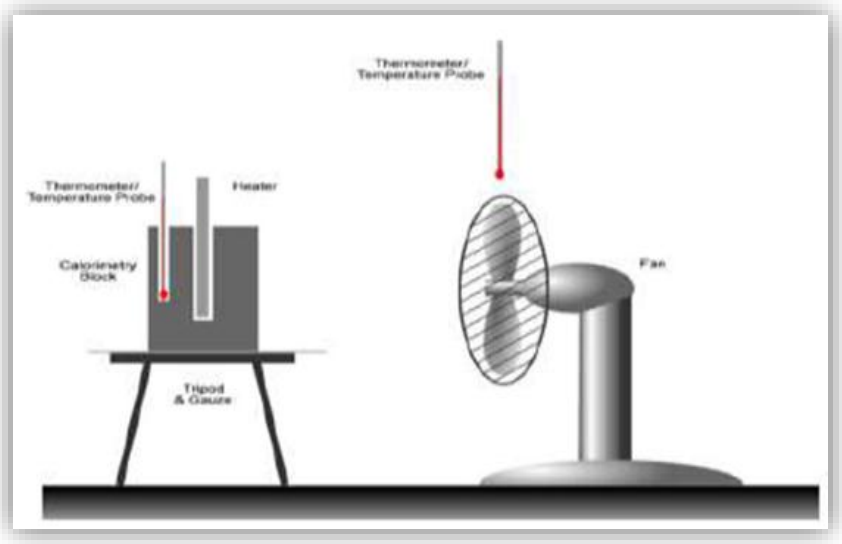


Figure I.5 : transfert par convection forcée.

II-3-2-3-Calcul le flux thermique par convection :

Le flux thermique de convection à travers la couche laminaire (figure I.6) peut s'exprimer par la loi de Fourrier :

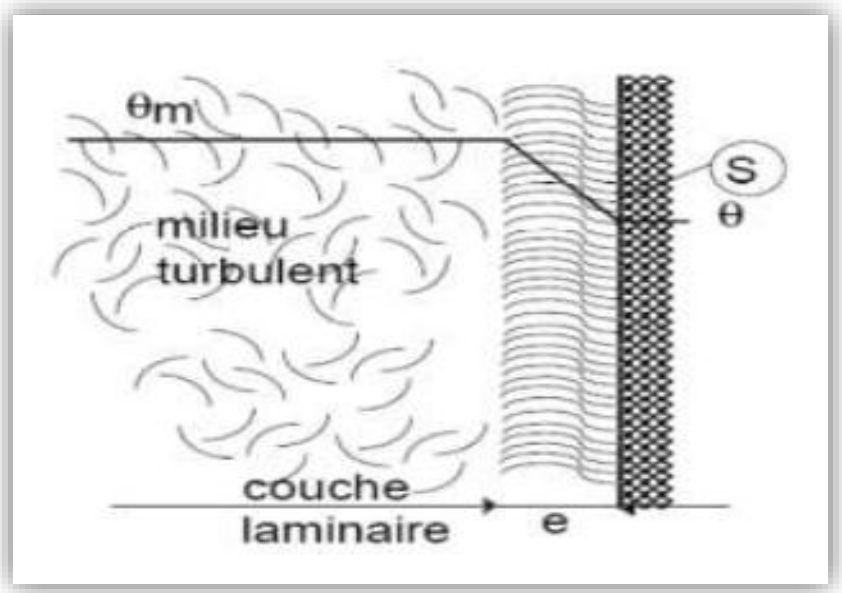


Figure I.6 : gradient thermique dans la couche laminaire.

Mais en général, on ne connaît pas **e** ,de plus l'épaisseur du film laminaire dépend de la vigueur de la zone turbulente voisine. On exprime alors le flux thermique par :

$$\varphi = h\ S\ (T_m - T) \ldots\ldots\ldots (I.4)$$

Le transfert de chaleur par convection est complexe, car il résulte de la superposition de deux phénomènes :

- ✓ Si ce mouvement n'est provoqué que par les différences de températures (donc de densité), la convection est naturelle.
- ✓ Si ce mouvement résulte d'une action mécanique (pompe, ventilateur, mise sous pression), la convection est forcée.

I-3-3-Transfert par rayonnement :

Le rayonnement est un phénomène caractérise par un transfert thermique ne nécessitant aucun milieu intermédiaire. Le flux de chaleur est de nature électromagnétique et transite par le rayonnement infrarouge. Les rayons se propagent en ligne droite dans l'espace jusqu'à ce qu'ils soient interceptes par un solide. La transmission de chaleur par rayonnement est le procédé utilise par le soleil pour réchauffer notre planète. Les braises tièdes n'émettent plus de clarté mais continuent à rayonner de la chaleur pendant des heures seulement sous forme de radiations infrarouges [4].

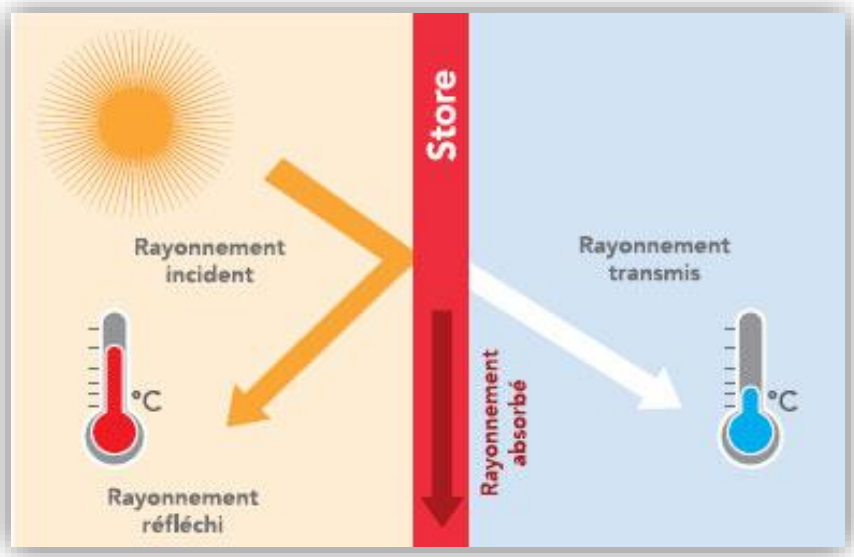


Figure I.7 : Transfert de chaleur par rayonnement.

I-4- Notions thermiques:

I-4-1- Flux thermique:

Le flux thermique est la quantité d'énergie thermique qui traverse une surface isotherme par unité de temps [5].

$$q = \frac{\partial Q}{dt} \quad \text{(I.5)}$$

I-4-2- Conductivité thermique :

La conductivité thermique (notée λ) correspond à la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps, sous un gradient de température [6].

$$\lambda = q\frac{e}{\Delta T} \quad \text{(I.6)}$$

I-4-3- Résistance thermique :

La résistance thermique (notée R) correspond à la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur. Elle est déterminée en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier (λ) [6].

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{(I.7)}$$

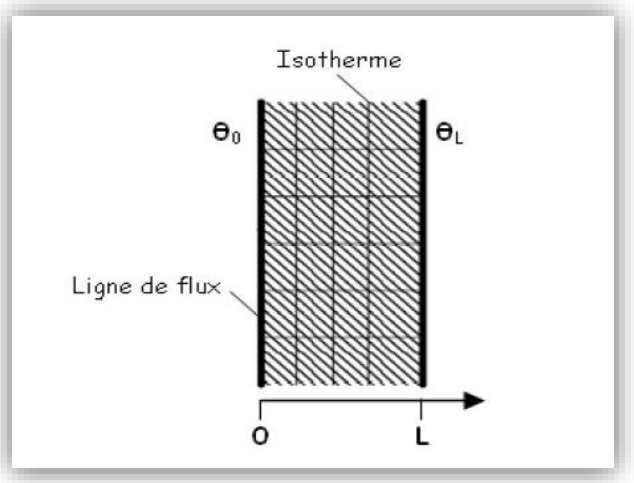


Figure. I.8 : Schématisation du mur monocouche.

I-4-4- Le coefficient de transfert thermique:

Le coefficient de transfert thermique(notée *h)* caractérise les déperditions thermiques d'un matériau ou d'une paroi. C'est l'inverse de la résistance thermique (R) [5].

$$h = \frac{1}{R}\,(W/m^2.K) \quad \text{(I.12)}$$

I-4-5- Capacité thermique massique :

On appelle capacité thermique massique *(Cp)* la quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1kg de matière pour élever sa température de 1K. [5]

I-4-6- Capacité thermique :

La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température de un 1K. Elle s'exprime en (J/K). C'est une grandeur extensive [5].

$$C = Cp \times m \qquad (I.13)$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu général sur les modes de transferts thermiques ainsi que les grandeurs liées à ces phénomènes physiques et les principales lois régissent ces modes, dans le prochain chapitre on commence par une historique sur la consommation énergétique des trois trimestres des deux années 2014 2015 au niveau de la wilaya du Ouargla, après ça nous allons présenter les différents matériaux d'isolation thermique et leurs applications ainsi que les différentes méthodes d'isolation thermiques.

Chapitre II :

Isolation thermique

II-1- Introduction :

L'isolation thermique introduite par les différents éléments de l'enveloppe de bâtiment constitue un important critère de performance énergétique. Elle permet de réduire les déperditions de chaleur, de réaliser des économies de chauffage et de refroidissement, de limiter les émissions de gaz à effet de serre et de bénéficier d'un meilleur confort thermique de vie.

Dès que deux éléments en contact possèdent des températures différentes, il se produit un échange de chaleur entre eux jusqu'à ce que leurs températures deviennent identiques. Le but de l'isolation est de freiner cet échange thermique et de permettre ainsi de garder les parois de l'habitation à une température la plus proche possible de celle de l'air intérieur.

II-2- La consommation énergétique à Ouargla :

Le potentiel énergétique à Ouargla est assuré par deux réseaux. Le premier est le réseau électrique de 2935,221 Km avec un taux moyen d'électrification de 98%. Le second réseau est celui du gaz naturel de 819,648 Km avec un taux de branchement de 74% [7].

II-2-1- Evolution de la consommation électrique :

D'après les statistiques de la société Nationale de l'électricité et du gaz unité d'Ouargla, la consommation électrique annuelle à Ouargla est en perpétuelle croissance. Les histogrammes de la (**Figure II.1**) montrent l'évolution de la consommation annuelle passant de 263.16 GWh en 2010, arrivant à 450.46 GWh en 2015.Soit une augmentation de 187.3 GWh en cinq ans.

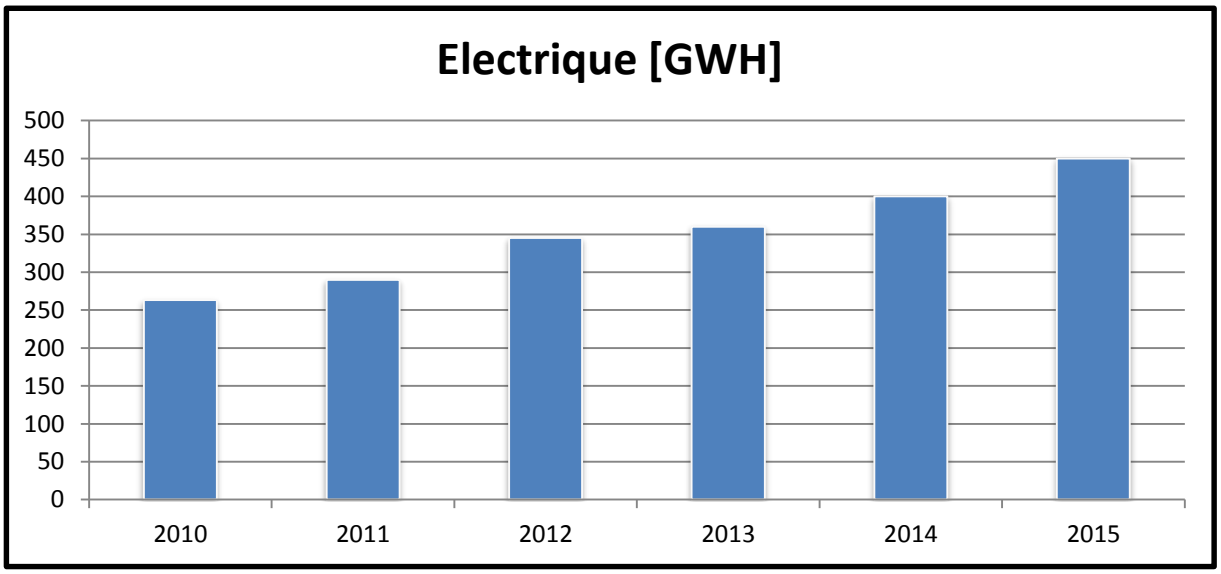


Figure II.1 : Evolution de la consommation électrique à Ouargla dans le secteur résidentiel (Sonalgaz 2010-2015)

La consommation d'énergie électrique à Ouargla dans la période estivale (trimestre 3) passant de (146665514 KWh en 2014) et (157726988 KWh en 2015). La consommation électrique dans cette période est plus important par rapport les autres saisons d'année **(Tableau II.1)** [7].

Tableau II.1 : Consommation d'énergie électrique à Ouargla (2014 et 2015).

Trimestre	Consommation d'électricité [KWh] 2014	Consommation d'électricité [KWh] 2015
Trimestre 1	65896784	74139270
Trimestre 2	58664632	70710971
Trimestre 3	146665514	157726988
Trimestre 4	137986154	147892623
Total	409213084	450469852

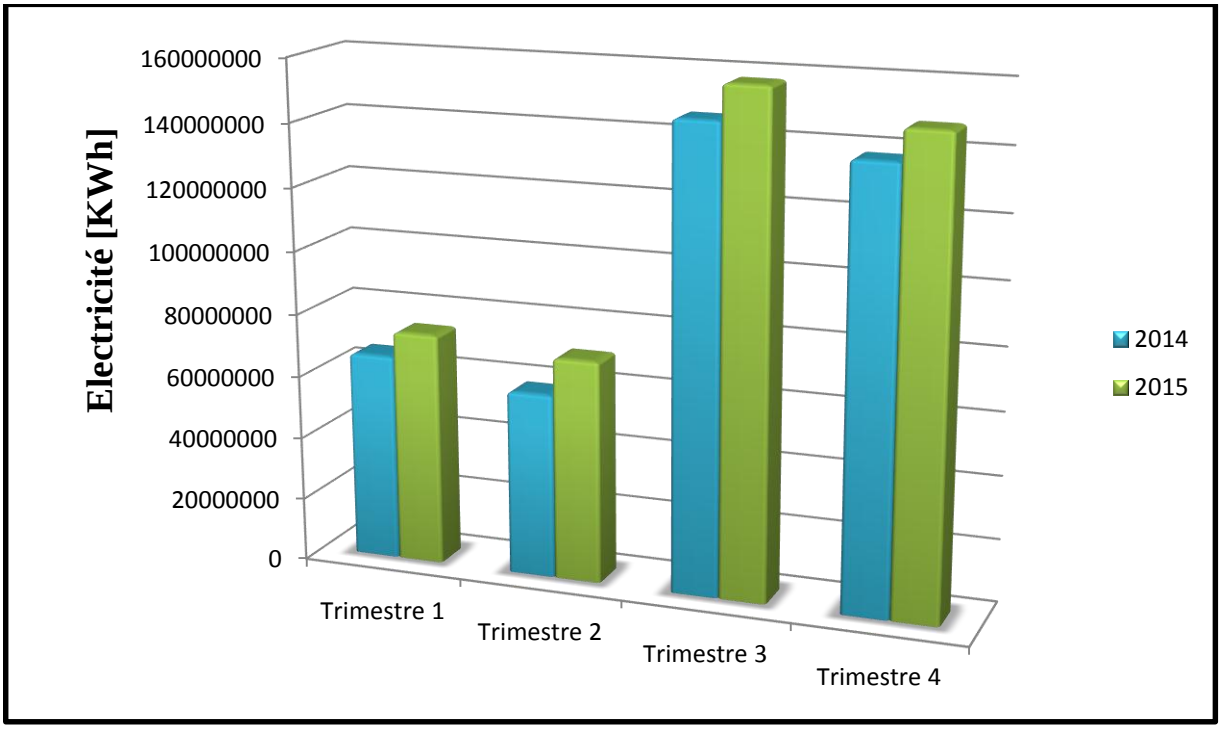


Figure II.2 : Consommation de l'électricité à Ouargla dans le secteur résidentiel (Sonalgaz 2014-2015).

II-3- Définitions :

II-3-1- L'isolation thermique :

L’isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle permet à la fois de réduire les consommations d’énergie de chauffage ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports en été), et d’accroitre le confort (maintien les températures et l’hygrométrie aux niveaux de confort d’été comme d’hiver et règle le problème de parois froides en hiver et chaude en été) [8].

II-3-2- Les isolants thermiques :

Les isolants thermiques sont essentiellement caractérisés par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Ils permettent d'éviter les déperditions ainsi que le phénomène de pont thermique.

II-3-3- Matériau isolant :

Substance ou mélange de substances dont les propriétés d’isolation résultent de sa nature chimique et ou de sa structure physique.

II-3-4- Système d’isolation thermique :

Association de deux ou plusieurs composants dont l’un au moins est un produit ou un matériau isolant. La performance du système est la performance de l’ensemble.

II-4- La notion de confort thermique :

La notion de confort thermique, désigne l’ensemble des multiples interactions entre L’occupant et son environnement où l’individu est considéré comme un élément du système Thermique, pour le définir on lui associe plusieurs paramètres, notamment :

II-4-1- Le paramètre physique : l’homme est représenté comme une machine thermique et on considère ses interactions avec l’environnement en termes d’échanges de chaleur.

II-4-2- Le paramètre psychologique : Il concerne les sensations de confort éprouvées par L’homme et la qualification des ambiances intérieures.

Le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur, l’environnement thermique est caractérisé par quatre grandeurs physiques (la température de l’air, l’intensité de rayonnement solaire, l’humidité et la vitesse de l’air.

Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien- être et le confort. Les conditions dans lesquelles on obtient cet équilibre est l'état du corps lorsqu'il atteint l'équilibre avec son environnement, dépendant de la conjugaison de nombreux facteurs. Certains de ces facteurs

sont d'ordre personnel (l'activité physique, le niveau d'habillement, etc.) et d'autres sont des facteurs de l'environnement [8].

II-5- Les propriétés d'un isolant :

II-5-1- La conductivité thermique (λ) :

Le pouvoir d'un matériau isolant s'évalue à partir de sa conductivité thermique, notée lambda (λ). Il s'agit de sa capacité à conduire la chaleur, plus la conductivité est faible, plus le matériau est isolant, la conductivité s'exprime en W/m.K **[10].**

La conductivité thermique dépend de :

- ✓ La nature physico-chimique du matériau
- ✓ La nature de la phase considérée (solide, liquide, gaz)
- ✓ La température
- ✓ L'orientation dans les matériaux anisotropes

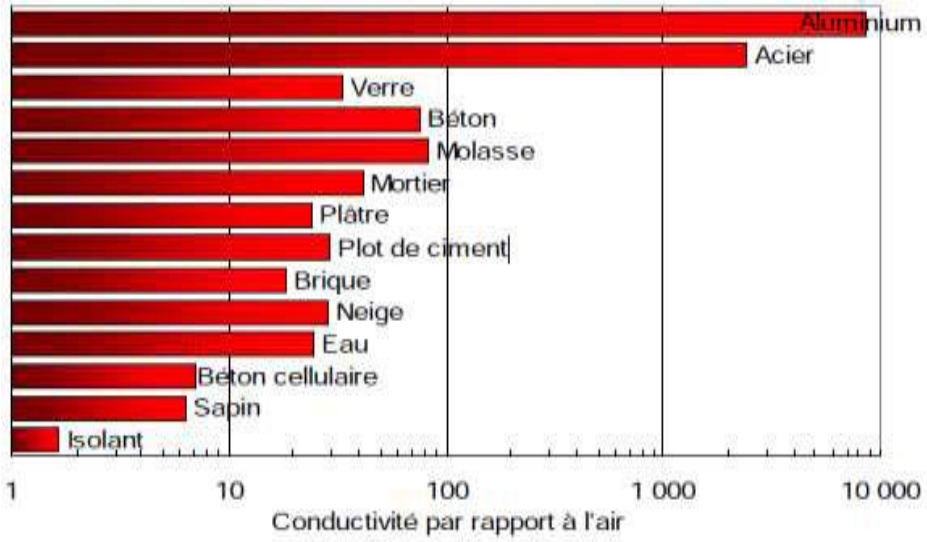


Figure II.3 : Conductivité thermique par rapport à l'air.

II-5-2- Le coefficient de transfert thermique (h) :

Le coefficient de transmission thermique (h) est l'inverse de la résistance thermique. Il désigne la déperdition de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur, il s'exprime en (W/m².°K). Plus le coefficient de transmission thermique est faible plus la paroi est isolante **[11] :**

$$h = \frac{1}{R} \quad \text{(II.1)}$$

II-5-3- L'épaisseur (e) :

Une des dimensions d'un corps, mesurée par l'écart entre ses deux faces principales, plus ou moins parallèles.

Plus l'épaisseur d'isolant est importante et plus le bâtiment est isolé**[10].**

II-5-4- La résistance thermique (R) :

Un autre indicateur est la résistance thermique, notée R. elle exprime la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur, plus l'indice R est élevé, plus le matériau est isolant **[9]**.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{.....(II.2)}$$

II-5-5- La Résistance thermique de la paroi :

La résistance thermique d'une paroi s'obtient en additionnant la résistance thermique de chaque couche de matériau utilisé ou de l'éventuelle lame d'air.

La résistance thermique d'une paroi est calculée à partir du coefficient d'échange superficiel entre l'ambiance extérieure ou intérieure et la paroi. Elle correspond à la somme des quantités de chaleurs transmises par convection et/ou rayonnement pour une surface de paroi et durée donnée pour l'écart d'1 Kelvin entre la température de la surface décrite et celle de la paroi **[10].**

II-6- Les Propriétés et performances d'un matériau isolant :

Lors d'un choix de matériau d'isolation, il est intéressant, dans une démarche de construction, de ne pas limiter ses critères de choix aux seules performances thermiques du matériau. Le choix d'un isolant devrait se faire sur base des critères suivants:

II-6-1- Propriétés thermiques :

Elles sont généralement décrites par des notions telles que la conductibilité thermique (W/m^2K). Petit à petit, on tend vers une description intégrant les propriétés de masse des matériaux isolants. Par exemple, on parle de plus en plus souvent de l'effusivité thermique (la racine carrée du produit de la masse volumique, de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique du matériau). Elle représente la vitesse à laquelle la température de surface d'un matériau varie, et donc sa capacité à accumuler et restituer de la chaleur (inertie thermique). Utilisée en combinaison avec la conductibilité thermique, cette grandeur est intéressante lorsque l'on évoque les isolants massifs**[11]** .

II-6-2- Propriétés techniques :

Le comportement au feu, la perméabilité à la vapeur d'eau, le comportement à l'humidité, le type de mise en œuvre, la stabilité dans le temps, l'isolation acoustique**[11]**.

II-6-3- Propriétés environnementales :

Impact énergétique de la production, du transport, risques pour la santé, maintenance, traitement en fin de vie (recyclage) etc. Ces propriétés sont identifiables par des données centralisées tels que les écobilans. Ces derniers mettent en avant les résultats d'analyse de différents impacts environnementaux relatifs aux produits de construction. L'analyse des impacts est transversale, elle intègre l'ensemble du cycle de vie des produits. Parmi les critères analysés nous retrouvons : les émissions de gaz à effet de serre ; la production de gaz acidifiants ; l'origine des ressources (renouvelable, non-renouvelable) ; l'économie des ressources ; la production de déchets ; toxicité pour l'eau et les êtres humains **[11]**.

II-6-4- Propriétés économiques :

Coût du matériau, de sa mise en œuvre et selon le cas de sa maintenance, en rapport avec le type d'utilisation et les performances à atteindre.

D'autre part, le choix d'un matériau d'isolation thermique est souvent lié à la réalisation d'une bonne isolation acoustique **[11]**.

II-7- Les avantage de l'isolation thermique :

L'intérêt principal de l'isolation thermique c'est qu'elle permet de réduire la dépendance sur les systèmes (mécanique/ électrique) pour exploiter le bâtiment confortablement et, par conséquent, conserve l'énergie et les ressources naturelles associées. En plus de confort thermique, il existe également plusieurs autres avantages de l'utilisation d'isolation thermique dans le bâtiment qui peuvent être résumées comme suit [6] :

II-7-1- Avantage économique :

Des économies d'énergie importantes peuvent être atteintes à l'aide d'utilisation d'isolation thermique, avec peu de dépenses en capital. Il réduit les coûts d'exploitation de l'énergie.

II-7-2- Avantage environnemental :

L'utilisation d'isolation thermique non seulement réduit les coûts d'exploitation de l'énergie, mais entraîne également des avantages environnementaux comme la valorisation des déchets rejetés qui causent des émissions polluantes.

II-7-3- Réduire le niveau de bruit :

L'isolation peut réduire le bruit nuisible et stressant des espaces voisins ou de l'extérieur. Cela améliore le confort acoustique des bâtiments isolés.

II-7-4- Intégrité structurale d'un bâtiment :

Les fortes variations de température peuvent causer des mouvements thermiques indésirables, ce qui pourrait endommager la structure du bâtiment. La préservation des

bâtiments avec des fluctuations minimales de température contribue à la préservation de l'intégrité des structures de bâtiments. Ceci peut être réalisé par l'utilisation d'une isolation thermique appropriée en augmentant ainsi la durée de vie des structures du bâtiment.

II-7-5- Empêchement de condensation de vapeur :

Bonne installation de l'isolation thermique aide à prévenir la condensation de vapeur sur la surface de bâtiment. Cependant, il faut faire attention à éviter les effets néfastes de la structure du bâtiment dommageable, qui peuvent résulter de mauvaise installation de matériaux d'isolation ou une mauvaise conception. En plus, les pare-vapeur sont généralement utilisés pour empêcher la pénétration d'humidité dans un isolant à basse température.

II-7-6- Protection contre le feu :

Si le matériau isolant approprié est choisi et correctement installé, il peut aider à retarder la chaleur et à empêcher l'immigration de flamme dans la construction en cas d'incendie.

II-8- Les différents types des isolants :

En thermique, un isolant thermique est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement vous sont présents dans les fiches suivantes, il peut être classé en trois types selon l'origine de leur matière première :

II-8-1- Les isolants végétaux :

Cette catégorie d'isolant répondant aux principaux critères 'éco construction, elle s'inscrit tout fait dans la philosophie HQE. Peu énergivores au moment de leur fabrication, biodégradables, ces matériaux se présentent sous diverses formes : vrac, laine, conglomérat, rouleaux, panneaux. Leur coût encore élevé devrait sous la demande constante des prescripteurs avoir tendance à baisser sérieusement à moyen terme **[12]**.

II-8-1-1- Fibres de bois :

Les fibres de bois sont obtenues par défibrage de chutes de bois résineux. Elles peuvent être utilisées en vrac ou transformées sous forme de panneaux. Pour ce faire une pate épaisse est formée par adjonction d'eau et d'adjuvants

Figure II.4 : Fibre de bois en panneau.

II-8-1-2-Béton de chanvre :

Le béton de chanvre est constitué d'un mélange à base de chènevotte, d'un liant généralement de la chaux formulée et d'eau. Le dosage en liant est très variable et dépend de l'usage qui en est fait : blocs préfabriqués, conglomérats banchés ou projetés à la machine, enduits isolants.

Figure II.5 : Béton de chanvre

II-8-2-Les matériaux minéraux :

Constitues principalement de ressources minérales vierges ou issus en partie du recyclage pour certains. Sous forme de laines de verre ou de roche **[13]**.

II-8-2-1-La laine minérale :

Les laines de verre et de roche sont les isolants conventionnels les plus utilisés dans le bâtiment. La laine de roche est obtenue à partir de la fusion de roche volcanique (basalte) de fondant et de coke industrielle. Une pâte est alors obtenue, fibrée et encollée par des liants chimique (résine phénoliques) avant d'être stabilisé par chauffage en étuve.

La laine de verre est obtenue par un procédé industriel similaire, mais à partir de la fusion de sable siliceux et /ou de verre recyclé.

Figure II.6 : laine de verre.

Figure II.7 : laine de roche.

II-8-2-2-Terre cuite :

La terre cuite est composé d'argile séchée au soleil pendant un an qui sera mélangée à de l'eau, du sable et de la sciure de bois, le mélange obtenu sera broyé, humidifié, moulé et cuit. Les produits finis, utilisés encore aujourd'hui, restent les mulots (briques pleines) pour leur fonction décorative mais aussi les blocs à alvéoles verticale multiple ou mono mûrs en terre cuite.

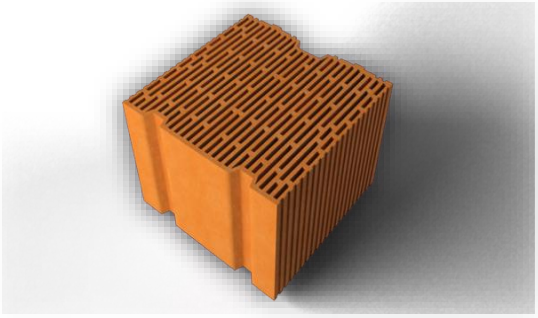


Figure II.8 : Brique mono mûr en terre cuite.

II-8-3- Les matériaux synthétiques :

Issus de ressources pétrochimiques, donc non renouvelables et fortement émettrices de gaz à effet de serre. Pour la plupart dépourvus de toute sensibilité à l'humidité, ces matériaux peuvent être particulièrement indiques pour le traitement des zones fortement soumises à l'humidité (soubassement, sous-dalle)**[13] :**

II-8-3-1- Le polystyrène (expansé et extrudé) :

Ces isolants sont produits par l'industrie du pétrole, le plus souvent à partir d'un ou de plusieurs dérivés du processus de raffinage. Le polystyrène expansé est obtenu par polymérisation des billes de styrène qui en sont issues avec de l'eau et du gaz pentane.

Le polystyrène extrudé est obtenu après polymérisation du styrène par extrusion sous pression d'une pâte de fusion grâce à un gaz lourd.

Figure II.9 : Polystyrène

II-8-3-2- Les polyuréthanes :

Les mousses de polyuréthanes sont obtenues par catalyse et expansion à partir d'un mélange d'iso cyanate, de polyol, et d'un gaz expansée (CO2) avec ajout de stabilisant et d'ignifugeants.

Figure II.10 : Les polyuréthanes.

II-9- Principe de l'isolation thermique :

La fonction première de l'isolant est de conserver à l'intérieur de l'habitation la chaleur en hiver et la fraîcheur en été. Une maison bien isolée permet de réduire les consommations d'énergie du foyer en matière de chauffage et de climatisation, et ainsi faire des économies tout en augmentant votre confort. On trouve deux façons d'isolé une construction :

II-9-1- L'isolation par l'intérieure :

Consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en apposant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, procédé le plus utilisé par les constructeurs à cause de sa facilité de mise en œuvre. Son inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie.

II-9-2- L'isolation par l'extérieur :

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieur du mur. Ce souvent la solution la plus couteuse mais aussi la plus performante. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermiques.

Un bon isolant est évidement une mauvaise conducteur de la chaleur. En générale les matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants plus le matériau est dense, plus les atomes sont proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile.

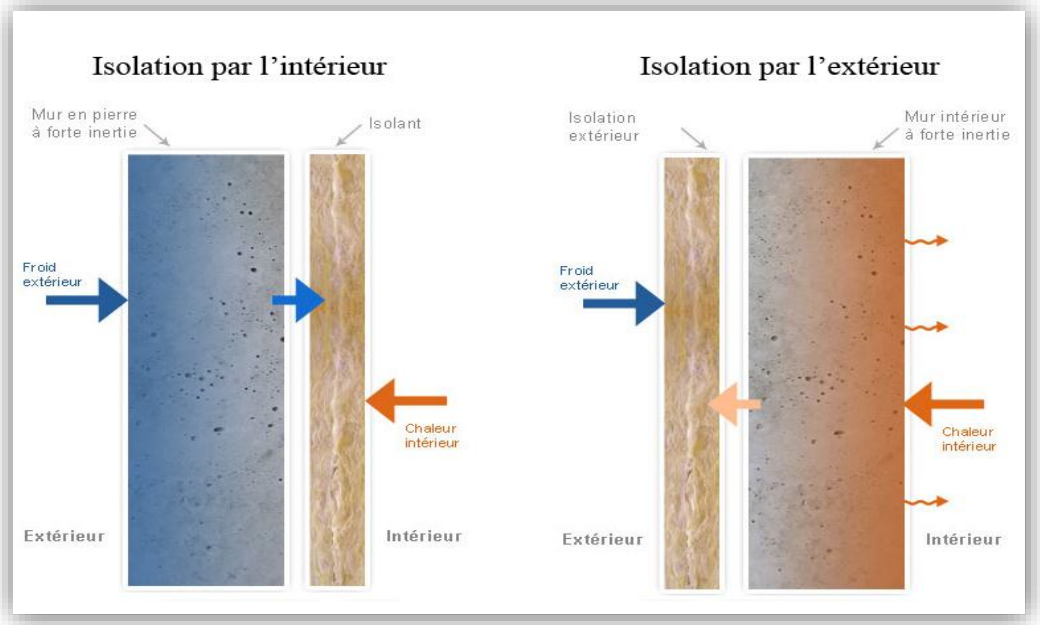


Figure II.11 : Isolation intérieur et extérieur des murs.

II-10- Les différentes méthodes d'isolation :

II-10-1- Toiture :

Il est courant d'entendre que dans une maison non isolée, c'est le toit qui est responsable majoritairement des déperditions thermiques. En réalité, tout dépendra de la forme du bâtiment, de la surface du toit par rapport aux murs. On peut néanmoins parler de 20 à 30 % des pertes selon la configuration du toit. Toiture-terrasse, combles aménagés ou combles perdus, les déperditions et les méthodes d'isolation ne seront pas les mêmes.

Si la toiture est déjà un peu isolée ce pourcentage va sensiblement diminuer. Un diagnostic thermique initial permettra de connaître les proportions exactes de déperditions par rapport aux autres parois afin de déterminer les priorités d'amélioration.

Figure II.12 : Méthode isolation toiture.

II-10-2- Murs :

L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE) est une technique utilisée pour isoler les murs d'une habitation par l'extérieur. Alors que l'isolation thermique des murs par l'intérieur (ITI) est plutôt recommandée dans la construction neuve, l'ITE convient idéalement à des chantiers de rénovation.

Figure II.13: Méthode isolation un mur.

II-10-3- Fenêtres :

La fenêtre est deux fois en tant que point d'isolation thermique, la trame doit être sélectionnée et des fenêtres avec une bonne isolation thermique, ce qui prend en compte le type de trame (bois, plastique, métal).

Figure II.14 : méthode isolation fenêtre.

II-10-4- Planchers :

Une maison perd de la chaleur par toutes ses parois extérieures. Les pertes par la Planchers peuvent représenter 10% de la facture totale de chauffage refroidissement. En isolant le solpar panneaux isolants, on réduit durablement les dépenses énergétiques.

Figure II.15 : méthode isolation plancher.

L'isolation est la clé du confort thermique. Selon l'A.D.E.M.E (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), la chaleur s'échappe d'une maison mal isolée 25% à 30% par la toiture, 20% à 25% par ventilation, 20% à 25% par les murs, 10% à 15% par menuiseries, 5% à 10% par ponts thermiques, et de 7 à 10% par planchers (ou la sol).

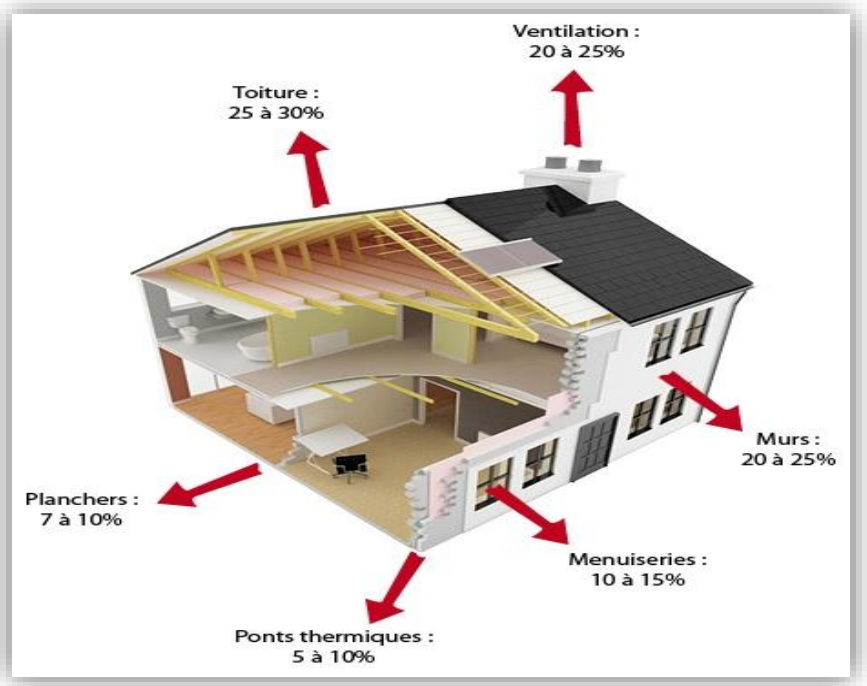


Figure II-16 : Déperditions des différents constituants d'un local.

Chapitre III :

Etude expérimentale

III-1-Matériaux :

III-1-1-Fibre du palmier dattier :

Le palmier dattier est une plante qui pousse dans des climats très sévères dans les zones arides et semi arides, on ne connaît pas cette espèce à l'état sauvage. Il est typiquement cultivé dans les oasis sahariennes. Il existe plus de 2600 espèces de palmiers. Le palmier dattier est une monocotylédone à croissance apicale dominante qui ne contient pas de bois, tandis qu'un arbre possède un tronc, le palmier possède un stipe. De plus, il existe des palmiers mâles et des palmiers femelles, c'est ce qu'on appelle une plante dioïque.

Ce végétal mesure généralement entre 15 et 25 mètres et peut atteindre parfois les 30 mètres de hauteur, sa durée de vie peut même dépasser les 100 ans.

Le palmier dattier développe plusieurs types de fibres, parmi ces fibres celle de surface appelée dans la région du Sahara life. Notons que la couche des fibres augmente la durabilité du stipe du palmier dattier et le protège contre les chocs externe set les endommagements dus aux animaux, réduit également les contraintes dues à la température très élevée de la saison de l'été, et faible pendant la saison de l'hiver à cause de ces propriétés d'isolation thermique. Ainsi que cette fibre ce trouve près du Jeune palme (Guemara) de couleur blanche et a une texture molle et entoure un cercle de 6 cm figure (III.1) de diamètre environ. Les principales propriétés physiques de ce type de fibre sont résumées dans le tableau III.1 [14].

Figure III.1 : fibre du Palmier dattier

Tableau III.1 : Principales propriétés physiques des fibres de palmier dattier (Dokar, Elghers, D-Nour et D-Bida) [15,16]

Propriété	**Minimum -Maximum**
Diamètre (mm)	0.10 -1.00
Densité Absolue (kg/m^3)	1300.00 -1450.00
Densité Apparente (kg/m^3)	512.21 -1088.81
Teneur en eau naturelle (%)	9.50 -10.00
Taux d'humidité	9.50- 10.50%
Taux d'absorption (après 24 H)	96.83- 202.64 %

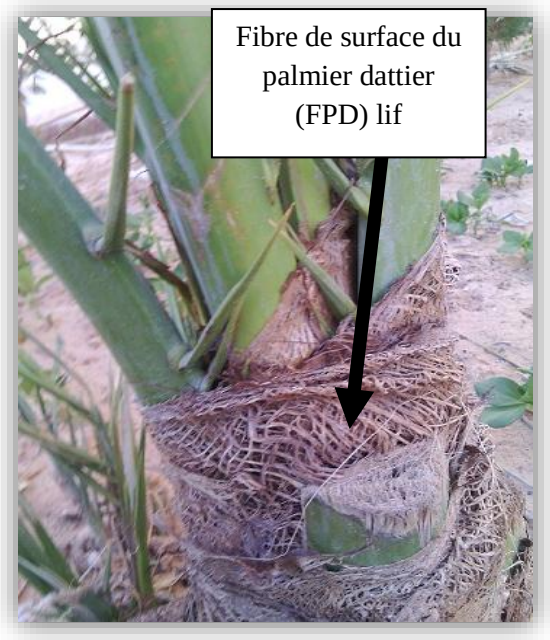


Figure III.2 : Palmier dattier montre les fibres de surface

III-1-2- La Chaux :

Dans le marché il existe deux types de chaux aérienne et hydraulique, la plus employée est la chaux aériennes éteinte.

Une chaux de bonne qualité est celle qui a un degré de solubilité très élevé et ayant un pourcentage de CaO plus élevé.

Le liant utilisé dans ce matériau est la chaux aérienne éteinte provenant de la région de la société BMSD Chaux (Saida Algérie), dans le tableau 2 on résume sa composition chimique.

Le liant est utilisé pour la création de la liaison entre les fibres, et la stabilisation de la structure composite afin d'assurer une bonne transmission des forces de cisaillement dans le composite.

Tableau III.2: Fiche technique des propriétés physique et chimiques de la chaux de Saida [17].

Caractéristiques de base	La fiche technique de la chaux
Apparence physique	Poudre blanche sèche
CaO [%]	> 73.3
MgO [%]	< 0.5
Fe_2O_3[%]	< 2
Al_2O_3 [%]	< 1.5
SiO_2 [%]	< 2.5
SO_3 [%]	< 0.5
Na_2O [%]	0.4 - 0.5
CO_2 [%]	< 5
$CaCO_3$ [%]	< 10
Densité spécifique [g/cm3]	2
Plus de 90 µm [%]	< 10
Plus de 630 µm [%]	0
Matériau insoluble [%]	< 1
Densité apparente [g/l]	600-900

III-1-3-Eau de gâchage :

L'eau utilisée est celle du robinet de la ville d'Ouargla, il sert d'une part à l'hydratation de la chaux et d'autre part elle permet la fluidification de la pâte. Dès que l'eau entre en contact avec la chaux, cette dernière réagit pour se combiner et former les hydrates de ciments.

L'analyse chimique de l'eau a été effectuée au laboratoire du traitement des eaux de l'université d'Ouargla par (Mokhtari Abdessamed) [18],ses constitutions sont ressuées dans le tableau III.3.

Tableau III.3 : Composition chimique de l'eau en mg/l.

Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^-	HCO_3^-	PH	Salinité
242	125	31	536	755	14.5	755	124	7.75	2799

III-2- Méthodes Expérimentales :

III-2-1 Préparation de La formulation du béton :

La fraction en masse de la formulation utilisée dans cette étude est celle de L/G =1 ou la masse du liant est égale à la masse du granulat (L liant, G granulats), la fibre utilisée dans ce test est broyée dans une machine traditionnelle avec une taille variant entre 1,25 et5 mm, la figure III.3 présente la courbe de tamisage de la fibre, la quantité de l'eau de gâchage est calculée d'après la formule suivante :$\boldsymbol{m_e = m_f + 0,6m_L}$ avec :

- m_e masse de l'eau de gâchage
- m_f masse de la fibre
- m_L masse du liant (chaux).

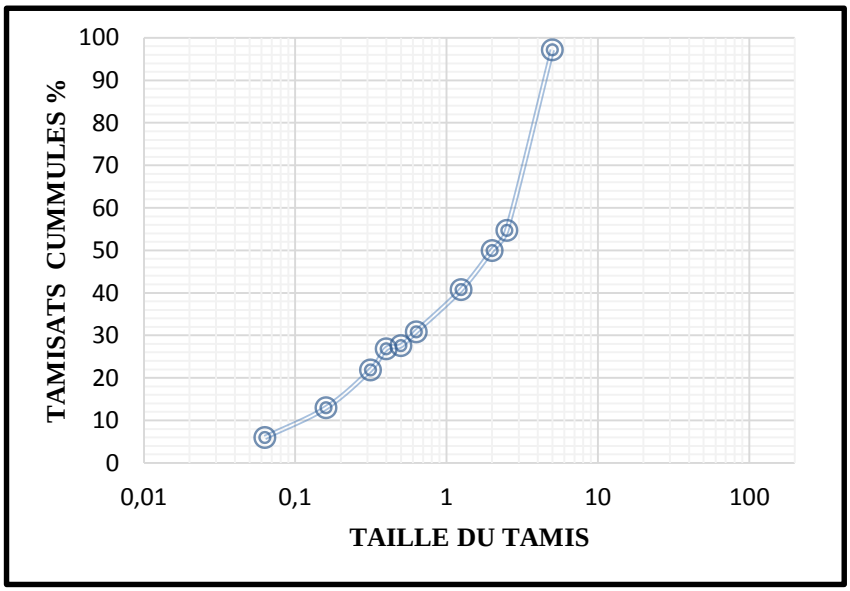


Figure III.3 : Courbe de tamisage de la fibre du palmier dattier

Les proportions du liant et de la fibre de la formulation testée sont données par le tableau III.4

Tableau III.4 : proportion des constituants du béton

Matériau	Granulat (fibre du palmier dattier)	Liant (Chaux)
Pourcentage	50%	50%

La préparation de la formulation a été fabriquée par le procédé de moulage. Il consiste à mélanger les granulats et le liant dans un malaxeur électrique puis introduire de l'eau pour obtenir une pâte homogène (voir figure III.4), le mélange a été coulé manuellement sur les parois extérieures de la cellule test.

Figure III.4 : Malaxage du béton

La valeur de la conductivité thermique de la fibre, ainsi que celle de la formulation utilisée dans cette étude, sont mesurées au niveau du laboratoire GRESPI université champagne Ardenne de Reims sur des éprouvettes de 100x100x100 mm3par un appareil de type **ISOMET 2114** avec une sonde aiguille figure 4.On résume dans le tableau III.5 les propriétés hygrothermiques du matériau testé.

Tableau III.5 : Propriétés hygrothermiques du béton FPD formulation 50%

Béton	**Densité apparente ρ**	**Conductivité thermique λ**	**Capacité thermique volumique Cv**	**Diffusivité thermique a**	**Perméabilité à la vapeur *δ***
	Kg/ m^3	W/mK	$J/m^3K\ 10^6$	$m^2/Sec\ 10^{-6}$	$kg.m^{-1}.Sec^{-1}.Pa^{-1}$
FPD	727,04-788,36	0,1345	0,3404	0,4383	2,47E-11

Figure III.5 : Détermination de la conductivité thermique du béton FPD

Le béton fabriqué sera testé sur une maison prototype (cellule de mesure) réalisée au niveau du laboratoire de génie mécanique dans le cadre d'une étude sur les matériaux à changement de phase.

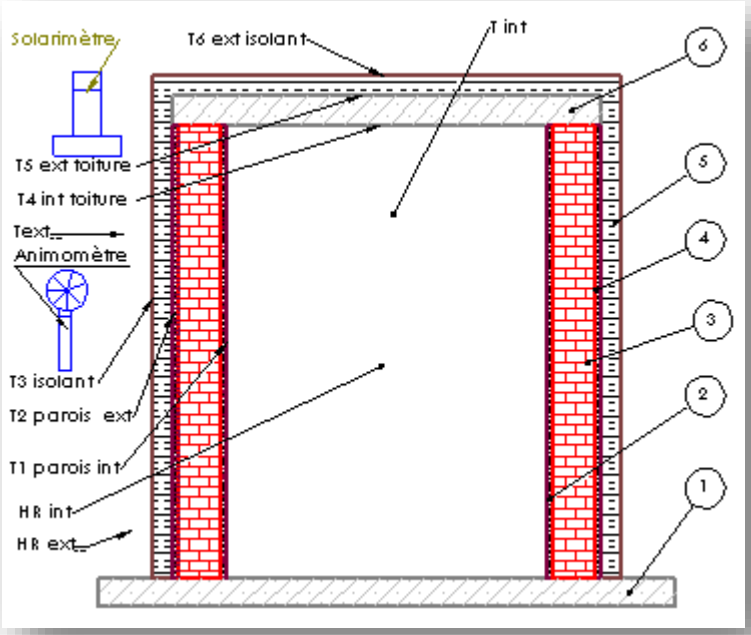
Les deux cellules ayant comme dimensions (145×125×100cm^3), sur le mur nord une fenêtre de dimensions a été implantée, ainsi que la porte se trouve au niveau du mur Est avec les dimensions (25×45 cm^2), tous les murs sont fabriqués en brique creuse avec un revêtement intérieur et extérieur en mortier, la plateforme et la dalle en béton armé, les caractéristiques thermiques des constituants des murs sont résumées dans le tableau III.6 :

Tableau III.6 : Caractéristiques thermiques des parois de la cellule de teste

Parois	Epaisseur (cm)	Conductivité thermique λ (W /m .K)
Revêtement intérieur, extérieur en mortier de ciment	1,5	1,4
Brique creuse	10	0,48
Plateforme et dalle en béton armé	7	2.4

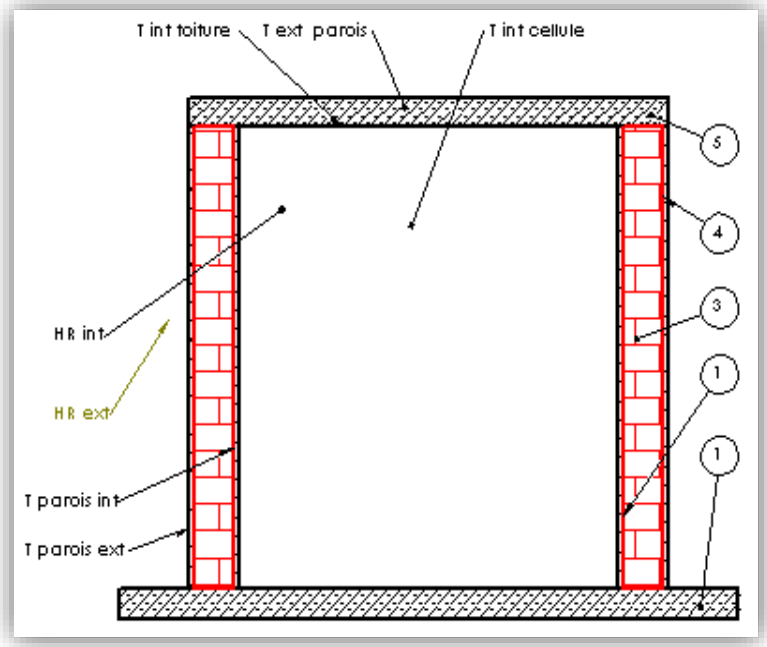
Par la suite les parois extérieurs et la toiture d'une des cellules tests, sont recouvertes par la formulation du béton préparé avec une épaisseur d'environ 50 mm, la deuxième cellule reste sans couverture, dans le but de faire un comparatif du comportement des cellules l'une par rapport à l'autre.

Afin d'évaluer les qualités thermiques et les performances énergétiques de ce type de béton dans des contraintes climatiques réelles, les mesures ont eu lieu en milieu externe, sur un site à l'université d'Ouargla réservé pour ce type d'essais. La figure III.6 (a,b) illustre une vue en coupe des cellules test et le dispositif expérimental installé pour la réalisation des mesures.



1. Plateforme en béton armé
2. Revêtement intérieur en mortier
3. Paroi en brique creuse
4. Revêtement extérieur en mortier
5. Isolant en béton de fibre de palmier dattier
6. Dalle en béton armé

Figure III.6.a : Cellule test avec isolant



1. Plateforme en béton armé
2. Revêtement intérieur en mortier
3. Paroi en brique creuse
4. Revêtement extérieur en mortier
5. Dalle en béton armé

Figure III.6.b : Cellule test sans isolant

III-2-2- Déroulement de l'essai :

Le relevé des températures au cours des tests est réalisé par une station d'acquisition des données assistée par ordinateur de type NI cdaQ9174 15voies, avec un pas du temps réglable (5 MINUTE/ acquisition). L'humidité est enregistrée par un enregistreur autonome de marque CHAUVIN ARNOUX type CA051 pour la cellule de mesure sans isolant, pour la cellule de mesure avec isolant l'humidité est captée par un thermo hygromètre de marque HANNA Instruments type HI9565.À la hauteur médiane, les thermocouples ont été installés à différentes profondeurs sur le mur sud des cellules de mesures figure III.7.

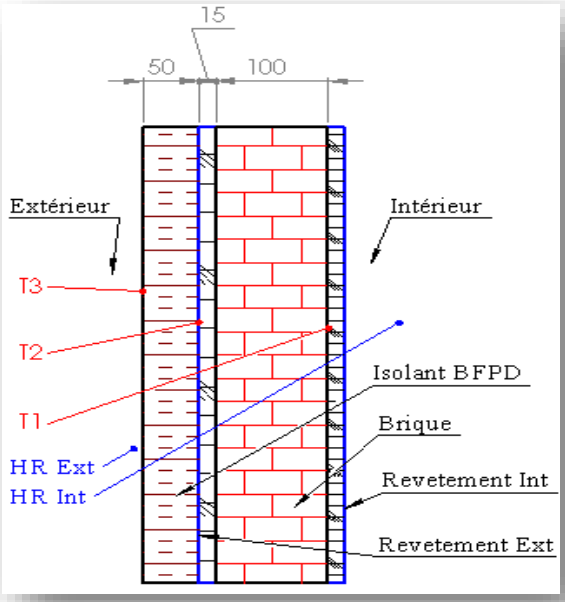


Figure III.7 : Coupe partielle du mur sud montre la disposition des thermocouples, ainsi que les capteurs d'humidité au niveau de la cellule test

Les thermocouples de température sont du type **K** ainsi que les capteurs d'humidité sont du type file chaud pour l'humidité extérieure et intérieure.

Le rayonnement solaire pendant la période de l'essai est relevé par un MacSolar, l'anémomètre utilisé pour la mesure de la vitesse du vent est du type THERMO-ANEMO A HELICE, sa plage de mesure évolue entre 0.20et 35m/s, avec une résolution de 0.01 à 0.1 m/s, l'anémomètre est positionné à mi-hauteur du mur sud de la cellule test.

Les essais ont été menés dans des environnements et conditions climatiques naturels, et pour que les tests soient fiables, la période choisie des tests était celle où la température à Ouargla atteint plus de 35° C.

Une compagne des mésusera été menée sur les deux cellules tests jour et nuit pour une durée de 12h pour chacune et pour qu'on soit très proches à la réalité d'une habitation réelle deux scénarios de test ont été menés comme suit :

Le premier scénario : relevé de la température et de l'humidité pendant la journée avec la fenêtre et porte fermée pendant 12h.

Le deuxième scénario : pendant la période nocturne le relevé de température et d'humidité avec la fenêtre et porte ouverte pendant 12h.

Le relevé de la température et l'humidité a été réalisé pendant 3 jours consécutifs. Sur la figure III.8(a,b)une illustration du dispositif expérimental de mesure pour les deux cellules a été présentée avec tous les appareils de mesure.

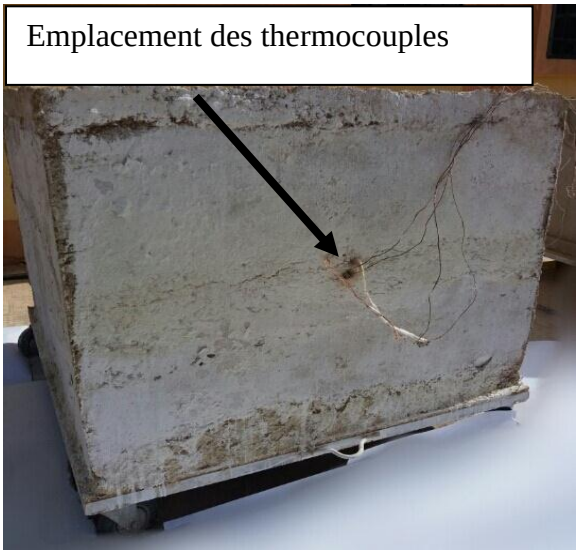


Figure III.8.a : Photo réelle de la Cellule test avec isolant

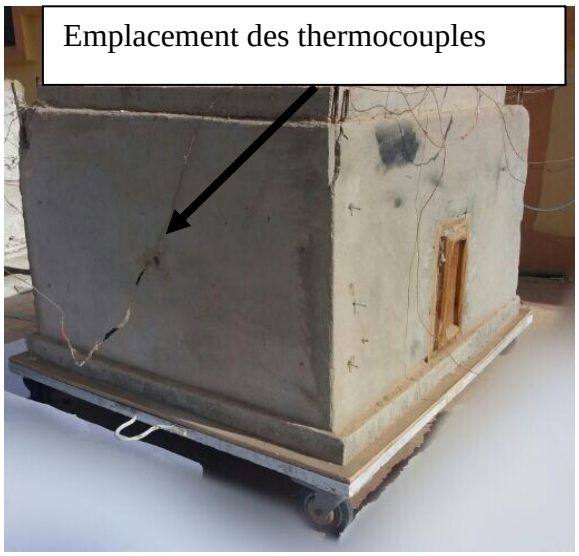


Figure III.8.b : Photo réelle de la Cellule test sans isolant

III-3- Résultats et Discussion :

Sur la figure III.9.a on présente l'évolution de la température intérieure en fonction du temps des deux cellules test ainsi que la température ambiante, on remarque que la différence de température intérieur entre la cellule avec isolant et celle sans isolant pendant les 12 heures d'enregistrement elle est de l'ordre de 10°C.

En plus la variation de la température intérieur de la cellule test avec isolant reste presque constante est cela à partir de 12H : 00 de matin jusqu'au 19H : 00, par contre pour la cellule test sans isolant cette dernière atteint 49 °C puis elle commence à diminuée à partir de 18H :

25, en plus la température intérieur de cellule test sans isolant continue à augmenter sachant que la température ambiante commence à diminue à partir de 14H : 25.

On présente sur la figure III.9.b l'évolution de l'humidité relative intérieur des deux cellules test, ainsi que l'humidité extérieur, on remarque que l'humidité relative intérieur des deux cellules est presque la même à 7H : 25 elle est e l'ordre de 18,8%.

On remarque que l'humidité intérieur de la cellule test sans isolant présente une léger augmentation pendant les 12H de la journée, elle atteint 22,5 à 19h : 00 du soir, par conséquent l'humidité intérieur de la cellule test avec isolant atteint 44% à la fin de la journée, cela est due à hygroscopicité élevée du matériau isolant utilisé.

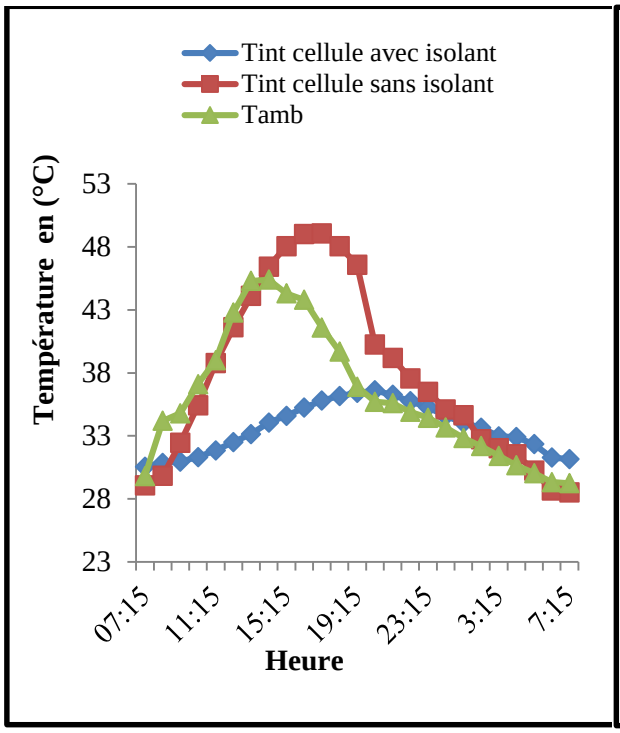


Figure III.9.a : Evolution de température ambiant et la température intérieure en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant

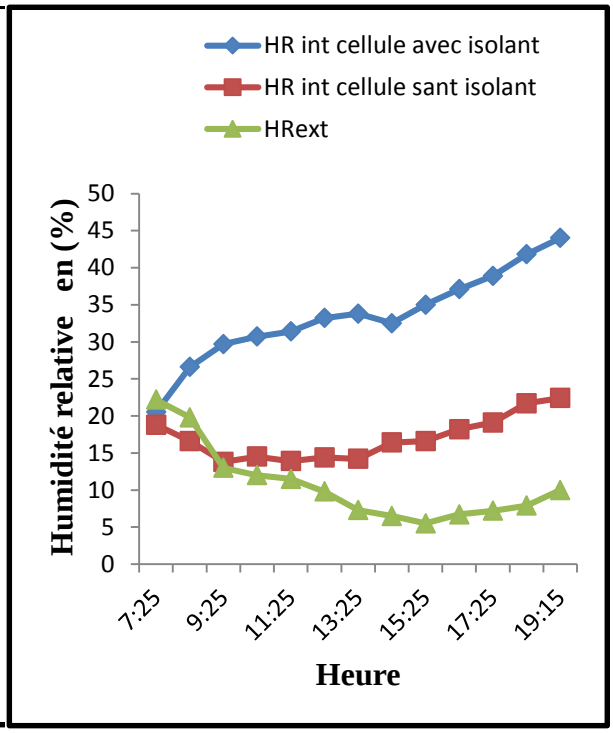


Figure III.9.b : Evolution de Humidité relative extérieure et intérieure en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant

La figure 10 représente l'évolution de température de la façade intérieure du mur sud en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant, ainsi que la température ambiante. La première remarque qu'on peut tirer de cette figure que l'évolution de la température du mur sud de la cellule test avec isolant est presque constante durant la période de mesure, elle varie entre 30°C au début de la mesure et 35°C à la fin, par contre la température du mur sud de la

cellule test sans isolant atteint 47°C à la fin de la mesure, ce qui présente une différence entre les deux mur des cellules test de l'ordre de 12°C.

En plus la différence entre la température ambiante et la température intérieur du mur sud de la cellule test avec isolant, est de l'ordre de 13°C au pic (à 13H : 25), par conséquent pour celle de la cellule test sans isolant Tamb égale à la température intérieur du mur sud de cette dernière. En plus on remarque que la température ambiante commence à démunie à partir de 13H : 25 mais la température du mur sud de la cellule test sans isolant continue à augmenter jusqu'à 18H : 25, est cela due à la nature du mur (mur en brique revêtu par un mortier du ciment), il se chauffe rapidement et se refroidie lentement. Par contre pour ce du mur sud de la cellule test avec isolant la température du mur sud tend vers la température ambiante a la même heure.

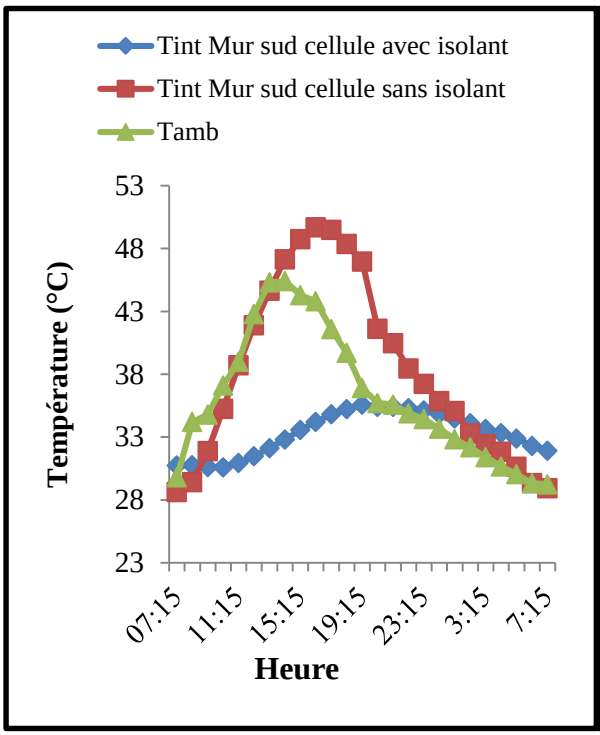


Figure III.10 : Evolution de température ambiant et la température de la façade intérieure du mur sud en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant

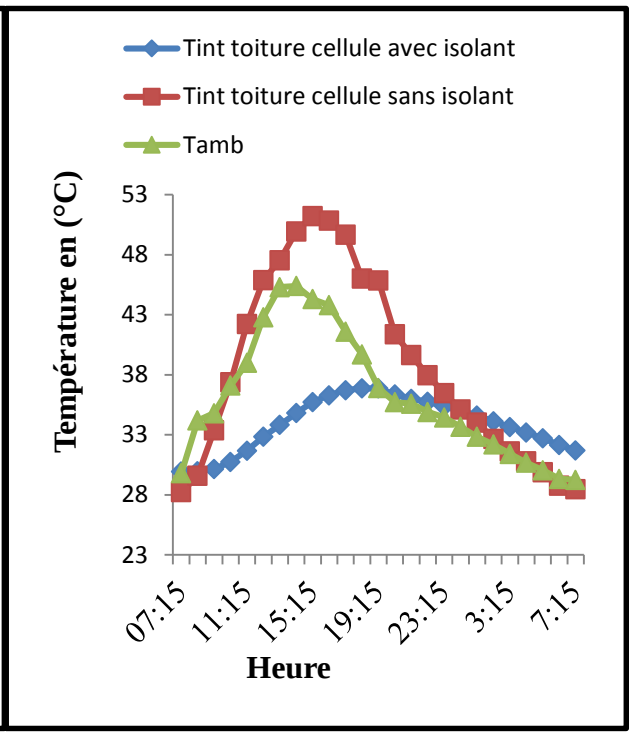


Figure III.11 : Evolution de température ambiant et la température de la façade intérieure de la toiture en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant

On présente sur la figure III.11 l'évolution de température de la façade intérieure de la toiture en fonction du temps pour les cellules avec et sans isolant, ainsi que la température

ambiante, on remarque que la température intérieur de la toiture de la cellule sans isolant dépasse les 45°C à partir de 12H : 25 est atteint 51°C comme une température maximale à 15H :25, par contre au niveau de la toiture de la cellule avec isolant la température intérieur ne dépasse pas les 37°C comme un maximale à 19H :15.

On remarque que la différence de température entre la toiture avec isolant et sans isolant est de l'ordre de 16°C.

Conclusion Générale

Conclusion Général

Durant cette étude, nous sommes intéressés à l'étude expérimentale des transferts thermique dans un local muni d'un isolant à base de fibre de palmier dattier, pour une formulation de FC50, une analyse comparative entre deux cellules test, une avec isolant et l'autre sans isolant, une série de mesure de température et humidité intérieur et extérieur des cellules, a été réalisé pour connaitre la capacité d'isolation thermique ce type de matériau dans des conditions réelles.

Les mesures réalisées sur les deux cellules test nous a permis de mettre en évidence l'influence de ce type d'isolant sur le confort thermique désiré, dans un local prototype exposé aux conditions climatiques très sévères dans une région sec.

Les observations essentielles que nous pouvons tirés de cette étude sont les suivantes :

- ✓ Cette étude expérimentale prouve que l'inertie thermique du béton à base de fibre de palmier dattier à une influence positif sur le confort thermique des constructions existe dans les régions Sahariennes sec.
- ✓ La plus part des déperditions énergétiques dans les cellules test sont dues à La toiture ou nous avons trouvé une différence de température intérieur entre les deux cellules allons jusqu'au 16°C.
- ✓ une différence de température intérieur entre les deux cellules allons jusqu'au 15°C, cela peut être traduit par un gain d'énergie de climatisation dans une construction très important.

Ce travail peut s'inscrit dans la lignée des travaux sur le thermique du bâtiment. Il pourra contribuer au transfert du savoir énergétique vers les pays du climat saharien et ainsi améliorer les connaissances sur les transferts de chaleur dans les maisons et d'envisager des solutions techniques de construction pour y remédier.

Bibliographie

Bibliographie

[1] HADDAD Abdelkrim, Transferts thermiques un cours de base pour les étudiants en cycle de graduation avec plus de 100 problèmes et exercices, Texte imprimé, Alger 2001.

[2] P. Latif et M. Jiji, Heat Conduction, New York.

[3] REME, Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique de bâtiment, Edition 2010.

[4] OLIVA Jean Pierre, L'Isolation écologique. Conception, matériaux, mise en oeuvre, 2001.

[5] HAKKOUM Soumia, Etude des caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya de Ouargla, Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 2015.

[6] HOLLAERT Laurie, Analyse de la rentabilité financière et des avantages liés à l'isolation thermique : étude de cas adaptés au modèle belge, Mémoire de Master, Université libre de Bruxelles 2014.

[7] Société Nationale de l'électricité et du gaz unité d'Ouargla, Sonelgaz (2010-2015).

[8] M. MAZARI, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi Ouzou), Mémoire de Magistère, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2012.

[9] www.ele43.fr

[10] Le centre expert pour l'émergence des éco technologies au service du développement des co-entreprisses, 2008.

[11] guide pratique pour la construction et la rénovation durables des petits bâtiments, matériaux d'isolation thermique : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable, juillet 2010.

[12] COULOMB Philippe, HERMANN Guillaume, SARLIN Sophie, L'isolation thermique dans la conception et la réalisation des locaux de travail.

[13] Guide des matériaux isolants, Espace info : Energie C.A.U.E. de la Haute-Loire, www.eie43.fr.

[14] www.aprue.org.dz (consulter Février 2013)

[15] S. MAZOUZ, La ville et le désert, Le Bas-Sahara Algérien, ISBN: 2-84586-733-6, Décembre 2005.

[16] DJOUDI Amina, KHENFER Mohammed Mouldi. et BALI Abderrahim, Étude d'un nouveau composite en plâtre renforce avec les fibres végétales du palmier dattier, SBEIDCO-1st International Conference on sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries ENSET, Oran –Algeria, 12-14 October 2009.

[17] K. HARICHENE, M. GHRICI, A.BELABBACI, A.MEKNACI, Effet de la chaux et de la pouzzolane naturelle sur le comportement de la plasticité des sols argileux, Séminaire international, Département de Génie Civil, Institut supérieur des études technologiques de Sfax, Tunisie 2009.

[18] MOKHTARI Abdessamed, Influence des ajouts de fines minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcés de fibres végétales de palmier dattier, Thèse de Magister, 2006

Annexe

La station d'acquisition de donnés type NI cDAQ-9174

THERMO-ANEMO A HELICE ***L'ANEMOMETRE*** ***SOLARI-METRE*** ***THERMO HYGROMETER HANNA-HI9565***

Résumé

L'objectif principal de cette étude est de tester la capacité d'isolation thermique d'un béton à base de fibres du palmier dattier sur une enveloppe d'une construction prototype, et cela pour obtenir une meilleure connaissance sur les caractéristiques thermiques de ce type de matériau.

L'étude expérimentale a été réalisée en période chaude dans la région d'Ouargla, et ce pour identifier les caractéristiques thermiques ou la capacité d'isolation thermique réelle de ce matériau dans des conditions très sévères, où la température, au mois de mai, dans cette région, dépasse 35°C.

Cette étude a notamment permis de mettre en évidence la capacité d'isolation thermique du béton de palmier dattier utilisé comme isolant, ainsi que l'influence de ce type de béton sur le confort thermique dans une construction sise à une région très chaude au sud algérien.

Mots clés Capacité d'isolation thermique, confort thermique, les fibres de palmier dattier.

Abstract

The main objective of this study is to test the thermal insulation capacity of a date palm fiber concrete on an envelope of a prototype construction in order to obtain a better knowledge of the thermal characteristics of this type of material.

The experimental study was carried out during a hot period in Ouargla region to identify the thermal characteristics or the actual thermal insulation capacity of this material under very severe conditions where the temperature in May exceeds 35 ° C.

This study made it possible to highlight the thermal insulation capacity of the date palm concrete used as insulation, as well as the influence of this type of concrete on thermal comfort in a construction located in a very hot region in the south of Algeria.

Keywords: Thermal insulation capacity, thermal comfort, the date palm fibers.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو اختبار قدرة العزل الحراري لخرسانة من ألياف النخيل المغطية لبناء نموذجي من أجل معرفة الخصائص الحرارية لهذا النوع من المواد.

أجريت الدراسة التجريبية في ظروف ساخنة جدا في منطقة ورقلة للتعرف على الخصائص الحرارية أو قدرة العزل الحراري الفعلية لهذه المادة حيث تكون درجة الحرارة في شهر مايو، في هذه المنطقة، تتجاوز 35 درجة مئوية.

مكنت هذه الدراسة من تسليط الضوء على قدرة العزل الحراري خرسانة لألياف النخيل المستخدمة كعازل، فضلا عن تأثير هذا النوع من الخرسانة على الراحة الحرارية في بناء يقع في منطقة ساخنة جدا في الجنوب الجزائري.