

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB. BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DES ENERGIES
RENOUVELABLES



Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du Diplôme
De Master en Energies Renouvelables
OPTION : HABITAT BIOCLIMATIQUE

Thème :

**CONTRIBUTION À L'ETUDE DES
PERFORMANCES THERMIQUES D'UNE
MAISON SOLAIRE**

Promoteur :

Dr. DERRADJI Lotfi

Etudiant :

Medah Samir

Année Universitaire 2015/2016

Remerciements

Au premier lieu, nous tenons à remercier le bon dieu de nous avoir donné le courage et la volonté de terminer ce travail, et nos parents pour leurs appuis et leurs soutiens.

Je tiens à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidé à élaborer cet ouvrage et en particulier notre promoteur M. DERRADJI Lotfi pour leur assiduité et leur dévouement à notre travail ainsi que ses orientations précieuses.

Je tiens également à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Je remercie aussi l'ensemble des enseignants de département des énergie renouvelables qui ont contribué à notre formation

Enfin je tiens encore à remercier le bon dieu mille et n^{ème} fois qui nous a guidé pas à pas pour atteindre notre objectif

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents qui ont tout fait pour que je réussisse dans ma vie.

Tous mes proches, mes amis et mes camarades de promotion.

Mes frères en reconnaissance de leur affection toujours constante.

Et à tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Les maisons passives représentent une opportunité sans précédent pour limiter la dépendance des bâtiments aux énergies fossiles et réduire nos émissions de gaz à effet de serre. La construction des maisons passives permettent en effet de réduire les consommations d'énergie de 75% par rapport aux bâtiments classiques.

Ce travail se focalise sur l'étude des performances thermiques d'une maison rurale à faible consommation d'énergie, réalisée par le CNERIB dans le cadre du projet MED-ENEC.

Le but de ce travail, est l'étude de l'effet de l'isolation sur le comportement thermique d'une maison construite avec des matériaux locaux et selon les normes algériennes de construction.

À ce propos, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique 'TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56.

Les résultats de la simulation vont permettre de comprendre le comportement thermique de l'enveloppe de la maison prototype et d'étudier l'impact des mesures d'efficacité énergétique adoptés dans la maison prototype sur le confort hygrothermique de l'ambiance intérieure, sur la réduction de la consommation de chauffage et de climatisation et sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Ce projet se terminera par une étude d'optimisation technico-économique des paramètres influençant le comportement thermique du bâtiment. L'estimation des surcoûts de logement liés à l'introduction de l'isolation thermique sera réalisée en prenant en considération le prix de logements en Algérie et le coût de l'isolant et de sa mise en œuvre.

Mots clés du projet : Thermique du bâtiment, maison solaire, efficacité énergétique, confort thermique et simulation thermique.

Abstract

The passive houses represent an unprecedented opportunity to limit the dependence of buildings to the fossil fuels and reduce our greenhouse gas emissions. The construction of the passive houses indeed allows to reduce the 75 % energy consumptions with regard to the classic buildings.

This work focuses on the study of the thermal performances of an energy-saving rural house, realized by the CNERIB within the framework of the project MED-ENEC.

The purpose of this work, is the study of the effect of the insulation on the thermal behavior of a house built with local materials and according to the Algerian standards of construction.

In this connection, simulations were made by means of the simulation software of the thermal behavior ' TRNSYS 16 ' with the typical digital model 56.

The results of the simulation are going to allow to understand the thermal behavior of the envelope of the house prototype and to study the impact of the measures of energy efficiency adopted in the house prototype on the hygrothermal comfort of the internal atmosphere, on the reduction of the consumption of heating and air conditioning and on the reduction of greenhouse gas emissions.

This project will end by a study of technico-economic optimization of the parameters influencing the thermal behavior of the building. The estimation of the additional costs of accommodation bound to the introduction of the heat insulation will be realized by considering the price of housing in Algeria and the cost of the insulating material and its implementation.

Keywords of the project: thermal of the building, the house solar energy, energy efficiency, thermal comfort and thermal simulation.

ملخص

تمثل المنازل الايكولوجية ثروة غير مسبوقة للحد من استهلاكات المباني للطاقة الاحفورية. والحد من الانبعاثات لغازات الاحتباس الحراري. كما تقوم هذه المباني من تخفيض استهلاك الطاقة بنسبة 75 % مقارنة مع المباني التقليدية.

هذا العمل يركز على دراسة الاداء الحراري لمنزل ريفي ذو استهلاك الطاقوي ضعيف. منجزة من طرف CNIREB ضمن مشروع MED ENEC.

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير العزل على السلوك الحراري لمنزل مبني بمواد محلية وفقا لمعايير بنائية جزائرية. في هذا السياق، تم تطبيق عمليات المحاكاة باستخدام برنامج يقوم بدراسة السلوك الحراري للبنىات 16 transys مع نموذج رقمي 56.

نتائج هذه العمليات تسمح لنا بفهم السلوك الحراري لهيكل المنزل النموذجي، ودراسة تأثير معايير الكفاءة الطاقوية المعتمدة في المنزل النموذجي على راحة المستعمل من حيث الرطوبة الحرارية للوسط الداخلي للمنزل. والاختصاص من استهلاك الطاقة المعتمدة في تدفئة وتبريد المنزل. مع الحد من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري

هذا المشروع يتوج اخيرا بدراسة تقنية اقتصادية الامثل، للعوامل الماثرة على السلوك الحراري البنائية. تقدير تكاليف السكن مرتبطة بادخال العزل الحراري وذلك باخذ بعين الاعتبار ثمن السكن في الجزائر وتكلفة العازل الحراري تطبيقه على المنزل.

الكلمات مشروع: بناء الحراري، منزل الطاقة الشمسية وكفاءة الطاقة والراحة الحرارية والمحاكاة الحرارية.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Nomenclature	
Introduction générale.....	1

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

A. Généralités.....	4
1. Introduction.....	4
2. Confort.....	4
2.1 Notions de confort thermique.....	4
2.2 Confort thermique.....	5
2.2.1 Le confort thermique dépend de 6 paramètres.....	5
2.3 Confort hygrothermique.....	6
2.3.1 La plage de confort température-humidité.....	6
2.4. LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES EN JEU.....	7
2.5 LES PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES.....	7
2.5.1 Convection.....	8
2.5.2 Rayonnement.....	8
2.5.3 Conduction.....	8
3. Les maisons « passives ».....	8
3.1 Définition.....	9
3.2 Les principes d'une maison passive.....	9
3.3 Les Avantages.....	9
3.4 Énergie solaire.....	9
3.5 Techniques pour capter l'énergie solaire.....	10
3.5.1 Énergie solaire photovoltaïque.....	10
3.5.2 Énergie solaire thermique.....	10
3.5.3 Énergie solaire passive :.....	11
4. Efficacité énergétique.....	12
4.1 L'efficacité énergétique des bâtiments.....	12
4.2 La nécessité de l'efficacité énergétique.....	13
4.3 Efficacité énergétique active et passive.....	13
4.4 Les Concepts D'habitats Existants.....	13
4.4.1 Bâtiment à Basse Consommation.....	13

4.4.2 Bâtiments passifs	13
4.4.3 Bâtiments à Zéro énergie	14
4.4.4 Bâtiments à énergie positive	14
4.4.5 Bâtiments bioclimatiques	14
5.L'isolation thermique	14
5.1 Définition.....	14
5.2 Les différents types d'isolation	14
5.3 Les types d'isolant thermique	16
5.4 Ponts thermiques.....	16
5.4.1 Types de pont thermique.....	17
B. ETAT DE L'ART	17
6.Conclusion.....	20

CHAPITRE 2 : RPRESENTATION DU PROJET

1.Introduction	21
2.Présentation De la Ville D'étudiée.....	21
2.1 Localisation géographique.....	21
2.2 Les Caractéristiques Du Climat	21
2.2.1 Les températures	22
2.2.2 L'ensoleillement	23
3.DESCRPTION DE L'ABITAT ETUDIE.....	24
3.1 Introduction	24
3.2 Présentation de la maison	24
3.3 Isolation thermique de l'enveloppe	27
3.4 Composition des parois	27
3.5 Les locaux chauffés	30
4. Conclusion.....	30

CHAPITRE 3 : MODELISATION

1.Introduction	31
2.TRNSYS.....	31
2.1 Avantages	31
2.2 Inconvénients.....	31
2.3.TRNSYS Simulation Studio.....	31
2.4.TRNBuild	32
3.Meteonorm	33
4.Simulation du projet.....	33

4.1 Simulation sous TRNSYS	33
4.2 Simulation sous TRNBuild.....	34
5. Bilan énergétique.....	35
6. Calcul des déperditions et apports calorifiques des bâtiments.....	35
6.1. Les déperditions.....	35
6.1.1. Déperditions totales d'un logement	35
6.1.5 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois	36
6.1.6 Déperditions à travers les ponts thermiques	36
6.1.7 Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés	36
6.1.8 Déperditions par renouvellement d'air	37
7. Conclusion.....	37

CHAPITRE 4 : Résultats et discussions

1. Introduction	38
2. Zones thermiques	38
3. Scénario d'occupation.....	38
4. Interprétation des résultats	39
4.1 Evolution de la température des 4 zones de la maison avec et sans isolation	39
4.1.1 Sans isolation	39
4.1.2 Avec isolation	41
4.2 Influence de l'épaisseur de l'isolation sur les besoins en chauffage et en climatisation	42
4.2.1 Effet de l'isolation de la toiture.....	43
4.2.2 Effet de l'isolation des murs	43
4.2.3 Effet de l'isolation du plancher.....	44
4.3 Comparaison entre les besoins avec et sans isolation.....	45
4.3.1 En chauffage	45
4.3.2 En climatisation	46
4.4 Comparaison entre les types d'isolation	46
4.5 Comparaison entre les différents matériaux de construction.....	47
4.5.1 La composition des parois	47
4.5.2 Comparaison des Besoins en chauffage et en climatisation pour différent matériaux	48
5. Conclusion.....	51

Partie solaire

1. Introduction	52
2. la surface de captation du système	52

3.Irradiation moyenne mensuelle	52
4.La puissance solaire utile	52
5.les besoins en chauffage	53
5.1 la toiture	53
5.2 Les murs	54
5.3 Plancher b	54
6.Calcul de la surface de captation du système	55
6.1 la surface de captation par rapport l'isolation de la toiture	55
6.1 la surface de captation par rapport l'isolation des murs	56
6.1 la surface de captation par rapport l'isolation de plancher	57
7.Conclusion.....	57

CHAPITRE 5 : Etude technico-économique

1.Introduction	58
2.Les avantages du BTS	58
3.Epaisseur optimal d'isolation	58
4.Avantages d'une isolation optimale	59
5.La détermination des épaisseurs d'isolation optimales a été effectuée pour la maison sur la base des hypothèses suivantes.....	59
5.1 Cout climatisation.....	59
5.2 Cout chauffage.....	59
5.3 Cout total	60
6.Epaisseur optimale	60
6.1 Epaisseur optimale pour la toiture	60
6.2 Epaisseur optimale pour les murs	61
7.Conclusion.....	62
Conclusion générale	

Listes des figures :

Figure 1 : La maison prototype située au CNERIB de Souidania.....	3
--	---

Chapitre 1

Figure 1.1 : Les 6 paramètres influant sur le confort thermique.....	5
Figure 1.2 : Plage de confort sur le diagramme de l'air humide (Diagramme hygrothermique).....	6
Figure 1.3 : Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement.....	7
Figure 1.4 : Les échanges thermiques du corps humain.....	8
Figure 1.5 : Fonctionnement d'un système photovoltaïque.....	10
Figure 1.6 : Fonctionnement d'un chauffe-ballon solaire.....	11
Figure 1.7 : Principes de base d'une conception bioclimatique.....	12
Figure 1.8 : Les différents types d'isolation.....	14
Figure 1.9 : Zones à ponts thermiques.....	16

Chapitre 2

Figure 2.1 : Communes limitrophes de Souidania.....	21
Figure 2.2 : Température moyenne mensuelles.....	22
Figure 2.3 : température journalière.	23
Figure 2.4 : Durée d'insolation.	23
Figure 2.5 : Irradiation solaire mensuelle.....	24
Figure 2.6 : La maison prototype situé au CNERIB (à Souidania).	24
Figure 2.7 : Plan de masse de la maison prototype.	25
Figure 2.8 : Mur extérieur de masse de la maison prototype.	27
Figure 2.9 : Plancher bas sur terre-plein.	27
Figure 2.10 : Toiture de masse de la maison prototype.	28
Figure 2.11 : Mur interne (Un panneau de BTS)	28
Figure 2.12 : Les locaux chauffés.	29

Chapitre 3

Figure 3.1 : Interface du logiciel TRNYS.....	32
Figure 3.2 : Interface du logiciel TRNBuild.	32
Figure 3.3 : Interface du logiciel Meteonorm 7.....	33
Figure 3.4 : Modélisation sous TRNSYS de la maison étudiée.	33
Figure 3.5 : Interface de TRNBuild.	34

Chapitre 4

Figure 4.1 : Evolution de la température intérieure des quatre zones sans isolation de la maison pour la Période du 7 au 14 février.	39
Figure 4.2 : Evolution de la température intérieure des quatre zones sans isolation de la maison pour la Période 24 au 31 juillet.	40
Figure 4.3 : Evolution de la température intérieure des quatre zones avec isolation de la maison pour la Période du 7 au 14 février.	41
Figure 4.4 : Evolution de la température intérieure des quatre zones avec isolation de la maison pour la Période 24 au 31 juillet.	42
Figure 4.5 : Variation des besoins en chauffage et en climatisation avec la variation de l'épaisseur de l'isolation de la dalle.	43
Figure 4.6 : Variation des besoins en chauffage et en climatisation avec la variation de l'épaisseur de l'isolation des murs.	43
Figure 4.7 : Variation des besoins en chauffage et en climatisation avec la variation de l'épaisseur de l'isolation du plancher.	44
Figure 4.8 : les besoins mensuels en chauffage avec isolation et sans isolation de la maison.	45
Figure 4.9 : les besoins mensuels en climatisation avec isolation et sans isolation de la maison.	46
Figure 4.10 : les besoins annuels en chauffage et climatisation de la maison pour les trois types d'isolation.	46
Figure 4.11 : Besoins en chauffage pour différents matériaux de construction sans isolation.	48
Figure 4.12 : Besoins en climatisation pour différents matériaux de construction sans isolation.	49
Figure 4.13 : Besoins en chauffage pour différents matériaux de construction avec isolation.	49
Figure 4.14 : Besoins en climatisation pour différents matériaux de construction avec isolation.	50
Figure 4.15: variation de la surface de captation en fonction de l'épaisseur de l'isolation de la toiture.....	55
Figure 4.16 : variation de la surface de captation en fonction de l'épaisseur de l'isolation des murs.....	56
Figure 4.17 : variation de la surface de captation en fonction de l'épaisseur de l'isolation de plancher.....	57

Chapitre 5

Figure 5.1: Epaisseur optimal d'isolation.....	58
Figure 5.2: Epaisseur optimal d'isolant pour la toiture (chauffage).....	60
Figure 5.3: Epaisseur optimal d'isolant pour la toiture (climatisation).....	61
Figure 5.4: Epaisseur optimal d'isolant pour les murs (chauffage).....	61
Figure 5.5: Epaisseur optimal d'isolant pour les murs(climatisation).....	62

Listes des tableaux :

Chapitre 1

Tableau 1.1 : les paramètres de confort.	5
Tableau 1.2 : les avantages et les inconvénients d'une isolation par remplissage de la coulisse.....	15
Tableau 1.3 : les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'intérieur.....	15
Tableau 1.4 : les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'extérieur.....	15

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Données climatiques d'ALGER.....	22
Tableau 2.2 : Caractéristiques thermiques des différentes parois de la maison.....	29

Chapitre

Tableau 3.1 : Bilan énergétique d'un bâtiment.....	
---	--

Chapitre 4

Tableau 4.1 : Composition des parois et caractéristiques thermiques des différents matériaux.....	47
Tableau 4.2 : Irradiation moyenne mensuelle pour la période hivernale.....	52
Tableau 4.3 : PSU pour la période hivernale.....	52
Tableau 4.4 : les besoins chauffage de mois janvier	53
Tableau 4.5 : les besoins chauffage de mois janvier	54
Tableau 4.6 : les besoins chauffage de mois janvier.....	54

Nomenclature

A : Surface (m^2)

Ta : Température ambiante de l'air ($^{\circ}C$)

Tp : Température des parois ($^{\circ}C$)

Gh : Irradiation solaire globale sur un plan horizontal (w/m^2)

Bn : Irradiation solaire directe normale (w/m^2)

Dh : Irradiation solaire diffus sur un plan horizontal (w/m^2)

Ta : Température de l'air ($^{\circ}C$)

RH : Humidité relative %

Td : Point de rosée ($^{\circ}C$)

FF : Vitesse du vent (m/s)

r : épaisseur [m]

R : résistance thermique [$m^2.K/W$]

Rg : résistance thermique globale [$m^2.K/W$]

U : Coefficient de transmission thermique [$W/m^2.K$]

V : le volume de l'habitat,

ΔT : différence de températures entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitat.

Di: Les déperditions totales du volume i [$W/^{\circ}C$]

(DT)i : les déperditions par transmission du volume i, [$W/^{\circ}C$]

(DR)i : les déperditions par renouvellement d'air du volume i. [$W/^{\circ}C$]

(Ds)i : les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur, [$W/^{\circ}C$]

(Dli)i : les déperditions à travers les liaisons, [$W/^{\circ}C$]

(Dsol)i : les déperditions à travers les parois en contact avec le sol, [$W/^{\circ}C$]

(Dlnc)i : les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés .
[$W/^{\circ}C$]

(DRV) : représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, [$W/^{\circ}C$]

(DRs)i : les déperditions supplémentaires dues au vent . [$W/^{\circ}C$]

DT : (les déperditions par transmission du logement, [$W/^{\circ}C$]

Dréf : les déperditions de référence. [$W/^{\circ}C$]

(DB) : les déperditions de base de chaque volume thermique i . [W]

t_{bi} : la température intérieure de base du volume considéré ; [°C]

t_{be} : la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction. [°C]

K : le coefficient de transmission surfacique ; [W/ m². °C]

A : la surface intérieure de la paroi. [m²]

K_1 : le coefficient de Transmission linéique de la liaison, [W/ m. °C]

L : la longueur intérieure de la liaison. [m]

Q_v le débit spécifique de ventilation ; [m³/h]

Q_s : le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent. [m³/h]

V_h : le volume habitable ; [m³]

$Q_{v\text{réf}}$: le débit extrait de référence. [m³/h]

λ : conductivité thermique [W/m.K]

β : taux de renouvellement d'air

C_c : le cout de climatisation (DA/m²)

Q_c : la charge de climatisation (Kwh/m²)

C_{EC} : le cout de l'électricité (DA/m²)

C.O.P : le coefficient de performance

C_H : le cout de chauffage (DA/m²)

Q_H : la charge de chauffage (Kwh/m²)

H : le pouvoir calorifique (J/m³)

a_0 : Rendement optique du capteur.

a_1 : Conductance globale du capteur.

Scap=surface de capitation en [m²]

PSU : Puissance solaire utile en [KWh/m²]

Tcs= Taux de couverture solaire.

$I(\text{moy/mois})$: L'irradiation moyenne mensuelle en [KWh/m²]

η : Rendement du capture.

Acronymes

DTR : Document technique réglementaire.

CNERIB : Centre national d'étude et de recherche intégrée en bâtiment

CDER : Centre de développement des énergies renouvelables

Med-Enec : Energy Efficiency in the construction Sector of the Mediterranean (Efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment pour les pays méditerranéens)

Introduction générale

Introduction générale

Le contexte énergétique et environnemental au monde de ce début de XXI^e siècle est marqué par : un déséquilibre entre une production énergétique dépendante des sources épuisables et une consommation en forte évolution. Ainsi, les activités humaines exploitent ces ressources, en conséquence, elles rejettent les résidus de leurs productions sous forme des déchets dans l'atmosphère. Ces déchets induits des impacts conséquents à toutes les échelles (locale, régionale, globale). Parmi les déchets générés, les émissions de gaz à effet de serre qui sont considérées la cause principale de l'augmentation de l'effet de serre qui résulte le réchauffement climatique de la planète.

Le réchauffement climatique de la terre, engagé depuis quelques années, a occasionné une action à l'échelle mondiale pour en atténuer les conséquences voire inversé la tendance. A cet effet, le réchauffement climatique fait périodiquement l'objet des réunions internationales : Rio de Janeiro (1992), Berlin (1995), Genève (1996), Kyoto (1997), Buenos Aires (1998), La Haye (2000) et Montréal (suivi du protocole de Kyoto 2005). Ces réunions ont pour objectif de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

Le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue depuis déjà plusieurs décennies. Cette augmentation touche les différents secteurs.

Le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie primaire parmi tous les secteurs économiques, il représente 45% des consommations d'énergie à lui seul, 25% des émissions de CO₂ et 19% des émissions de gaz à effet de serre [1].

La diminution de la consommation énergétique des bâtiments constitue un enjeu majeur de ce début de siècle. La réalisation de bâtiments qui consomme moins d'énergie est un processus complexe qui nécessite le développement d'outils performants d'assistance à leur conception, leur construction et leur maintenance.

En Algérie, le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie, ce sont les logements qui représentent le plus grand gisement d'économie.

Aujourd'hui, les besoins énergétiques dans ce secteur sont satisfaits presque exclusivement par les hydrocarbures, notamment le gaz naturel, l'énergie la plus disponible, mais la consommation n'a cessé de progresser, à titre d'exemple : la consommation d'énergie finale dans le secteur représente 41 % de la consommation totale du pays [2].

Un bâtiment à énergie positive doit pouvoir limiter au maximum ses besoins de chauffage en hiver et la surchauffe en été. La forte isolation thermique et l'étanchéité à l'air de son enveloppe visent à réduire les échanges thermiques avec l'extérieur, cependant le renouvellement de l'air est nécessaire, à la fois pour maintenir la bonne qualité de l'air intérieur et pour apporter l'oxygène aux occupants, mais aussi pour participer, lorsque c'est possible, au préchauffage ou au rafraîchissement du bâtiment. Ce renouvellement d'air, lorsqu'il est spontané (infiltrations, ventilation naturelle par les ouvertures), s'accompagne d'un échange de chaleur et d'humidité qui peut dégrader les conditions de confort hygrothermique. C'est

pourquoi l'amélioration des performances thermiques du bâtiment nécessite la maîtrise des échanges d'air.

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique [3]. Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaire à la couverture de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelque temps encore.

Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en termes de stratégie de valorisation de ces ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles stratégiques.

La consommation d'énergie peut être considérablement réduite par l'adoption des stratégies d'efficacité d'énergie dans le bâtiment et cela en proposant des composants de l'enveloppe plus efficaces [4] des améliorations respectives d'une énergie du point de vue de l'efficacité. Différents types de murs énergétiques efficaces, tels que les murs trombe, façade ventilée, et des parois vitrées sont envisageables.

Ce travail se focalise sur l'étude des performances thermiques d'une maison rurale à faible consommation d'énergie, réalisée par le CNERIB dans le cadre du projet MED-ENEC (Méditerranéen Energy Efficiency in Construction structure, figure 1), avec la simulation thermique dynamique. L'outil de simulation thermique dynamique (STD) permet de prévoir le comportement du bâtiment dans son ensemble lorsqu'il est soumis à différentes sollicitations et d'évaluer ensuite l'impact de chaque paramètre de la construction sur le niveau de la performance énergétique du bâti. Cependant, les outils de simulation sont élaborés à partir de modèles théoriques qu'il faut confronter à la réalité pour évaluer le degré de précision qu'ils permettent d'obtenir.

Dans le cadre de cette étude, les résultats de la simulation numériques seront confrontés avec des mesures thermiques effectuées sur la maison prototype (MED-ENEC). Les résultats de la simulation vont permettre de comprendre le comportement thermique de l'enveloppe de la maison prototype et d'étudier l'impact des mesures d'efficacité énergétique adoptées dans la maison prototype sur le confort hygrothermique de l'ambiance intérieure, sur la réduction de la consommation de chauffage et de climatisation et sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre.



Figure 1 : La maison prototype située au CNERIB de Souidania

Ce travail est composé essentiellement de 5 chapitres :

Le premier chapitre comporte une étude bibliographique et l'état de l'art de tirer les recommandations nécessaires pour notre cas d'étude.

Le second chapitre, nous feront la présentation du site géographique dans lequel s'installera le projet et une description générales sur la maison (La maison prototype située au CNERIB de Souidania) d'étudiée.

Dans le troisième chapitre est réservé à une présentation du logiciel utilisé (tyrnys 16 et meteonorm 7) est les différentes étapes suivies lors de la simulation.

Le quatrième chapitre, les résultats obtenus à partir de la simulation sont présentés et interprétés.

A la fin de cette recherche, on terminera par une conclusion générale l'essentiel du travail effectué.

CHAPITRE I

*ETAT DE L'ART ET RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE*

A. Généralités

1. Introduction

Les paramètres essentiels à considérer dans l'habitat bioclimatique sont le confort thermique, l'isolation, maison passive (solaire) et l'efficacité énergétique. Dans ce chapitre nous donnerons un résumé sur l'état de l'art dans le thème.

2. Confort

Le confort peut être défini comme le degré de désagrément ou de bien-être produit par les caractéristiques de l'environnement intérieur d'un bâtiment. Une telle définition considère une interaction entre l'individu et l'espace qui l'entoure, c'est-à-dire, entre des conditions ambiantes physiquement mesurables et certaines conditions individuelles qui affectent notre perception [5]. Il est reconnu que les paramètres suivants interviennent dans le confort, en plus des paramètres qui caractérisent l'individu lui-même (taux d'activité, habillement, etc.):

Conditions thermiques :	*Température de l'air. * Sources de rayonnement (radiateurs, poêles, soleil). *Température des surfaces environnantes. *Perméabilité thermique des surfaces en contact avec le corps.
Qualité de l'air :	*Vitesse relative de l'air par rapport au sujet *Humidité relative de l'air. *Pureté ou pollution de l'air, odeurs
Acoustique :	*Niveau de bruit, nuisance acoustique *Temps de réverbération (durée d'écho)
Visuel :	*Couleurs * Volumes intérieur et distribution des volumes *Éclairage naturel et artificiel
Autres influences :	*Degré d'occupation des locaux "Ambiance Etc.

Tableau 1.1 : les paramètres de confort.

2.1 Notions de confort thermique

Le confort thermique a été défini comme étant la condition dans laquelle aucune contrainte significative n'est imposée aux mécanismes thermorégulateurs du corps humain. Le confort thermique permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail. C'est ainsi la création d'une ambiance qui évite au corps de réagir aux conditions extérieures et d'économiser de l'énergie de son métabolisme, le confort thermique est le bilan équilibré entre les échanges thermiques du corps humain et de l'ambiance environnante (Givoni 1978, Evans 1980).

Le confort thermique peut être défini dans un sens négatif, comme l'absence de gêne ou d'inconfort au chaud ou au froid, ou dans un sens positif comme un état engendrant le bien-être. Le domaine des conditions pour lesquelles le confort thermique est éprouvé, est appelé la zone de confort, bien qu'elles soient définies sur une base subjective des conditions ambiantes, les limites de la zone ont une base physiologique. Physiologiquement, la zone de confort est le domaine des conditions sous lesquelles les mécanismes thermorégulateurs du corps sont dans un état d'activité minimum. (Givoni, 1978). Le *confort thermique* est une donnée en perpétuelle évolution, étroitement liée aux améliorations de vie rendues possibles par l'évolution des techniques (Millet, Nicholas, 1990).

Le confort n'est également pas une notion absolue ; c'est une sensation subjective de bien-être qui est appréciée différemment selon la société et pour une société suivant les individus. Toutefois et abstraction faite de sa nature évolutive et subjective, le confort thermique peut être défini comme « *un état qui résulte de l'achèvement d'un équilibre entre les conditions thermiques du corps et l'environnement* ».

2.2 Confort thermique

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.

2.2.1 Le confort thermique dépend de 6 paramètres

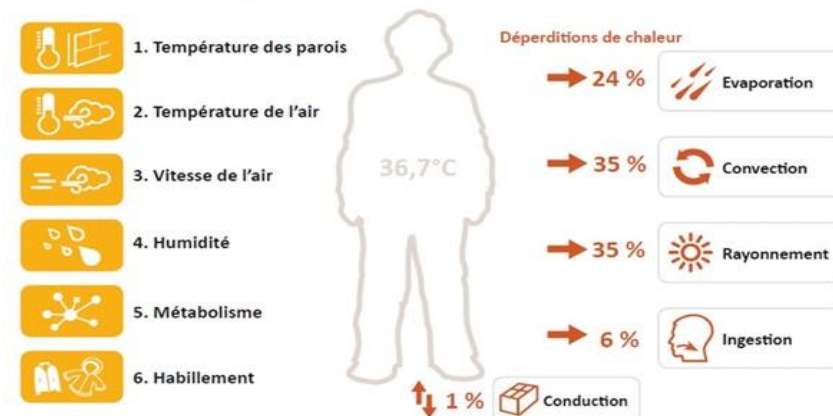


Figure 1.1: Les 6 paramètres influant sur le confort thermique [6]

1. Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

2. L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

3. La température ambiante de l'air T_a .

4. La température des parois T_p .

De façon simplifiée, on définit une température (opérative) de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) : $Trs = (T_a + T_p) / 2$.

5. L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.

6. La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. En effet, l'individu commence à ressentir le mouvement de l'air à cette vitesse. [6]

2.3 Confort hygrothermique

Le confort hygrothermique, notion plus précise du confort suscité, se caractérise par la sensation que ressent une personne par rapport à la température et à l'humidité ambiante du local où elle se trouve. [7]

2.3.1 La plage de confort température-humidité

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme suivant :

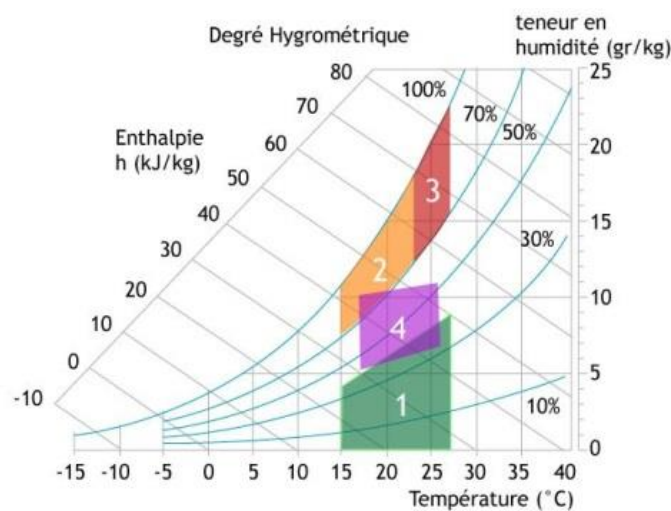


Figure 1.2 : Plage de confort sur le diagramme de l'air humide
(Diagramme hygrothermique)

1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
2. et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. Polygone de confort hygrothermique. [8]

Les médecins de l'habitat sain affirment que l'homme est un organisme homéotherme, où le confort hygrothermique dans son habitat dépend de la température de l'air et des surfaces, de l'humidité et des mouvements d'air. Ils donnent même des valeurs précises pour chaque facteur:

- * Température des murs : $22 + 2^{\circ}\text{C}$;
- * Humidité relative entre 40 et 60% ;
- * Température du sol : 19 à 24°C ;
- * Vitesse de l'air : inférieure à 0.15 m/s ;
- * Différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à 10°C ;
- * Différence de température entre le sol et le plafond doit être inférieure à 5°C ;
- * La stratification de chaleur est inconfortable, pas plus de 3°C de différence entre la tête et les pieds des occupants. [9].

2.4. LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES EN JEU

Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement (comme pour le corps humain avec l'environnement) s'effectuent suivant trois modes :

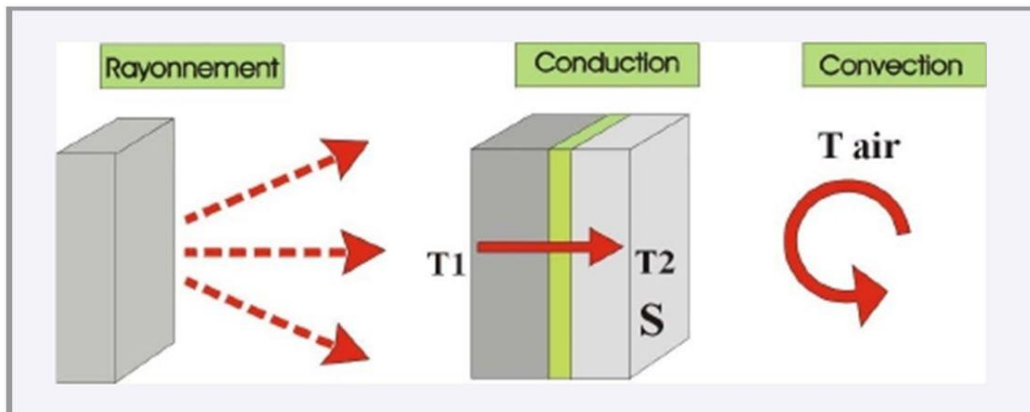


Figure 1.3 : Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement [10]

- le rayonnement : transfert d'un corps à un autre par ondes électromagnétiques, donc sans contact direct.
- la conduction : la chaleur se propage à l'intérieur de la matière (un même corps solide ou un même fluide liquide ou gazeux), de particule à particule.
- la convection : transfert entre l'air et la matière solide résultant du déplacement des particules (de l'air au niveau de l'interface). [10]

2.5 LES PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES

Pour entretenir la vie, un corps humain transforme de l'énergie. Alors que la température du corps est maintenue constante à $37 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$, celle de la peau est de l'ordre de 32 à 33°C (mais au niveau des pieds, elle peut descendre à $15 - 20^{\circ}$ si la température ambiante est faible, c'est-à-dire inférieure à 15°C).

La régulation physique de la température du corps s'effectue suivant différents modes : principalement par convection, rayonnement, et évaporation, et dans une moindre mesure par conduction, respiration et sécrétion

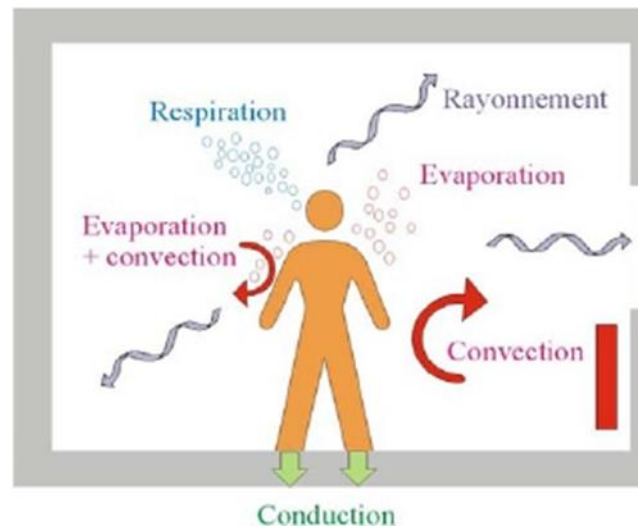


Figure 1.4 : Les échanges thermiques du corps humain[10]

La perte de chaleur est de l'ordre de 120 W dans des conditions de température de 18-30°C, pour un individu au repos, en air calme, et peut aller jusqu'à 500 W dans des conditions d'activité physique soutenue. [10]

2.5.1 Convection

La convection est le transfert de chaleur entre la peau et l'air qui l'entoure. Elle dépend de la différence entre la température de l'air et celle de la surface exposée, peau ou vêtement. Si la température de la peau est supérieure à la température de l'air, la peau va se refroidir. Dans le cas contraire, elle va se réchauffer [11].

2.5.2 Rayonnement

L'échange par rayonnement est le mode d'échange de chaleur à distance entre deux (2) corps par ondes électromagnétiques. Il s'agit principalement d'échanges, entre la surface du corps et les surfaces de la pièce. Ainsi des inconforts froids peuvent être perçus par rayonnement à proximité des parois froides (exemple : mur mal isolé, fenêtre simple vitrage) [11].

2.5.3 Conduction

La conduction concerne l'échange de chaleur par contact direct entre certaines parties du corps et une surface de température différente (le sol, les parois ou le mobilier). Par exemple un matériau effusif plus froid que la peau, par contact « pompe » de la chaleur au corps humain en donnant une sensation de froid [12].

3. Les maisons « passives »

L'idée de « maison passive » est attribuée au Professeur Wolfgang Feist de l'institut Habitat et environnement de Darmstadt (Allemagne). Elle a été élaborée à la fin des années 1980 en collaboration avec le Professeur Bo Adamson de l'université de Lund (Suède). La ville de Darmstadt manifesta son intérêt pour accueillir les premières maisons expérimentales et les 4 premiers logements furent habités en 1991/40.

3.1 Définition

« Une maison passive est un bâtiment avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle »[13].

Cela est rendu possible par la réduction drastique des besoins en énergie de chauffage, réalisée essentiellement par des mesures architecturales et constructives.

La maison passive est définie entre autres par des critères relatifs à sa consommation d'énergie, celle-ci étant essentiellement liée à l'isolation et à l'étanchéité à l'air du bâtiment [14]

3.2 Les principes d'une maison passive

Le concept de Maison Passive repose sur plusieurs principes :

- Une isolation thermique renforcée ou super isolation
- Une construction sans ponts thermiques
- Une excellente étanchéité à l'air
- Des fenêtres de qualité étanches à l'air avec châssis isolés (Souvent triple vitrage)
- Ventilation avec récupération de la chaleur (VMC Double-flux haut rendement)
- Bio climatisme (Captation optimale, mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol)
- Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers

3.3 Les Avantages

- * Conservation de la chaleur à long terme (sous réserve d'utilisation de matériaux d'isolation durables).
- * Bien moins de problèmes d'humidité (sous réserve du bon entretien de la VMC).
- * Plus de confort grâce à un meilleur équilibre de la température et de l'humidité (réserves identiques).
- * Une meilleure qualité de l'air (réserves identiques).
- * Économiquement attrayant grâce à des frais de chauffage minimaux, il faut tout de même attendre un certain temps pour rentabiliser le surcoût de départ avec le prix de l'énergie d'aujourd'hui.
- * Écologique: protection des ressources, émission réduite de CO₂. [15]

3.4 Énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie que dispense le soleil par son rayonnement, directement ou de manière diffuse à travers l'atmosphère. Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau et du vent. Le règne végétal, dont dépend le règne animal, l'utilise également en la transformant en énergie chimique via la photosynthèse. A l'exception de l'énergie nucléaire, de la géothermie et de l'énergie marémotrice, l'énergie solaire est à l'origine de toutes les énergies sur Terre.

Grâce à divers procédés, elle peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment en chaleur, en électricité ou en biomasse. Par extension, l'expression " énergie solaire " est souvent employée pour désigner l'électricité ou la chaleur obtenue à partir de cette dernière.

3.5 Techniques pour capter l'énergie solaire

Les techniques pour capter directement une partie de cette énergie sont disponibles et sont constamment améliorées. On peut distinguer le solaire passif, le solaire photovoltaïque et le solaire thermique :

3.5.1 Énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre-elles sur un module solaire photovoltaïque. Plusieurs modules sont regroupés pour former une installation solaire chez un particulier ou dans une centrale solaire photovoltaïque, qui alimente un réseau de distribution électrique.

Le terme photovoltaïque peut désigner soit le phénomène physique - l'effet photovoltaïque - ou la technologie associée.

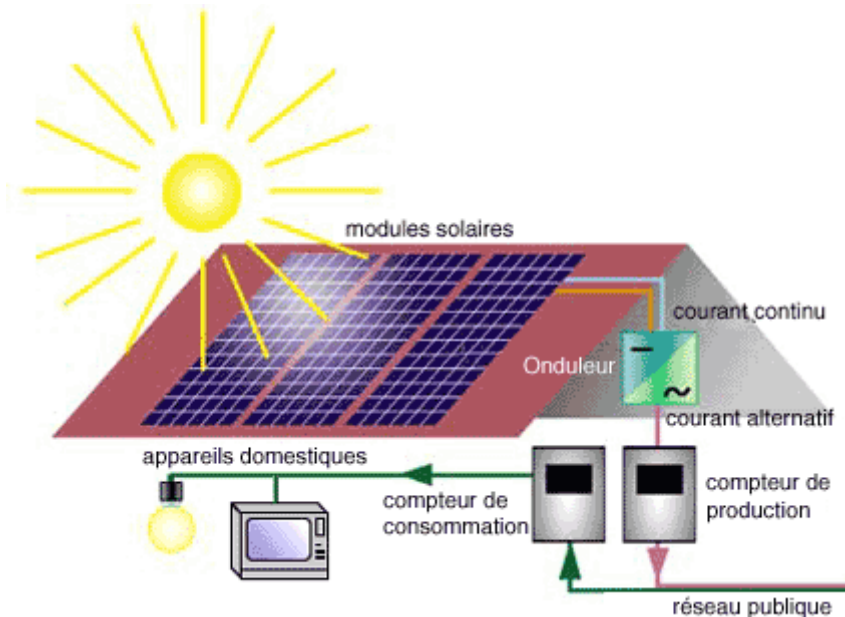


Figure 1.5 : Fonctionnement d'un système photovoltaïque [13]

3.5.2 Énergie solaire thermique

Le solaire thermique consiste à utiliser la chaleur du rayonnement solaire. Il se décline de différentes façons : centrales solaires thermodynamiques, chauffe-eau et chauffage solaires, rafraîchissement solaire, cuisinières et sècheurs solaires.

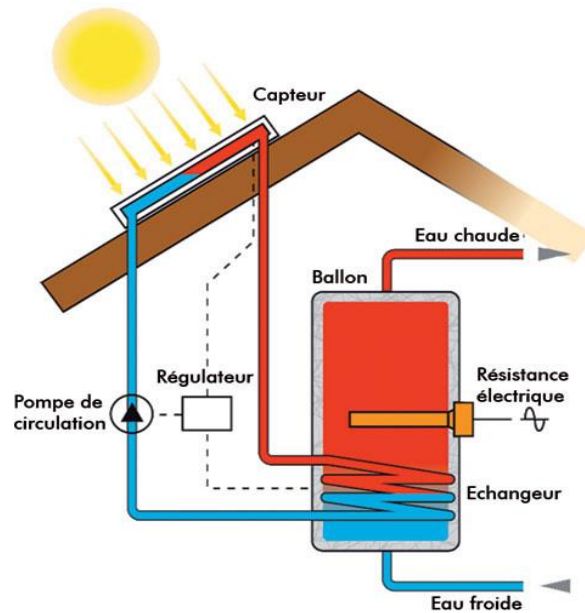


Figure 1.6 : Fonctionnement d'un chauffe-ballon solaire[13]

3.5.3 Énergie solaire passive :

La plus ancienne utilisation de l'énergie solaire consiste à bénéficier de l'apport direct du rayonnement solaire, c'est-à-dire l'énergie solaire passive. Pour qu'un bâtiment bénéficie au mieux des rayons du Soleil, on doit tenir compte de l'énergie solaire lors de la conception architecturale (façades doubles, orientation vers le sud, surfaces vitrées, etc.). L'isolation thermique joue un rôle important pour optimiser la proportion de l'apport solaire passif dans le chauffage et l'éclairage d'un bâtiment.

Dans une maison solaire passive, l'apport solaire passif permet de faire des économies d'énergie importantes.

Dans les bâtiments dont la conception est dite bioclimatique, l'énergie solaire passive permet aussi de chauffer tout ou partie d'un bâtiment pour un coût proportionnel quasi nul.

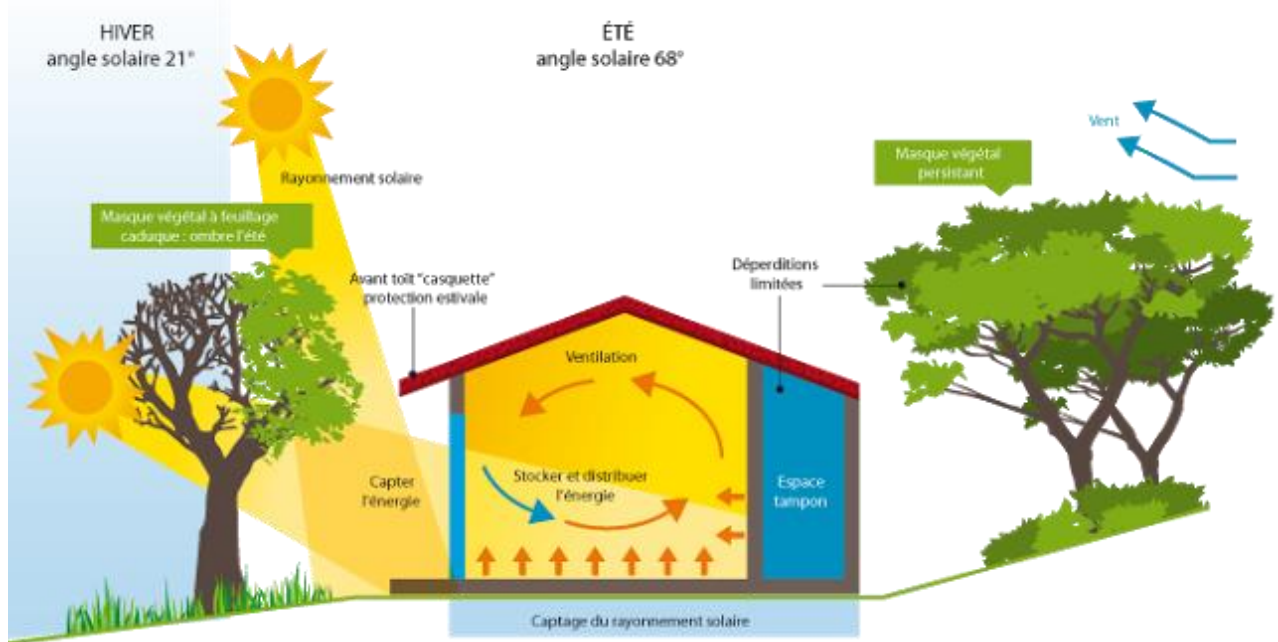


Figure 1.7 : Principes de base d'une conception bioclimatique [13]

4.Efficacité énergétique

* En physique, « l'efficacité énergétique » désigne le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.

Cette notion est très souvent confondue avec le rendement qui est le rapport entre l'efficacité réelle de la machine et l'efficacité théorique maximale qu'on peut attendre d'elle. Le rendement a toujours une valeur comprise entre 0 et 1 (ou 0 et 100%), alors que selon le système, l'efficacité peut prendre n'importe quelle valeur positive. [16]

* C'est un des concepts clé de l'écoconception et des approches de type Haute qualité environnementale (HQE), C'est le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée (en général supérieure du fait des pertes) L'efficacité énergétique c'est réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utilisé l'énergie à qualité de vie constante. [17]

4.1 L'efficacité énergétique des bâtiments

L'efficacité énergétique d'un bâtiment est le rapport de la quantité d'énergie "utile" sur la quantité totale d'énergie qu'on lui a fournie. Il y a bien évidemment diverses pertes énergétiques, ainsi qu'un certain nombre d'activités consommant "inutilement". L'efficacité énergétique d'un bâtiment est ainsi régulièrement assez éloignée de la valeur 1 vers laquelle elle devrait tendre idéalement. On dispose toutefois d'axe d'amélioration de cette efficacité énergétique. [18]

4.2 La nécessité de l'efficacité énergétique

En augmentant l'efficacité énergétique, nous utilisons moins d'énergie et nous réduisons du même coup les émissions de gaz à effet de serre, protégeant ainsi l'environnement. La sécurité de l'approvisionnement en énergie s'en trouve également renforcée. Et n'oublions pas qu'en adoptant des solutions favorisant l'efficacité énergétique, nous dépensons moins d'argent pour l'énergie ! [19].

4.3 Efficacité énergétique active et passive

- L'efficacité énergétique passive se rapporte à l'isolation, la ventilation et aux équipements de chauffage
- L'efficacité énergétique active touche à la régulation, la gestion de l'énergie, la domotique et la Gestion Technique du Bâtiment (GTB)

Cumulées, l'efficacité énergétique passive et l'efficacité énergétique active révèlent la performance énergétique globale de votre logement. [20]

4.4 Les Concepts D'habitats Existants

4.4.1 Bâtiment à Basse Consommation

Bâtiment à basse consommation est un concept qui a été élaboré et mis en place sous forme de label par une association française, l'utilisation de la notion de Bâtiment à Basse Consommation est restrictive et n'est peut-être employé que dans le cas où un bâtiment a obtenu le label français BBC. Il se définit comme suit :

C'est un bâtiment qui consomme, pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires et la climatisation, 50 kWh/m²/an en énergie primaire (mètre carré de SHON module selon la zone climatique et l'altitude

Le label BBC peut être obtenu grâce à des combinaisons bâti/équipements qui permettent d'atteindre les seuils de performances indiqués

On ajoutera que ce label a disparu au profit de la réglementation thermique 2012 qui l'inclut, ainsi toute les constructions résidentielles neuves doivent être des bâtiments à basse consommation, par ailleurs les rénovations thermiques sont aussi contraintes de ne pas dépasser le seuil de 80 kWh/m²/an.

4.4.2 Bâtiments passifs

Le terme PassivHaus est un Label qui a été développé par l'institut de recherche allemand PassivHaus, - est dont le label BBC s'est inspiré - dont les besoins de chauffage (en énergie utile) sont de l'ordre de 15 kWh/m².an et la consommation en énergie primaire est inférieure à 120 kWh/m².an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité. Ce terme peut être employé pour : un bâtiment qui est quasiment autonome pour ses besoins en chauffage. Il utilise les apports gratuits (solaires, métaboliques, d'équipements) et présente une bonne isolation, le chauffage devenant un simple appoint. La référence allemande est appelée passivas.

4.4.3 Bâtiments à Zéro énergie

C'est une notion qui est apparue suite à la construction d'une maison sans consommation de chauffage, sa consommation peut être assurée par une installation solaire, ce qui ramène sa consommation à zéro.

4.4.4 Bâtiments à énergie positive

La définition d'une construction à énergie positive serait la suivante :

Un ouvrage "passif" ou à très bas niveau de consommation d'énergie qui serait doté d'équipements de production d'énergie qui lui confèrent un bilan énergétique positif. En clair, ce type de construction produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.

C'est la maison dont le bilan énergétique est positif, elle produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme (via des capteurs photovoltaïques, chauffage à énergie renouvelable...).

4.4.5 Bâtiments bioclimatiques

Une construction bioclimatique est un bâtiment qui tire le meilleur parti du rayonnement solaire (en s'en protégeant ou en profitant de ses bienfaits) et de la circulation naturelle de l'air pour maintenir des températures agréables, contrôler l'humidité, favoriser l'éclairage naturel, tout en réduisant les besoins énergétiques. [20]

Il n'y a pas de prototype idéal de construction bioclimatique car la conception des bâtiments varie d'un lieu à l'autre suivant le climat et le site d'implantation.

5. L'isolation thermique

5.1 Définition

L'isolation thermique permet à la fois de réduire vos consommations d'énergie de chauffage et de climatisation et d'accroître votre confort. L'isolation vous permet de réduire les déperditions à travers les parois.

Mais ce n'est pas tout : 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 serre. Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières. [17]

5.2 Les différents types d'isolation

*par remplissage de la coulisse.

*par l'extérieur.

*par l'intérieur.

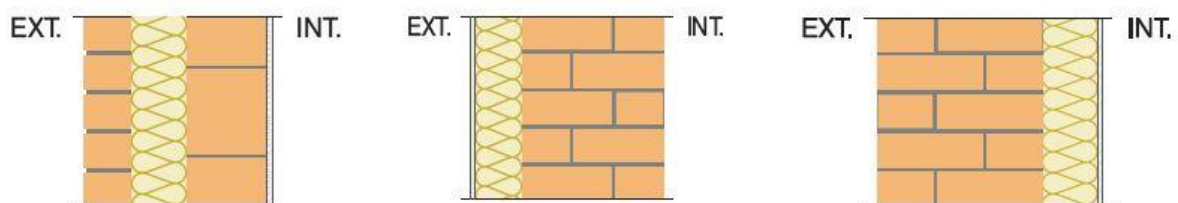


Figure 1.8 : Les différents types d'isolation

► Isolation par remplissage de la coulisse

😊 Avantages	☹ Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Finitions intérieures et extérieures conservées - Pas d'encombrement - Technique simple - Coût moindre - Pas de permis d'urbanisme à introduire 	<ul style="list-style-type: none"> - Possible que si coulisse suffisamment large (min. 4 cm) et régulière : examen préalable de la coulisse indispensable (endoscopie) - Pas applicable si parement peint ou émaillé : couche étanche empêche évacuation de la vapeur d'eau - Épaisseur d'isolation limitée - Risque d'accentuation des ponts thermiques aux interruptions de la coulisse - Refroidissement du mur de parement : potentiel de séchage réduit, risque de gel

Tableau 1.2 : les avantages et les inconvénients d'une isolation par remplissage de la coulisse

► Isolation par l'intérieur

😊 Avantages	☹ Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Aspect extérieur maintenu - Réalisation sans échafaudages - Grande diversité de choix au niveau des isolants - Chantier à l'abri des intempéries - Réalisation possible pièce par pièce : phasage du chantier et des dépenses - Coût moindre - Pas de permis d'urbanisme à introduire 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la surface habitable - Finitions intérieures (et éventuellement installations électriques ou de chauffage) à déplacer ou remplacer - Augmentation des sollicitations hygrothermiques dans le mur : risque de condensation interne, de gel, de dilatations de la maçonnerie et d'efflorescences de sels - Ponts thermiques difficiles à résoudre : risque de condensation superficielle et de formation de moisissures - Diminution de l'inertie thermique : risque de surchauffe

Tableau 1.3 : les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'intérieur

► Isolation par l'extérieur

😊 Avantages	☹ Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Continuité de l'isolant : supprime les risques de ponts thermiques locaux - Amélioration de l'étanchéité de la façade - Protège le mur du gel et de la fissuration. - Améliore l'aspect extérieur en cas de revêtement abîmé ou pas assez homogène - Masse thermique et finitions intérieures préservées - Pas de perte de surface habitable à l'intérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de l'aspect extérieur et, si maisons mitoyennes, modification de l'alignement des façades : nécessité d'introduire un permis d'urbanisme dans la plupart des cas - Retours de baies doivent être isolés, seuils remplacés, etc. (diminution de la surface vitrée) - Déplacement/remplacement/adaptation des descentes d'eau, gouttières, cheneaux, etc. - Nécessité de faire appel à une entreprise spécialisée ; Coût élevé

Tableau 1.4 : les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'extérieur

5.3 Les types d'isolant thermique

- Isolant **minéral** : laine de verre, laine de roche, verre cellulaire, perlite, vermiculite et argile expansée.
- Isolant **naturel** : liège, fibres de bois, chanvre, fibres de lin, laine de mouton, plumes de canard, fibres de coco, panneaux de roseaux, ouate de cellulose, laine de coton, paille, torchis, toiture végétalisée.
- Isolant **synthétique** : polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyuréthane, mousse phénolique.
- Isolant **mince**.
- Isolant nouvelle génération : brique monomur, bloc monomur pierre ponce, bloc monomur en argile expansé, béton cellulaire, coffrage isolant, panneaux isolants sous vide (PIV), aérogels et peinture isolante.[18]

5.4 Ponts thermiques

La chaleur cherche son chemin du chaud vers le froid. Pour cela, elle choisit le chemin qui oppose la plus faible résistance. Et celui-ci n'a pas besoin d'être une ligne droite. Souvent d'ailleurs, il est plus simple pour la chaleur de faire un « détour de pièce » que d'utiliser le chemin direct. Dans de tels cas, on parle de ponts thermiques.

Les conséquences des ponts thermiques sont :

- * Des températures changées, le plus souvent plus faibles sur les surfaces intérieures, qui peuvent dans les pires de cas conduire à l'humidification des éléments du bâti, ce qui aboutit à la formation de champignons.
- * Des pertes de chaleur, généralement plus élevées.

Les quatre règles suivantes permettent de réduire le risque de ponts thermiques :

- Règle de prévention : dans la mesure du possible, ne pas interrompre l'enveloppe thermique.
- Règle de pénétration : là où une interruption est inévitable, la résistance thermique dans le plan d'isolation doit être aussi haute que possible.
- Règle d'articulation : aux articulations entre les éléments du bâtiment, les couches d'isolation doivent se rejoindre sans interruption ni décalage.
- Règle de géométrie : préférer autant que possible les angles obtus ; les angles aigus favorisent en effet la dispersion de la chaleur. [20]



Figure 1.9 : Zones à ponts thermiques.[20]

5.5 Types de pont thermique

Il existe deux grands types de ponts thermiques :

- Les ponts thermiques des liaisons

Ils se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment.

• Les ponts thermiques intégrés

Ils se trouvent au niveau de la surface d'une paroi à chaque interruption ou dégradation de l'isolation thermique. Dans les parois maçonnées en pierre par exemple, ils se trouvent au niveau des joints de mortier. [20]

B. ETAT DE L'ART

Des travaux ont été effectués sur le bâtiment, pour le rendre moins énergivore, en proposant des solutions pour une enveloppe plus performante et des équipements plus efficaces. Différentes méthodes ont été utilisées pour l'estimation des consommations énergétiques dans le chauffage, eau chaude et conditionnement d'air dans le bâtiment

L. DERRADJI et all. Ont présenté une étude expérimentale et numérique d'une maison rurale à faible consommation d'énergie, réalisée par le Centre National d'Etude et de Recherche Intégré du Bâtiment(CNERIB) dans le cadre du projet MED-ENEC. Cette maison prototype possède certaines caractéristiques d'une maison solaire passive, à savoir une surface vitrée importante orientée sud, une isolation renforcée des parois et une grande masse thermique. Dans ce travail, ils ont effectué des simulations avec le logiciel TRNSYS pour comparer les performances énergétiques de la maison prototype en période d'été (consommation énergétique et confort thermique) avec celles d'une maison classique en Algérie. [21]

Les résultats de cette étude comme suivantes :

*la température de l'ambiance intérieure de la maison prototype est comprise entre 25,5 et 27,5 °C. Ceci est dû à l'effet de l'isolation thermique (9 cm de polystyrène expansé) et de la bonne inertie thermique des murs construits en brique de terre stabilisée (BTS).

* La température à l'intérieur du logement prototype dépasse rarement 27 °C. Cette température génère une ambiance thermique acceptable en période d'été sans le recours au système de climatisation.

*La température de l'air intérieur de la maison classique est comprise entre 26 à 32 °C . L'amplitude de la variation de la température entre la nuit et la journée est 6 °C. ce qui ne répond pas aux prescriptions du confort thermique en période d'été.

Ces résultats montrent qu'il est possible de réaliser des économies d'énergie, en période d'été, qui peuvent atteindre 61 % en adoptant les mesures d'efficacité énergétique dans le domaine du bâtiment en Algérie.

S. Sami-Mécheri et all. Ont fait une étude sur l'efficacité Énergétique des Logements à haute performance énergétique, HPE.

Le but de cette étude est de donner un exemple de simulation des logements Haute Performance Énergétique (HPE) de la ville de Béchar traitée dans le cadre du projet Eco-Bat.

Réalisation de 30 logements HPE à Bechar, une ville située au Sud-Ouest de l'Algérie à 1115 km de la capitale. Les logements sont de type F3 Duplex, Rez-de-Chaussée plus un étage (70 m² habitable).

L'étude est basée sur les données météorologiques du site et en appliquant les principes de la conception bioclimatique avec variation de paramètres d'étude :

1. L'orientation : afin de minimiser les pertes de chaleur et favoriser les apports solaires pendant la période hivernale.
2. L'isolation : une bonne isolation intérieure et même des planchers hauts afin d'avoir une maison passive ; choix de l'isolant ainsi que l'épaisseur qui donne un meilleur rendement au logement étudié.
3. Choix du vitrage : utilisant des fenêtres performantes.
4. Choix des matériaux de construction. [22]

L.DERRADJI et all. Ont fait une étude de l'efficacité énergétique d'une maison Économique en Algérie. Cette étude est menée dans le cadre du projet Med-Enec (Efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment pour les pays méditerranéens). Elle porte sur une analyse expérimentale du comportement thermique d'une maison type de 80 m² à faible consommation d'énergie construite à Alger. Des mesures de température de l'air intérieur et extérieur ont été effectuées à l'aide de thermocouples de type K et des mesures de l'humidité relative avec des thermo-hygromètres. Les variations temporelles de température ont été déterminées sur les faces internes et externes des parois constituant l'enveloppe de cette maison type. [23]

Les résultats de cette étude montrent que :

* Les températures intérieures et extérieures sont très faiblement corrélées, par contre celles d'intérieure sont relativement stables, comprise la plupart du temps entre 26 et 28 °C.

* La température des surfaces extérieures peut atteindre un maximum de 44 °C, par contre celle des surfaces intérieures dépasse rarement 27 °C. Ceci s'explique par l'effet de l'isolation renforcée et de l'inertie thermique importante des parois.

Ces résultats prouvent que cette maison répond aux exigences du confort thermique en période d'été sans le recours à un système de climatisation.

B. Djebri et all. Ont étudié la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie - Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides. Ce travail a préoccupé par la phase de conception, pour les trois raisons suivantes :

· Couramment les concepteurs -sans en faire la critique- pensent d'abord à ajouter à une "ancienne" forme architecturale des éléments capteurs "modernes" (panneaux solaires, photovoltaïque, systèmes conventionnels de refroidissement ou de chauffage performant, ...) évidemment ne participant pas à une véritable conception architecturale en n'étant qu'un ajout technique.

· La phase de la conception architecturale représente la phase fondamentale, puisque c'est au cours de cette dernière que sont mis en place les concepts, les choix et les stratégies retenus dans le projet.

· Le post prioritaire d'investissement d'efficacité énergétique est dédié à la conception architecturale [24]

R. Guechchatil et al. Ont effectué une Simulation sur l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda.

Le but de cet article, est l'étude thermique et énergétique du centre psychopédagogique 'SAFAA' qui se situe dans la ville d'Oujda (Maroc). A ce propos, des simulations ont été

effectuées à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique en régime dynamique 'TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56. Ce projet vise l'introduction des matériaux isolants dans un bâtiment afin d'améliorer le confort thermique et de réduire l'énergie consommée.

Les résultats de cette étude comme suivantes :

- L'isolation de la toiture est nécessaire pour économiser les besoins de chauffage,
- L'économie en énergie maximale a été obtenue en utilisant l'isolation complète du centre,
- L'isolation de la toiture couplée à l'isolation externe des murs avec 6 cm de polystyrène expansé 035 a été retenue comme solution. [25]

Fezzioui et all. Ont utilisé le logiciel TRNSYS pour étudier l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique en période de surchauffe. Ils ont introduit des éléments d'amélioration de l'habitat étudié, tels que l'augmentation de l'inertie thermique, l'isolation des murs extérieurs et de la toiture. [26]

Les résultats présentés dans cette étude montrent que le choix de l'enveloppe du bâtiment a une incidence notable sur la consommation d'énergie. La mesure d'amélioration la plus justifiée économiquement est l'isolation de la toiture. L'isolation des murs est pertinente, mais pas trop rentable en cas d'un local conditionné. Une ventilation nocturne peut présenter une solution qui remplace les climatiseurs pour les jours des mois de Mai à Juin, et Septembre où la température nocturne peut descendre au-dessous de la température extérieure.

François RUELLE

Ce mémoire présente les principes fondamentaux de concept « maisons passives », d'évaluer son potentiel et de déterminer les obstacles éventuels à son développement. Il parcourt différents concepts d'habitations et en présente les principes et nuances : les maisons « écologiques », « bioclimatiques », « basse-énergie », « passives », à « zéro énergie » et à « énergie positive » sont ainsi abordées, en insistant sur le concept de maison passive et en présentant les caractéristiques fondamentales. Ensuite le contexte et les enjeux dans le Monde, en Europe et en Belgique.

A la fin il détermine les obstacles principaux au développement des constructions à (très) basse énergie. Ceux-ci sont répertoriés et rassemblés en 3 catégories principales : les obstacles « communicationnels », « psychologiques » et « pratiques » [27]

Les résultats présentés dans cette étude montrent que Les maisons passives représentent une opportunité sans précédant pour limiter la dépendance des bâtiments aux énergies et réduire nos émissions de gaz à effet de serre. Les constructions passives permettent en effet de réduire les consommations d'énergie de 75% par rapport aux bâtiments construits selon le schéma « traditionnel ».

MEDJELEKH DALEL. Elle a évalué l'impact de l'inertie thermique sur la consommation énergétique des bâtiments en réalisant une comparaison entre une maison de l'époque coloniale et une villa contemporaine.

Leurs résulte de l'étude les conclusions suivantes :

- l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région est à l'origine de la réalisation du confort hygrothermique et la consommation réduite de l'énergie.
- l'inertie thermique assure l'équilibre hygrothermique. En été, elle permet de laisser les flux thermiques et les températures extrêmes. En hiver, elle évite les chutes trop brutales de la température et met bien évidence la gestion optimale des apports de chaleur.

Mais elle doit être combinée avec les moyens de chauffage et de refroidissement naturel pour le bon comportement thermique.

-avec l'assurance du confort hygrothermique hivernal et estival, l'inertie permet une consommation énergétique réduite [28]

Nazila Kahina HANNACHI-BELKADI, a fait un développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie.

Ce travail consiste à développer une méthodologie et des outils qui visent à améliorer la qualité du processus de conception en s'appuyant sur les travaux du CSTB sur le commissionnement. Ce processus qualité doit permettre d'évaluer régulièrement les différents choix réalisés par les différents acteurs en considérant le bâtiment comme un système complexe composé de sous-systèmes (enveloppe, chauffage, ventilation, etc.), de gérer les imprévus, de minimiser les pertes d'information et de rappeler les objectifs tout au long du cycle de vie du bâtiment. [29]

R. KHARCHI, a fait un travail sur l'Etude Energétique De Chauffage, Rafraichissement Et Eau Chaude Sanitaire D'une Maison Type En Algérie. Ce travail consiste à étudier le comportement thermique et énergétique d'une maison construite avec des matériaux locaux et selon les normes algériennes de construction. Une bonne isolation de l'enveloppe ainsi que le double vitrage sont appliqués sur l'habitat étudié. La méthode des degrés jours est utilisée pour l'analyse de la demande énergétique en chauffage et en rafraichissement. La demande en eau chaude sanitaire est évaluée selon la méthode analytique. Une simulation thermique sous TRNSYS 16 confirme les résultats obtenus par la méthode des degrés jours. Les apports solaires et internes sont très influents sur la consommation énergétique. [30]

6. Conclusion

L'état de l'art et l'étude bibliographique présentés dans cette partie ont permis d'identifier les enjeux, les objectifs et les caractéristiques des bâtiments performants, de proposer une définition du confort thermique, l'efficacité énergétique, Concepts d'habitats existants, ainsi le rôle de l'isolation dans la réduction de la consommation d'énergies

CHAPITRE II

REPRESENTATION DU PROJET

1.Introduction

Ce chapitre se compose de deux parties :

- La première partie est une présentation globale de site (Localisation géographique et données climatologiques).
- La deuxième partite est une description générale de l’habitat étudié.

2.Présentation De la Ville D’étudiée

*Souidania (anciennement Saint-Ferdinand pendant la période de colonisation française), est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située dans la banlieue Sud- Ouest d'Alger.

* Souidania est située à environ 21 km au sud-ouest d'Alger

2.1 Localisation géographique

Le logiciel METEONORM (version7.1) nous donne la description du site suivant :

- Longitude : 25 [m].
- Latitude : 36°.75 [°N].
- Altitude : 3.25 [°E].

Selon la classification thermique du DTR (3-2) des communes de l’Algérie, la commune de soudania est répertoriée dans la zone A.

La commune de soudania qui s’étend sur une superficie de 13.65 Km², se situe dans la partie sud-ouest d'Alger. Elle est limitée au nord par la commune de staoueli et ouled fayet, à l’ouest par la commune de zeralda, au sud par la commune de rahmania et à l’Est par la commune de ouled fayet.



Figure 2.1 : Communes limitrophes de Souidania

2.2 Les Caractéristiques Du Climat

* Données de METEONORM 7.1 du site d’Alger :

La commune de soudania est implantée dans la région d’Alger, Cette région fait partie de la zone climatique A (Latitude 36,70 N, Longitude 03,20 E) qui est caractérisée par un hiver frais et un été chaud et humide

Mois	Gh	Bn	Dh	Ta	Td	RH	FF
	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[°C]	[°C]	[%]	[m/s]
Janvier	78	90	41	11.7	6.6	71	2.4
Février	113	104	66	13.3	6.8	64	2.5
Mars	151	114	83	14.0	9.0	72	2.7
Avril	203	158	102	16.3	10.7	69	3.0
Mai	238	175	120	17.8	13.7	77	3.0
Juin	274	210	128	22.0	16.2	70	3.1
Juillet	272	201	130	25.8	19.0	66	3.1
Août	235	171	116	25.3	19.4	70	2.9
Septembre	194	152	101	23.2	17.5	70	2.8
Octobre	137	123	72	19.1	14.9	77	2.3
Novembre	89	89	49	14.6	10.2	75	2.5
Décembre	77	107	35	11.9	7.8	76	2.6
Année	172	141	87	17.9	12.6	71	2.7

Tableau 2.1 : Données climatiques d'ALGER

Gh : Irradiation solaire globale sur un plan horizontal

Bn : Irradiation solaire directe normale

Dh : Irradiation solaire diffus sur un plan horizontal

Ta : Température de l'air

RH : Humidité relative

Td : Point de rosée

FF : Vitesse du vent

2.2.1 Les températures

Les températures varient entre 6° et 33° en moyenne tout au long de l'année, En été les températures varient entre 25° et 33° tandis qu'en hiver elles oscillent entre 6° et 22°.

Comme l'indique le graphe suivant :

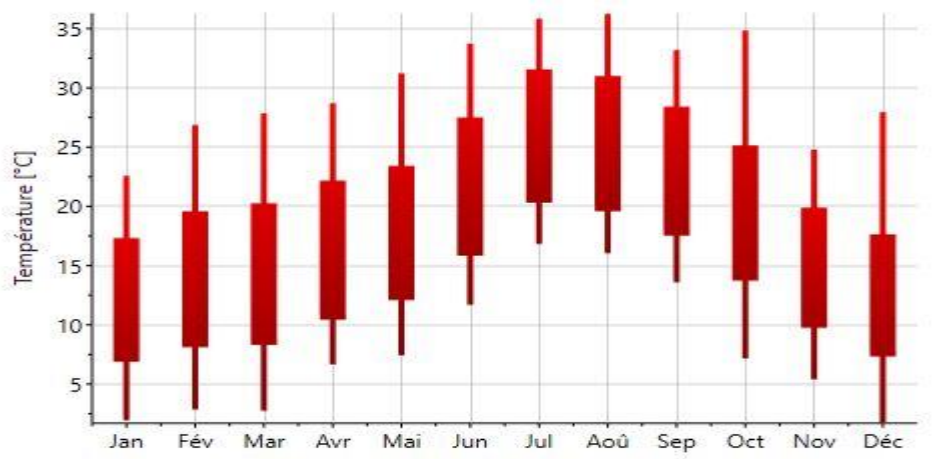


Figure 2.2: Température moyenne mensuelles

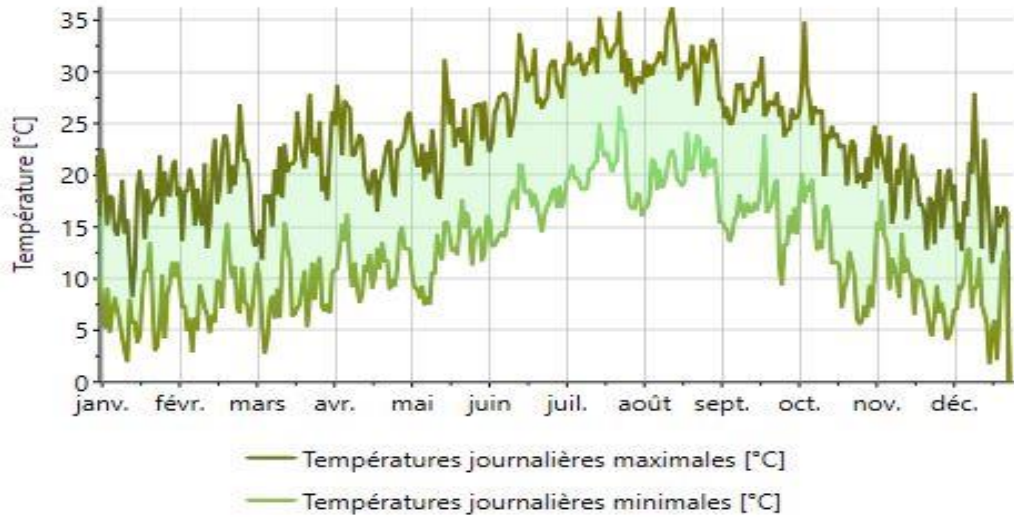


Figure 2.3: température journalière

2.2.2 L'ensoleillement

Avec une durée d'ensoleillement moyenne de 10 heures par jour et un rayonnement de 200 kWh/m². Le mois de juin constitue le plus grand gisement de l'année en terme d'irradiation solaire

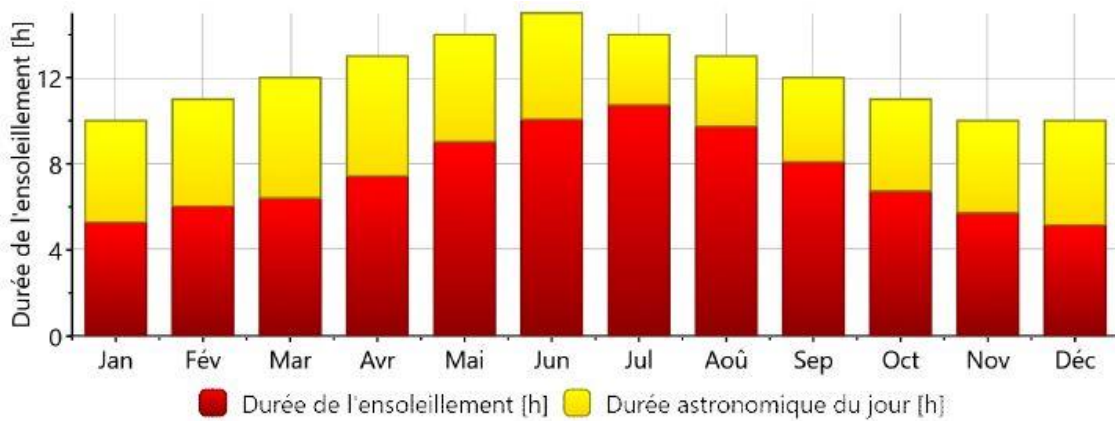


Figure 2.4 : Durée d'insolation.

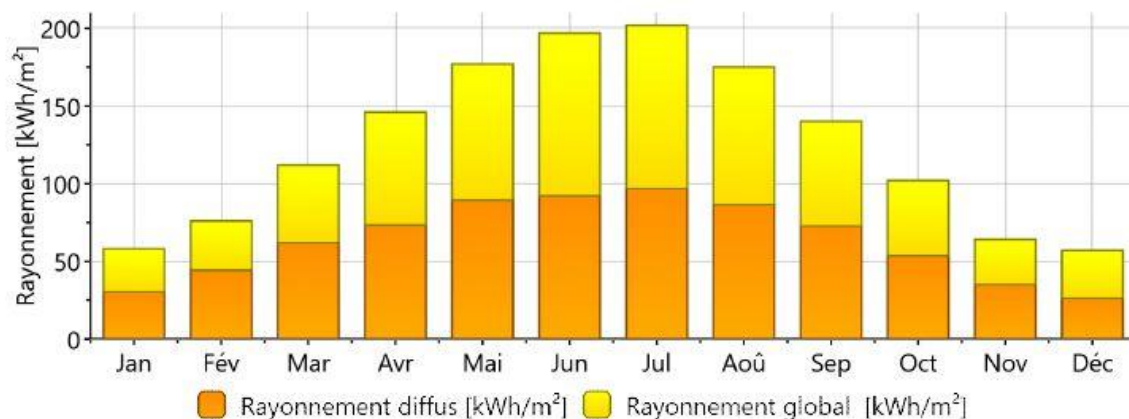


Figure 2.5 : Irradiation solaire mensuelle

3. DESCRIPTION DE L'ABITAT ETUDIE

3.1 Introduction

La première bâtisse d'efficacité énergétique en Algérie, un chalet réalisé à Souidania (Alger), Le contrôle de performance qui a démarré juste après l'achèvement de la bâtisse, en été 2009, a montré qu'il est possible d'arriver à une économie d'énergie de 60%. Le projet qui s'inscrit dans le cadre du programme MED-ENEC (Energy Efficiency in the construction Sector of the Mediterranean) de l'Union européenne, a été réalisé en partenariat avec le CNERIB (Centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment) et le CDER (Centre de Développement des Energies Renouvelables). Le programme a pour objectif de relancer les mesures relatives à l'efficacité énergétique et à l'utilisation de l'énergie solaire dans le secteur de la construction, en vue de réduire la consommation énergétique dans les pays du bassin méditerranéen. [31]

3.2 Présentation de la maison



Figure 2.6. La maison prototype situé au CNERIB (à Souidania)

La maison qui fait l'objet de cette étude possède une surface habitable de 90 m², elle est implantée dans la région d'Alger, plus précisément dans le village de Souidania.

Cette région fait partie de la zone climatique A (Latitude 36.70N, Longitude 03.20E) qui est caractérisée par un hiver frais et un été chaud et humide.

La maison contient deux chambres, la chambre 1 est positionnée vers le côté sud-ouest et la chambre 2 est vers le côté nord-ouest. La salle de séjour a une grande fenêtre orientée vers le sud pour bien profiter de l'éclairage naturel en laissant pénétrer le maximum de lumière et une porte-fenêtre orientée vers l'est, la cuisine est du côté est, et enfin la salle de bain et les toilettes qui sont dirigées vers le nord (voir figure 2)[31].

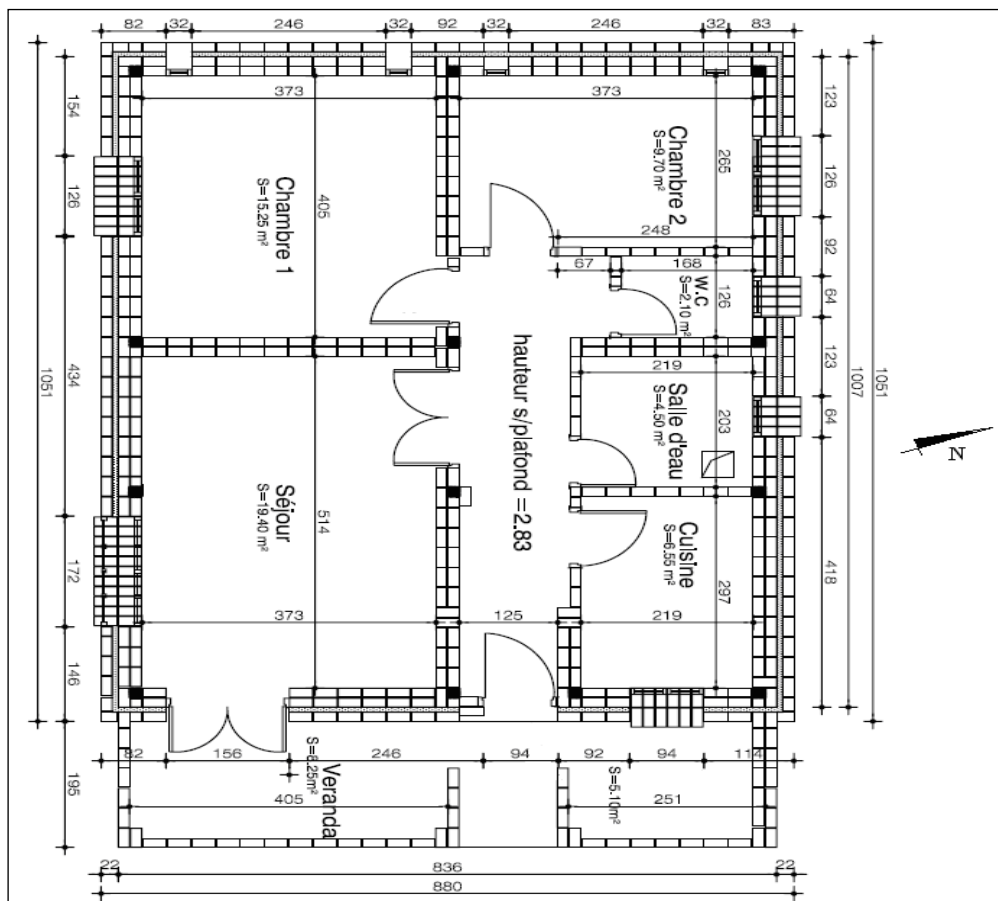


Figure 1.7 : Plan de masse de la maison prototype.

Cette maison se distingue par l'optimisation de certains paramètres de construction dans le but de minimiser la consommation énergétique (Chauffage, climatisation et éclairage). Pour ce faire, des principes ont été appliqués pour que celle-ci soit la plus économe possible en énergie :

- Minimiser les pertes de chaleur vers l'extérieur (par transmission et par renouvellement d'air),
- Maximiser l'exploitation des apports gratuits d'énergie (apport interne, apport par des parois vitrées. etc.),

- N'utiliser le chauffage d'appoint qu'au moment où les autres sources de chaleur ne suffisent plus,
- Utilisation des lampes à basse consommation au lieu des lampes à incandescence halogènes qui consomment plus d'énergie.

Pour ce faire, certains éléments de construction ont été conçus de manière différente pour répondre à ce but. Ainsi, cette maison se distingue donc des autres maisons par :

- Son isolation thermique,
- L'optimisation de l'utilisation de l'énergie solaire d'une façon active et passive,
- La présence d'une importante masse thermique,
- L'utilisation de la ventilation naturelle,
- L'utilisation des lampes à basse consommation.

3.3 Isolation thermique de l'enveloppe

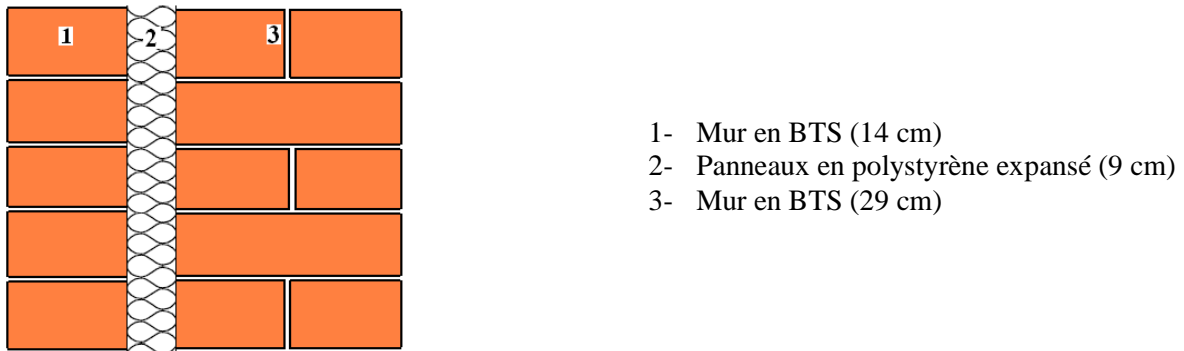
L'enveloppe extérieure doit limiter les pertes de chaleur en hiver et protéger des radiations solaires en été. Cette propriété d'atténuation dépend des caractéristiques de transmission thermique des parois par conduction, convection et radiation.

Pour minimiser les déperditions thermiques vers l'extérieur, il est important de réduire au maximum la conductance thermique des murs par une bonne isolation thermique. L'isolation thermique du logement prototype répond bien à la réglementation thermique algérienne décrite dans les Documents Techniques Réglementaires DTR C3-2 "Réglementation thermique des bâtiments d'habitation : Règles de calcul des déperditions calorifiques : Fascicule 1" et DTR C3-4 "Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments : Climatisation : Fascicule 2". Les caractéristiques des parois pour les différentes parties de la maison (murs, plancher haut et plancher bas) sont présentées dans le tableau 1

3.4 Composition des parois

1. Mur extérieur

Les murs en contact avec l'extérieur sont réalisés d'une manière à limiter les déperditions thermiques. Ils sont construits en couche de 43 cm de Briques de Terre Stabilisée (BTS) et isolés par l'extérieur avec une couche de 9 cm de polystyrène expansé (voir la figure3).

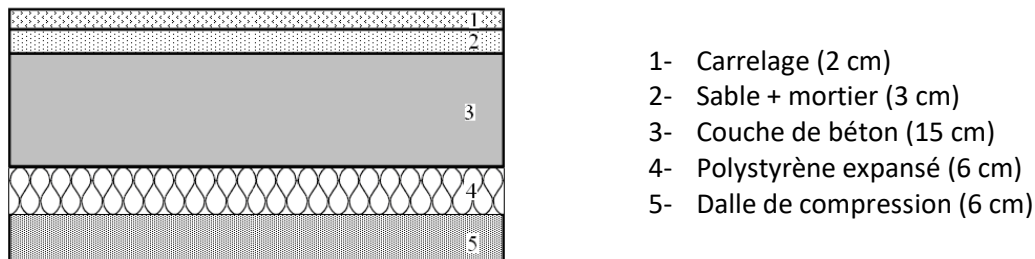


- 1- Mur en BTS (14 cm)
- 2- Panneaux en polystyrène expansé (9 cm)
- 3- Mur en BTS (29 cm)

Figure 2.8 : Mur extérieur.

2. Plancher bas sur terre-plein

Placer un isolant en polystyrène expansé de 6 cm sous le plancher est absolument nécessaire pour réduire les déperditions de chaleur, sachant que 10 % des pertes de chaleur d'une maison sont par le plancher. La composition du plancher bas est présenté dans le schéma ci-dessous.



- 1- Carrelage (2 cm)
- 2- Sable + mortier (3 cm)
- 3- Couche de béton (15 cm)
- 4- Polystyrène expansé (6 cm)
- 5- Dalle de compression (6 cm)

Figure 2.9 : Plancher bas sur terre-plein

3. Plancher haut

L'isolation thermique de la toiture réduit de manière importante les échanges de chaleur entre la maison, qui doit être maintenue à environ 21°C en hiver et l'extérieur où la température peut descendre au-dessous de 0 °C. Le plancher haut est isolé sur toute sa surface de façon à minimiser les pertes de chaleur et augmenter la température du plafond des pièces. La figure 5 présente les différentes couches qui constituent la toiture.

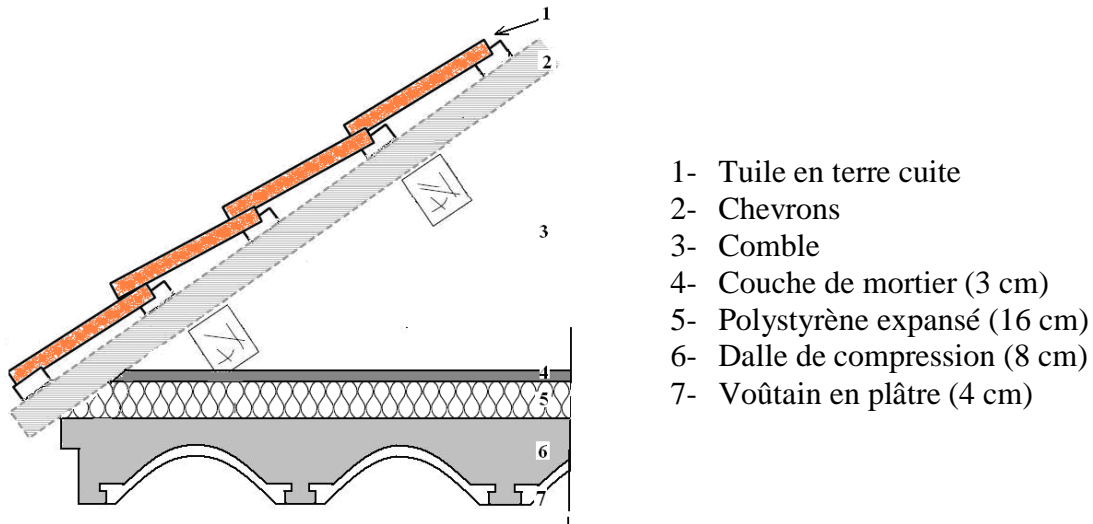


Figure 2.10 : Toiture.

4. Mur intérieur :



Figure 2.11 : Mur interne (Un panneau de BTS)

4. Résistance thermique des parois

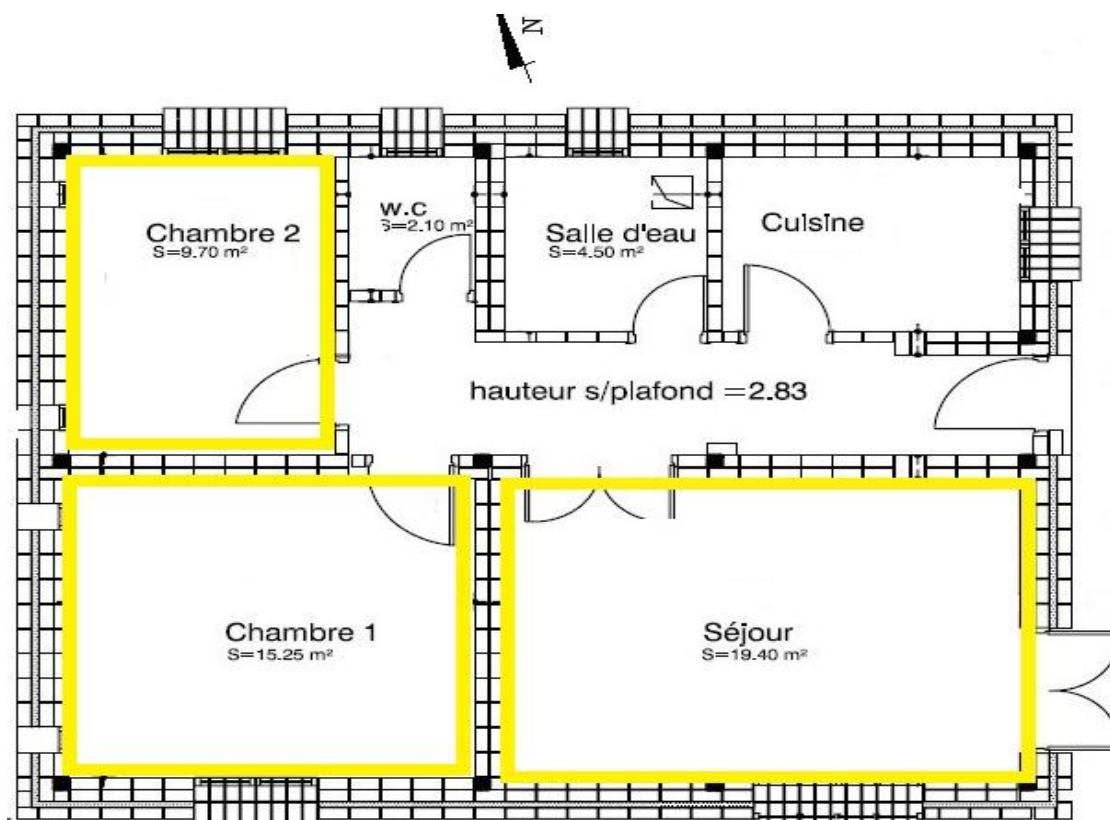
Les caractéristiques thermiques et les matériaux qui composent les éléments de la maison sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 2.2 : Caractéristiques thermiques des différentes parois de la maison.

	Composition	Epaisseur (cm)	λ (W/m.K)	$R = e/\lambda$ (m ² .K/W)	R_g (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)
Mur extérieur	BTS	0,14	1,3	0,11	2,75	0,36
	Polystyrène	0,09	0,040	2,25		
	BTS	0,29	1,3	0,22		
Plancher Bas	Béton lourd	0,05	1,75	0,03	1,82	0,54
	Polystyrène expansé	0,06	0,040	1,50		
	Béton lourd	0,15	1,75	0,09		
	Mortier + sable	0,03	1,15	0,03		
	Carrelage	0,02	1,7	0,01		
Plancher haut	Couche de mortier	0,03	1,60	0,02	4,36	0,23
	Polystyrène expansé	0,16	0,040	4,00		
	Béton lourd	0,08	1,75	0,05		
	Voûtain en plâtre	0,04	0,35	0,11		

3.5 Les locaux chauffés

Les locaux chauffés sont le séjour et les chambres (*chambre1, chambre2*).

**Figure 2.12 : Les locaux chauffés.**

4. Conclusion

Ce chapitre englobe les données climatiques de site de wilaya d'Alger, à l'aide de logiciel métronome 7.1. Et on a présenté les différents matériaux utilisés dans la construction de la maison étudiée, qui peut être un modèle référentiel dans le développement architectural vu sa consommation énergétique.

CHAPITRE III

MODELISATION

1.Introduction

La simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale.

Le logiciel de simulation TRNSYS est un environnement complet et extensible, dédié à la simulation dynamique des systèmes.

2.TRNSYS

TRNSYS ("Simulateur de système transitoire » prononcé « transis ») a été développé à l'origine par l'Université du Wisconsin dans les années 1970 pour l'analyse numérique de l'énergie solaire destiné au chauffage et à l'eau chaude. Au cours des 30 dernières années TRNSYS n'a cessé d'affiner et maintenant il est largement reconnu comme un outil d'analyse fiable pour les systèmes énergétiques complexes.

TRNSYS est un logiciel de simulation du comportement thermique des bâtiments et des systèmes associés en régime dynamique. La modélisation et la simulation de ce système est nécessaire pour étudier le comportement thermique et celui du système solaire photovoltaïque, et peut être utilisé pour valider tous les concepts de toutes énergies nouvelles et simuler des systèmes énergétiques. Le recours à ce type de logiciel est indispensable pour prendre en compte la variabilité temporelle importante des sollicitations et des sources d'énergie.

2.1 Avantages

- Grâce à son approche modulaire, TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité (modules avec procédures de calcul plus ou moins élaborées).
- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la librairie d'origine.
- Documentation vaste sur les sous-programmes y compris explications usages usuels équations de base.
- Définition très souple de la période de simulation : choix du pas de temps, du début et de la fin de la simulation.

2.2 Inconvénients

- Pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder et introduire l'ensemble exhaustif des données définissant le bâtiment et le système.
- La bibliothèque est limitée.

2.3.TRNSYS Simulation Studio

« TRNSYS Simulation Studio » est l'interface d'accueil de TRNSYS permettant de développer des applications de simulation. Un projet de simulation consiste à choisir un ensemble de modules et à décrire ensuite les interactions entre ceux-ci.

Chaque module représente un sous-programme et agit comme une boîte noire (qu'il est cependant possible d'ouvrir). On introduit pour chaque sous-programme les différents paramètres les variables d'entrée et de sortie.

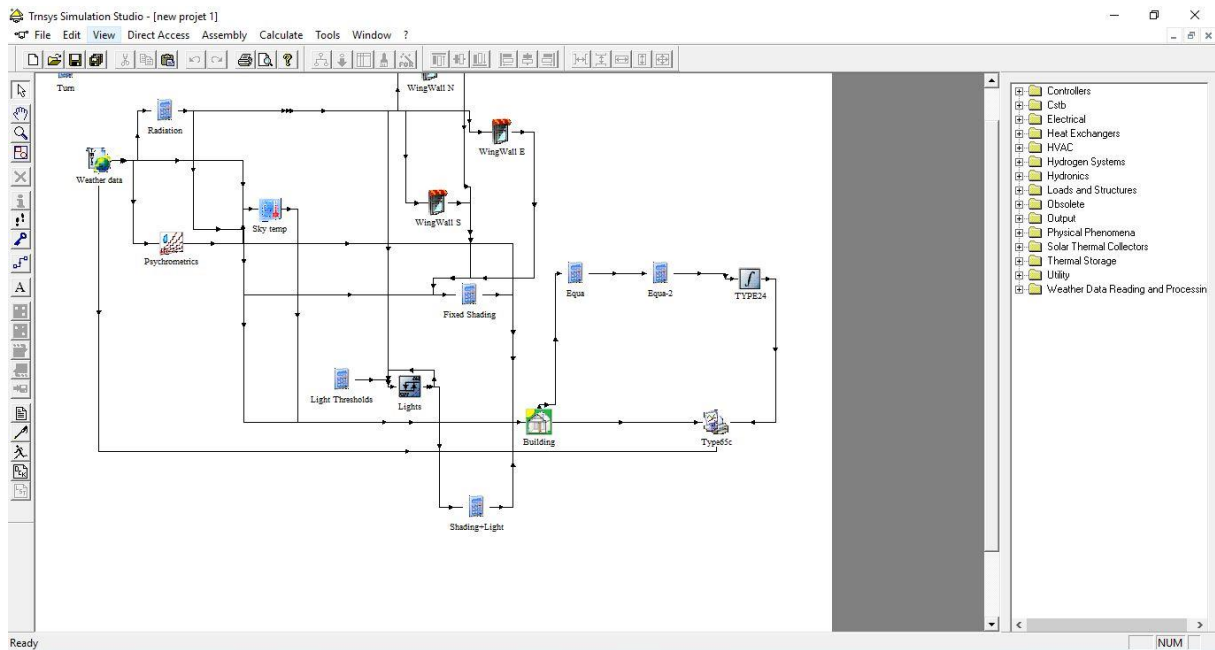


Figure 3.1 : Interface du logiciel TRNYS

2.4. TRNBuild

« TRNBuid » est un outil permettant d’introduire les caractéristiques d’un bâtiment multizone nécessaire à la simulation thermique de celui-ci. Ses propriétés sont introduites dans « TRNSYS Simulation Studio » via le module « type56 » ainsi l’utilisateur décrit chaque zone thermique alternativement (les matériaux utilisés pour la construction des murs).

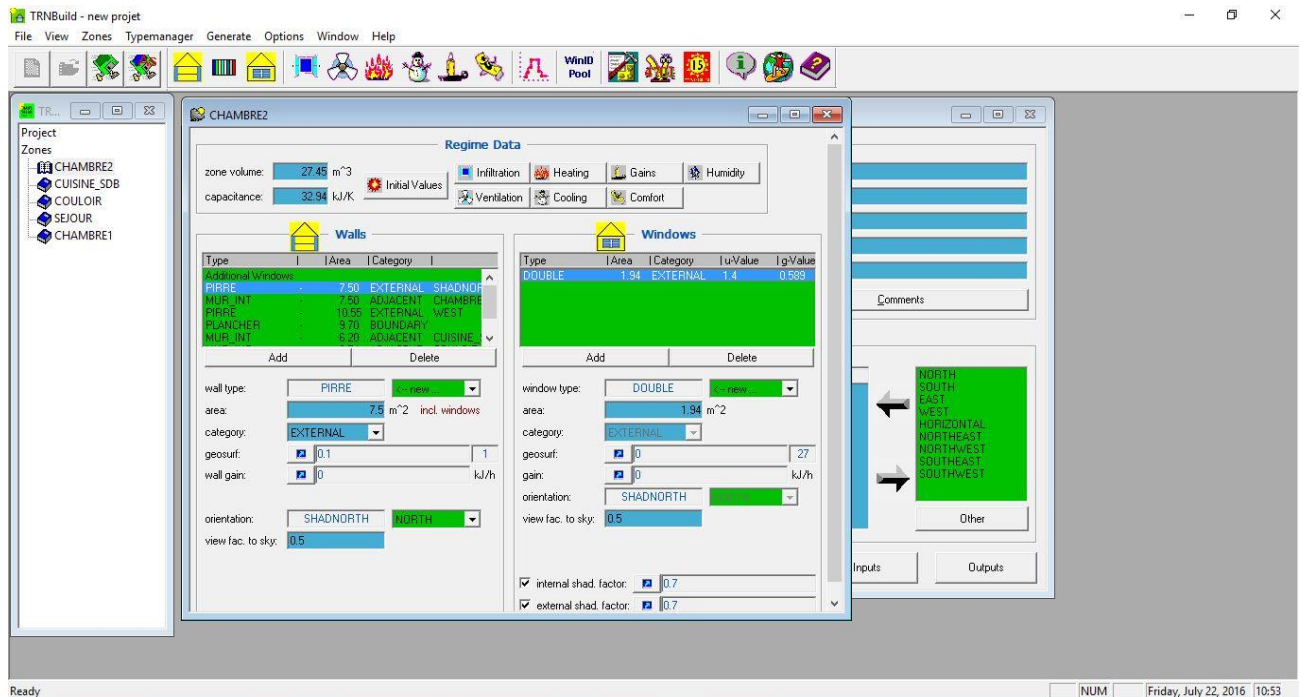


Figure 3.2: Interface du logiciel TRNBuild.

3.Meteonorm

Est une référence complète météorologique. Il vous donne accès à des données météorologiques pour divers application pour n'importe quel endroit dans le monde. La version utilisée dans notre étude :7

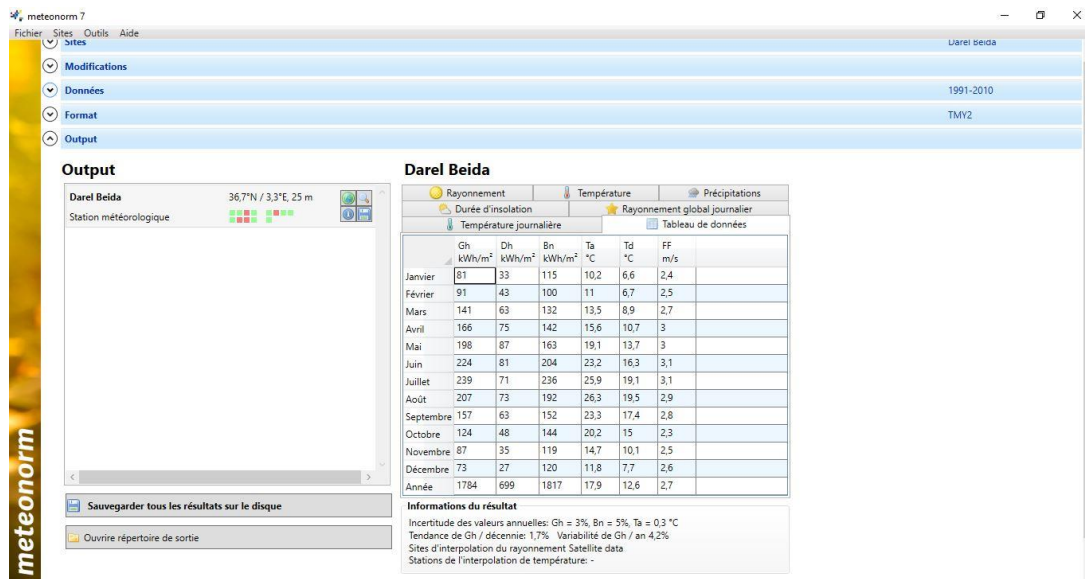


Figure 3.3 : Interface du logiciel Meteonorm 7

4.Simulation du projet

4.1 Simulation sous TRNSYS

Pour commencer notre projet on doit passer par TRNSYS studio, dans cette partie il existe plusieurs étapes à suivre.

Le projet final

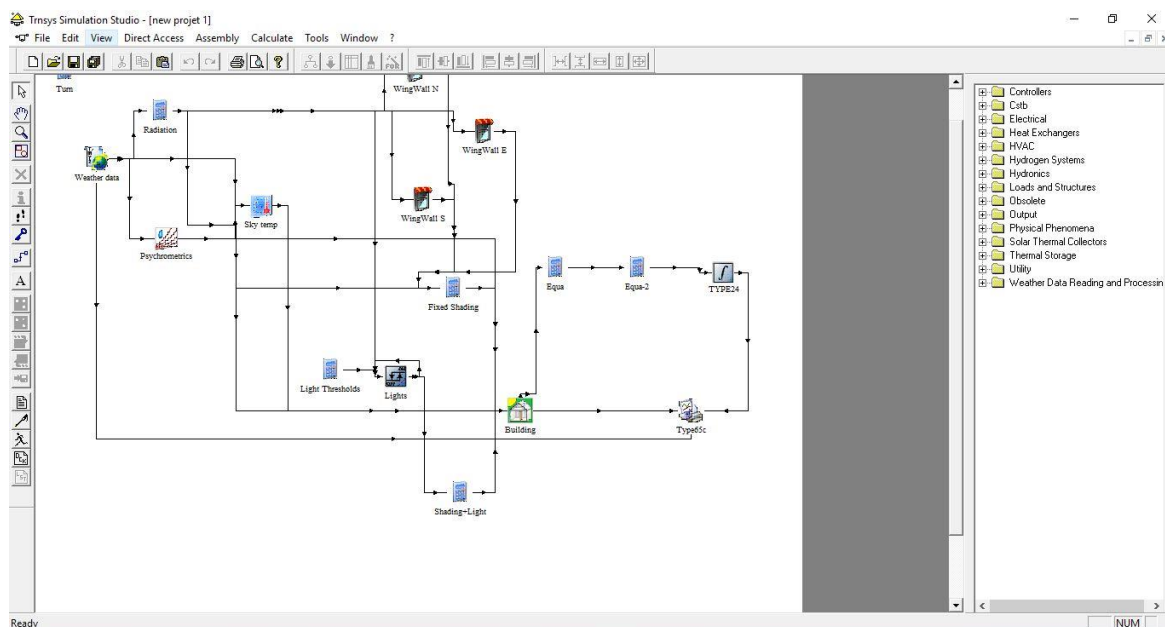


Figure 3.4: Modélisation sous TRNSYS de la maison étudiée

4.2 Simulation sous TRNBuild

Dans cette partie de logiciel trnsys (**TRNBuild**) toutes les données relatives à notre projet peuvent être introduites, nous spécifions la composition des murs, leurs orientations respectives, les surfaces vitrées et les types de vitrage utilisés. Il est nécessaire aussi de définir les conditions initiales de la zone étudiées (la température intérieure et l'humidité relative).

Nous définissons les caractéristiques des murs, fenêtres, portes, planchers et plafonds (dimensionnement, les matériaux l'orientation et autres caractéristiques).

Nous introduisons les propriétés thermodynamiques de chaque couche qui constitue les murs le plancher et la toiture, comme nous pouvons les choisir à partir de la bibliothèque existante.

Des données d'équipement facultatif et caractéristiques de fonctionnement comprennent l'infiltration, ventilation, refroidissement, chauffage, gains et confort peuvent être rajoutées.

Une fois toutes les données sont entrées on peut lancer la simulation à partir du studio et sortir ainsi les résultats souhaitées (profil de température, les besoins en chauffage et en climatisation. etc....).

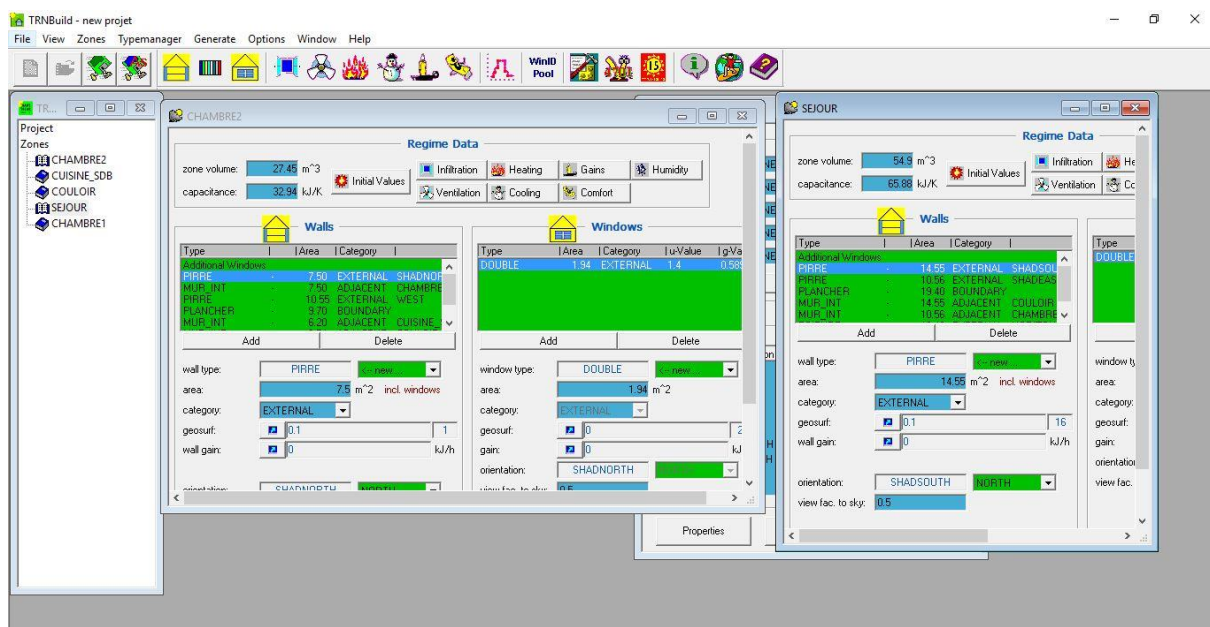


Figure 3.5 : Interface de TRNBuild .

5. Bilan énergétique

Le bilan énergétique du bâtiment est basé sur le fait que pratiquement toute l'énergie entrant dans un bâtiment finit par être transformée en chaleur. Étant donné qu'en moyenne, l'intérieur du bâtiment est à température constante, toute cette énergie finit par en sortir.

Le bilan énergétique est une comptabilité des entrées et des sorties d'énergie du bâtiment pendant une période de temps donnée. Ce bilan doit évidemment être équilibré par conservation de l'énergie. Le bilan énergétique détaille donc toutes les pertes et tous les gains, les sommes des gains et des pertes étant égales si la période de consommation est suffisamment grande (par exemple une année, voire un mois s'il n'existe pas de capacité de stockage particulièrement grande).

Dépériditions	Gains
Transmission de chaleur au travers de l'enveloppe	Rayonnement solaire entrant par les fenêtres et autres systèmes de captage passifs
Transmission de chaleur au travers du sol	Chaleur métabolique des habitants
Pertes de chaleur dans l'air vicié	Capteurs solaires
Pertes de chaleur dans les égouts (eau chaude)	Chaleur restituée par la structure
Chaleur accumulée dans la structure	
Dépériditions des installations techniques	Apport d'énergie: électricité combustibles
Total des pertes=Total des gains	

Tableau 1 : Bilan énergétique d'un bâtiment

6. Calcul des déperditions et apports calorifiques des bâtiments

6.1. Les déperditions

6.1.1. Déperditions totales d'un logement

Les déperditions totales D pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

$$D = \sum D_i [W/^\circ C]$$

Où :

D_i (en $W/^\circ C$) représente les déperditions totales du volume i .

6.1.2 Déperditions totales d'un volume

Les déperditions totales D_i d'un volume i sont données par :

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i [W/^\circ C]$$

Où

- $(D_T)_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions par transmission du volume i ,

- $(D_R)_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions par renouvellement d'air du volume i .

6.1.3. Déperditions par transmission d'un volume

Les déperditions par transmission $(D_T)_i$ d'un volume i sont données par :

$$(D_T)_i = (D_S)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i [W/^\circ C]$$

Où

- $(D_s)_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur,
- $(D_{li})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions à travers les liaisons,
- $(D_{sol})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol,
- $(D_{inc})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

6.1.4. Déperditions par renouvellement d'air d'un volume

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume i $(D_R)_i$ sont données par :

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i [W/^\circ C]$$

Où

- $(D_{RV})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation,
- $(D_{RS})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions supplémentaires dues au vent.

6.1.10. Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

• Paroi séparant deux ambiances à des températures différentes

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi, pour une différence de température de $1^\circ C$ entre les ambiances que sépare cette paroi, sont données par la formule :

$$D_s = K \times A [W/^\circ C]$$

Où

- K (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission surfacique ;
- A (en m^2) est la surface intérieure de la paroi.

Le Document Technique Réglementaire (DTR) donne le calcul détaillé du coefficient K .

6.1.11. Déperditions à travers les ponts thermiques

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique, D_{li} pour une différence de température de $1^\circ C$, sont données par la formule :

$$D_{li} = K_l \times L [W/^\circ C]$$

Où

- K_l (en $W/m \cdot ^\circ C$) représente le coefficient de Transmission linéique de la liaison,
- L (en m) représente la longueur intérieure de la liaison.

6.1.12. Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés

Les déperditions D_{inc} par transmission par degré d'écart à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont données par la formule suivante :

$$D_{inc} = \tau \times [\sum (K \times A) + \sum (K_l \times L)] [W/^\circ C]$$

Où

- K (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie;
- A (en m^2) est la surface intérieure de chaque partie surfacique ;
- K_l (en $W/m \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison.
- L (en m) est la longueur intérieure de chaque liaison.
- τ est le coefficient de réduction de température.

6.1.13. Déperditions par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

- des déperditions dues au fonctionnement des dispositifs de ventilation on associe à ces déperditions le débit spécifique de ventilation ;
- des déperditions supplémentaires par infiltrations dues à l'effet du vent.

Les déperditions par renouvellement d'air D_R d'un logement :

$$D=0,34 * \beta * V * \Delta T.$$

V : le volume de l'habitat,

ΔT : différence de températures entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitat.

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s) [W/^\circ C]$$

Où

- 0,34 (en wh/m³. °C) est la chaleur volumique de l'air ;
- Q_v (en m³/h) est le débit spécifique de ventilation ;
- Q_s (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

7. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différentes étapes suivies lors de la simulation avec le logiciel TRNSYS 16 et le METEONORM.

Nous avons déterminé les déperditions et les gains calorifiques dans un bâtiment avec des formules de calcul imposées par un document technique réglementaire utilisé en Algérie.

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

1.Introduction

La simulation numérique sous TRNSYS a permis d'obtenir des résultats du modèle étudié. Nous avons étudié le comportement thermique de la maison pilote de Soudania, en jouant sur les paramètres suivants :

- * la variation de l'épaisseur d'isolant de la toiture, les murs et le plancher.
- * L'emplacement de l'isolant (intérieur, extérieur, intermédiaire)
- * les matériaux de construction (béton, le parpaing, la brique, pierre, BTS)

2. Zones thermiques

Une zone thermique définit un volume du bâtiment dont le comportement thermique est supposé homogène et dont on souhaite étudier la température ou les besoins énergétique. Les critères qui nous permettent de définir une zone peuvent être son usage, sa localisation, les apports internes, les équipements de chauffage ou de climatisation.

Dans notre cas nous avons décomposé la maison en 5 zones définies en fonction de leur orientation et l'épaisseur des murs internes de séparation :

- Zone 1 : la chambre2.
- Zone 2 : Elle comprend la cuisine et la salle d'eau, cette zone est appelée cuisine_SDB.
- Zone 3 : le couloir.
- Zone 4 : le séjour.
- Zone 5 : la chambre1.

3. Scénario d'occupation

- Nous considérons que la maison est occupée par 5 personnes, la moyenne d'occupation en Algérie.
- Les gains internes dus aux équipements.
- Le débit d'infiltration est considéré constant, il vaut 0,2 volume par heure en hiver et 0.8 volume par heure en été.
- Les températures du confort sont 24°C en été et 21°C en hiver.

4. Interprétation des résultats

4.1 Evolution de la température des 4 zones de la maison avec et sans isolation

4.1.1 Sans isolation

Février de 07 au 14

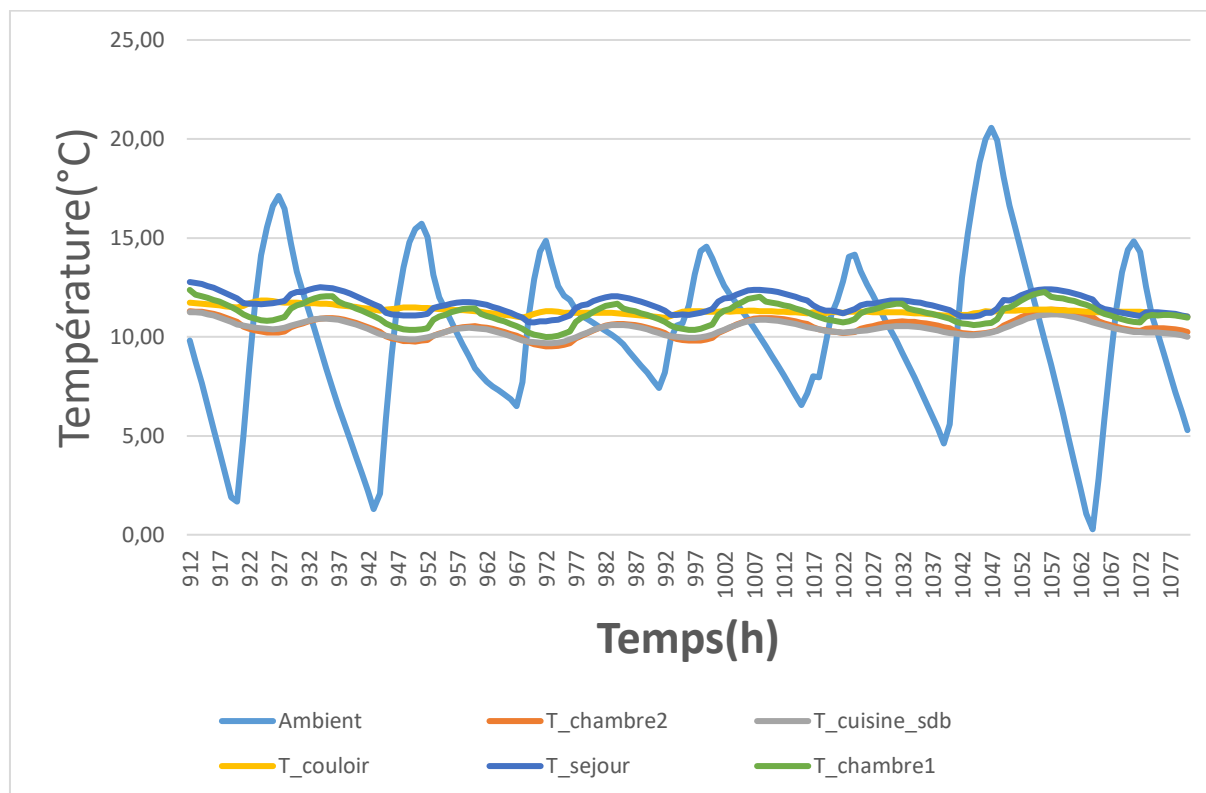


Figure 4.1 : Evolution de la température intérieure des quatre zones sans isolation de la maison pour la Période du 7 au 14 février

La figure présente l'évolution de la température de l'air extérieur et celles de l'intérieur de la maison pour différentes zones thermiques à savoir (le séjour, la chambre 1, la chambre2, la cuisine et le couloir).

D'après la figure, on constate que les températures du séjour et de la chambre 1 sont un peu élevées par rapport à celles de la chambre 2, la cuisine_sdb et le couloir à cause de l'orientation des murs qui sont exposée au sud.

Pour la deuxième semaine du mois de février, le climat est marqué par des températures glaciales qui ne dépassent pas les 3°C la nuit, cela a un impact direct sur la température interne, cette dernière est située au tour de 12°C la journée et 9°C la nuit. Nous constatons aussi que l'amplitude de la variation de température est de l'ordre de 3°C entre la nuit et la journée.

Juillet de 24 au 31

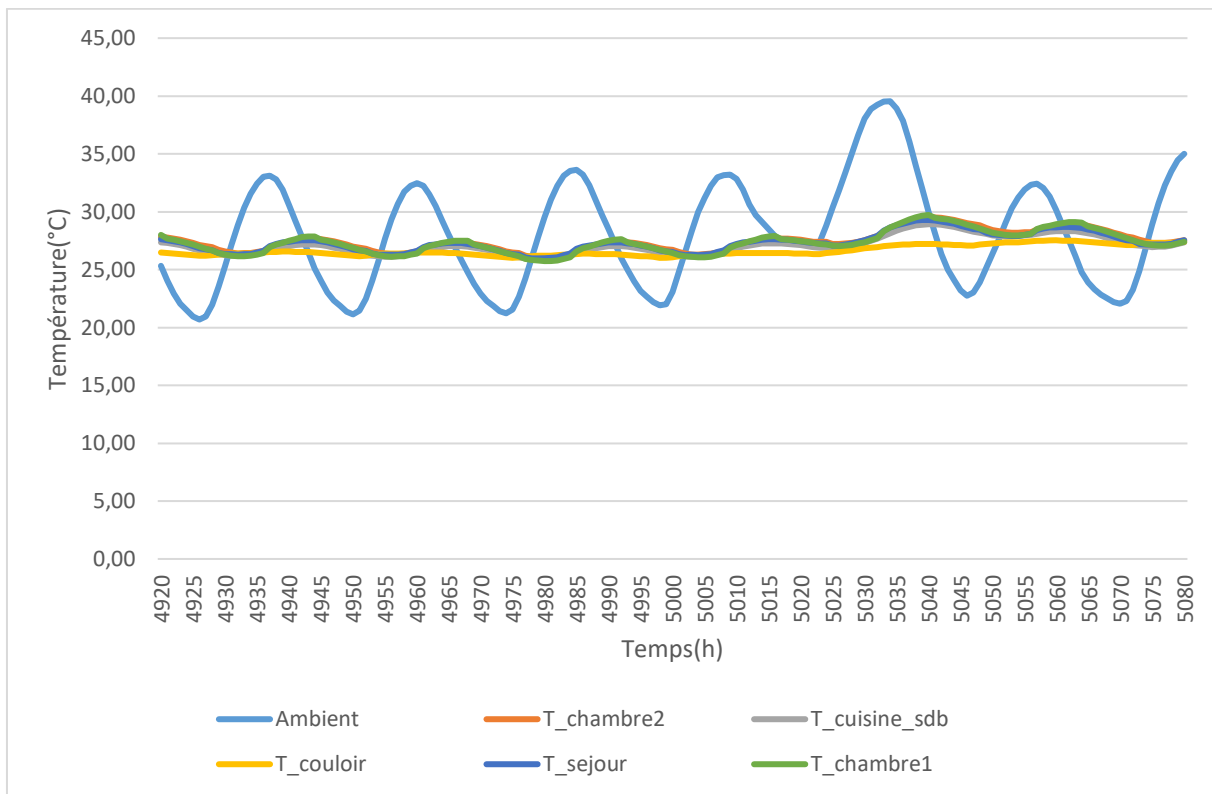


Figure 4.2: Evolution de la température intérieure des quatre zones sans isolation de la maison pour la Période 24 au 31 juillet

D'après la figure, on constate que la température à l'intérieur de la maison pour la dernière semaine du mois de Juillet évolue de la même façon.

Les températures à l'intérieur de la maison oscillent en moyenne entre 26°C et 28°C avec un maximum de 30 °C. Il a été constaté que l'amplitude de la variation de la température entre la nuit et la journée est de 3 à 4°C

4.1.2 Avec isolation

Février de 7 au 14

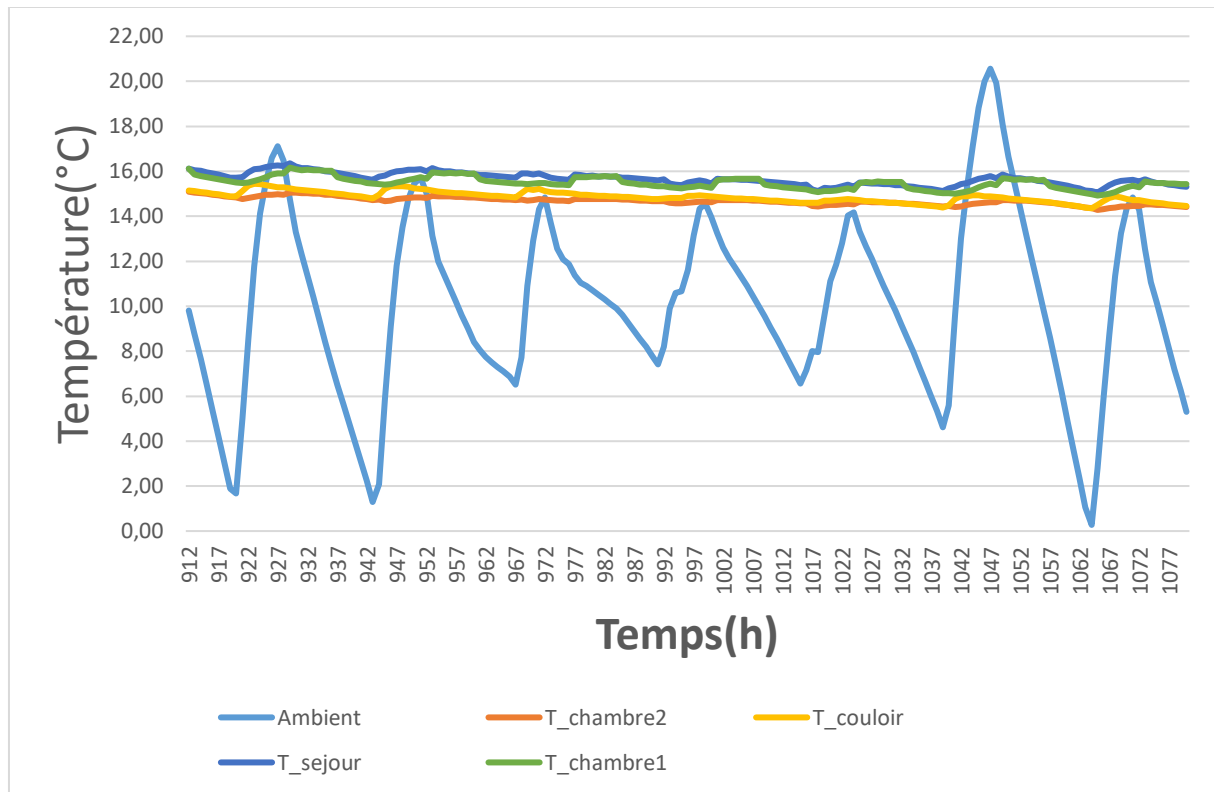


Figure 4.3 : Evolution de la température intérieure des quatre zones avec isolation de la maison pour la Période du 7 au 14 février

Les résultats de la figure montrent l'effet de l'isolation de l'enveloppe de la maison sur la température intérieure de chaque pièce. L'isolation a considérablement amélioré la température à l'intérieur de la maison en l'augmentant de 3 à 5°C. L'amplitude de la variation de la température entre la nuit et la journée est inférieure à 1°C pour toutes les zones thermiques.

Juillet de 24 au 31

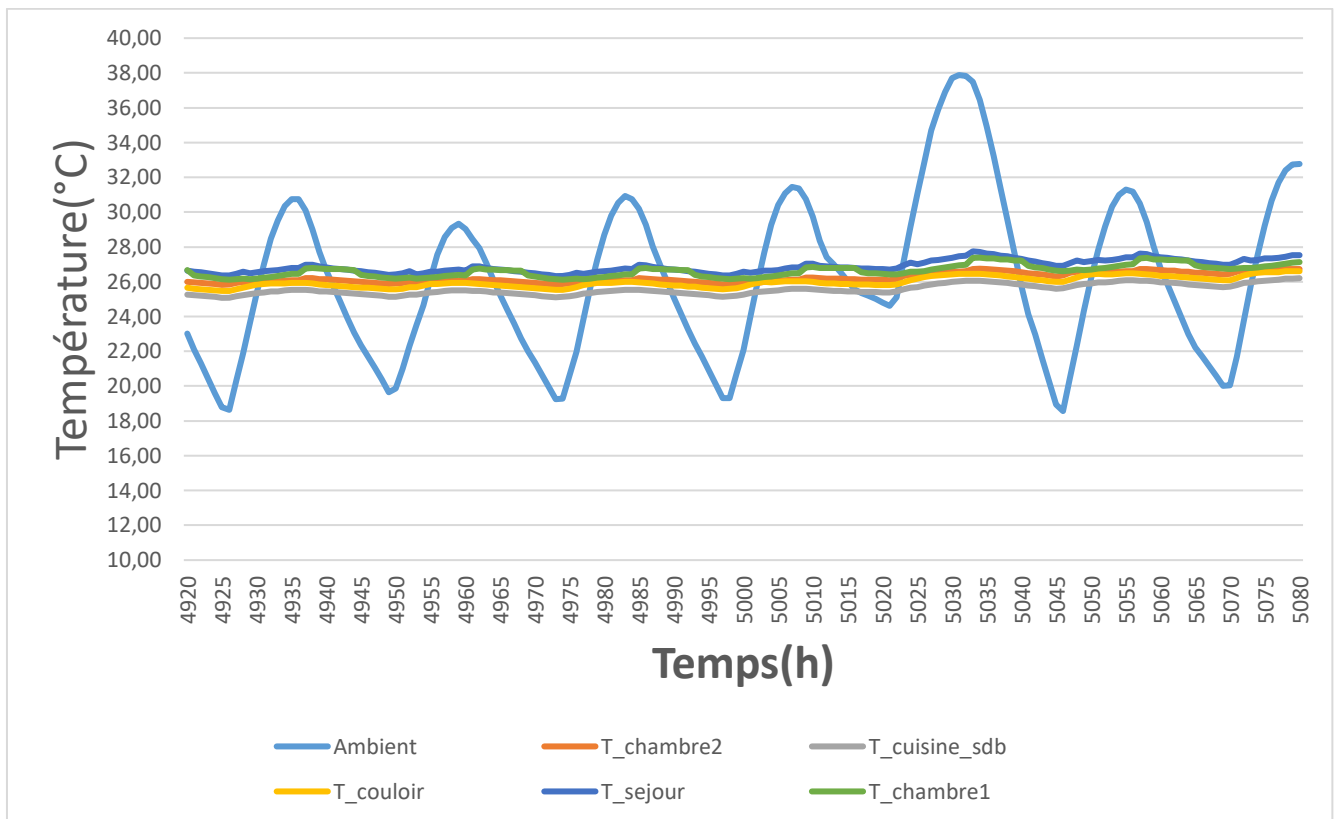


Figure 4.4: Evolution de la température intérieure des quatre zones avec isolation de la maison pour la Période 24 au 31 juillet

D'après la figure, on constate que l'isolation a efficacement contribué à améliorer la température à l'intérieur de la maison. Elles varient en moyenne entre 25°C et 26°C avec un maximum de 27°C. L'isolation a considérablement amélioré la température à l'intérieur de la maison en la diminuant de presque 3°C. L'amplitude de la variation de la température est ramenée à 1°C à 2°C entre la journée et la nuit durant toute la semaine.

4.2 Influence de l'épaisseur de l'isolation sur les besoins en chauffage et en climatisation

Comme nous l'avons précédemment cité la toiture est l'élément qui représente les plus fortes déperditions, elle est suivie par les murs puis le plancher.

C'est pourquoi les simulations que nous avons faites ont été menées dans cet ordre, dans la première simulation seule la toiture est disposée d'une isolation, les murs et le plancher ne contiennent pas de matériaux isolants. Dans la deuxième simulation nous rajouterons de l'isolant pour les murs. Dans la troisième simulation c'est tout l'enveloppe qui est isolé.

4.2.1 Effet de l'isolation de la toiture

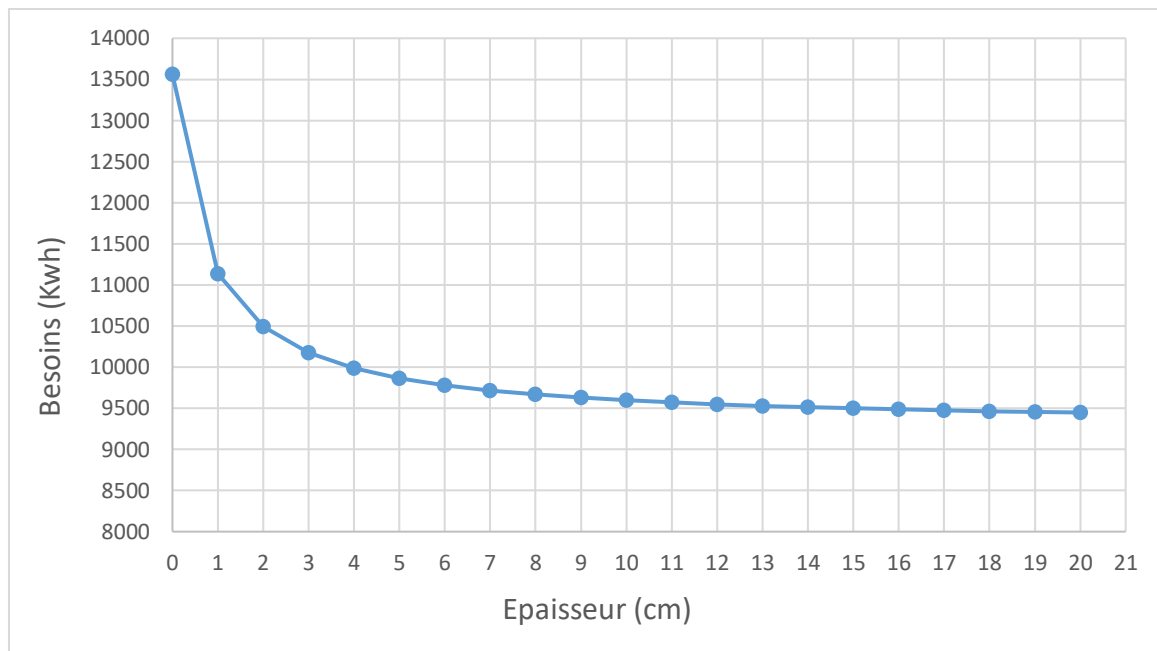


Figure 4.5: Variation des besoins en chauffage et en climatisation avec la variation de l'épaisseur de l'isolation de la dalle.

La figure présente l'effet de l'isolation de la toiture sur la réduction des besoins en chauffage et climatisation. Pour une maison sans isolation ces besoins sont de l'ordre de 13559 KWH, et d'après les résultats de ce graphe on constate que les besoins sont réduits chaque fois que l'épaisseur de l'isolant est augmentée, Pour une épaisseur de 10cm la réduction est de 30% mais à partir de cette épaisseur la réduction est de plus en plus faible.

4.2.2 Effet de l'isolation des murs

Dans ce cas la toiture est isolée avec un polystyrène de 16cm d'épaisseur et on fait varier l'épaisseur d'isolation pour les murs.

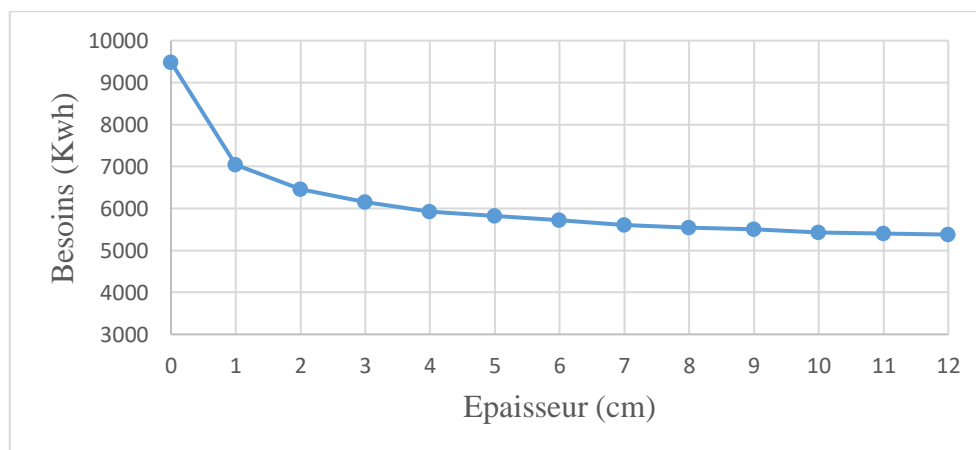


Figure 4.6: Variation des besoins en chauffage et en climatisation avec la variation de l'épaisseur de l'isolation des murs.

Pour une isolation de 16cm du polystyrène dans la toiture, la maison a besoin de 9486,37KWH pour le chauffage et la climatisation.

Les besoins continuent de diminuer en augmentant l'épaisseur de l'isolant. Pour une épaisseur de 9cm les besoins seront ramenés à 5501.027KWH qui correspondent à 27% des besoins totales. D'après les résultats on constate que l'isolation des murs est presque aussi importante que l'isolation de la toiture.

4.2.3 Effet de l'isolation du plancher

Dans ce cas la toiture est isolée avec un polystyrène de 16cm d'épaisseur et les murs sont isolés avec une épaisseur de 9cm en polystyrène on fait varier l'épaisseur d'isolation pour le plancher.

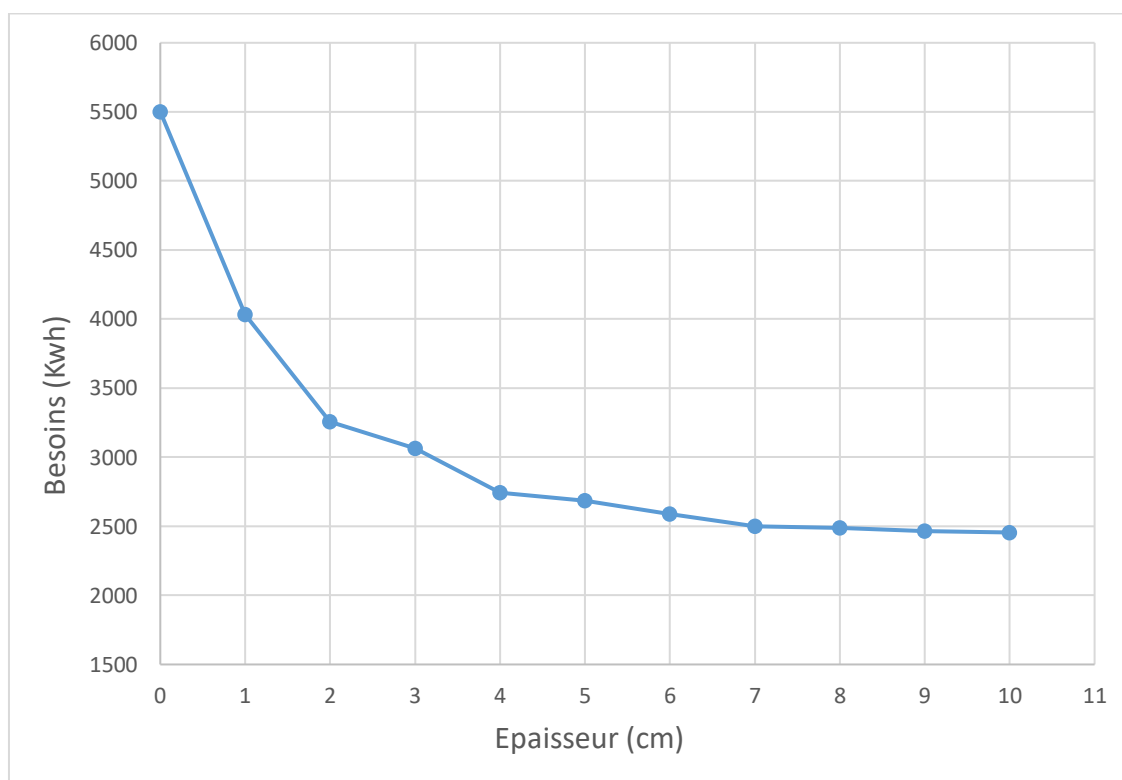


Figure 4.7 : Variation des besoins en chauffage et en climatisation avec la variation de l'épaisseur de l'isolation du plancher.

Les besoins en chauffage et en climatisation pour une isolation de 16cm et 9cm respectivement pour la toiture et les murs sont d'environ 5501,026 KWH. Les résultats de ce graphique montrent que l'isolation du plancher n'a pas la même importance que dans les deux cas précédents. Pour une épaisseur de 6 cm les besoins ne sont diminués que de 2587,38kwh ce qui correspond à 13% de réduction. À partir de cette épaisseur les besoins sont presque stables.

4.3 Comparaison entre les besoins avec et sans isolation

4.3.1 En chauffage

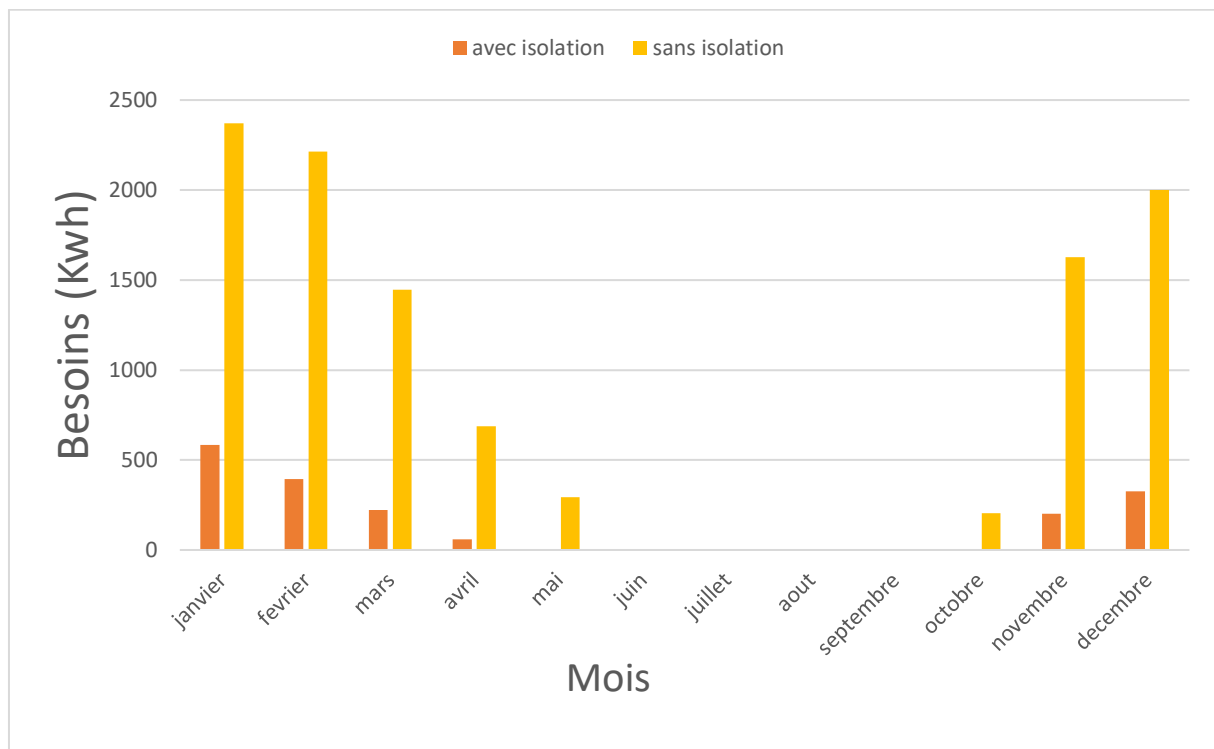


Figure 4.8 : les besoins mensuels en chauffage avec isolation et sans isolation de la maison.

La figure suivante donne les besoins mensuels en chauffage pour la maison étudiée avec isolation et sans isolation. Nous constatons que la maison sans isolation consomme plus que la maison avec isolation, pour le mois de janvier la maison sans isolation a besoin de 2400 kWh d'énergie pour se chauffer, par rapport à la maison avec isolation qui consomme moins 583,59kwh. Les données de ce graphe nous donnent une idée précise sur l'importance de l'isolation de la maison.

4.3.2 En climatisation

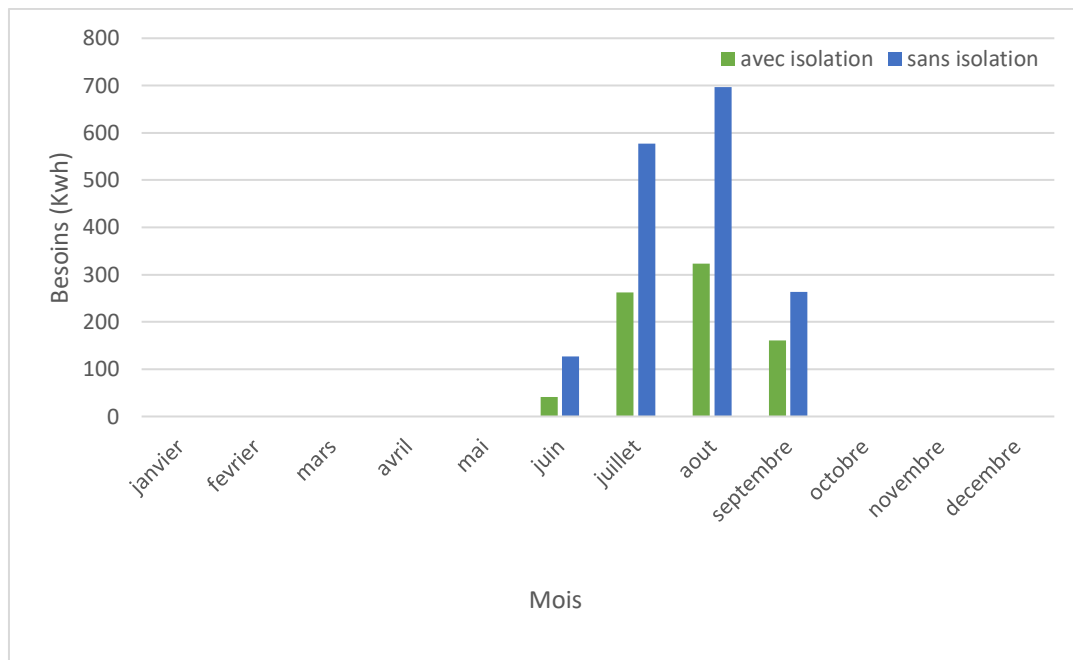


Figure 4.9 : les besoins mensuels en climatisation avec isolation et sans isolation de la maison.

La figure suivante donne les besoins mensuels en climatisation pour la maison étudiée avec isolation et sans isolation. D'après les résultats la maison avec isolation consomme moins d'énergie que la maison sans isolation .

4.4 Comparaison entre les types d'isolation

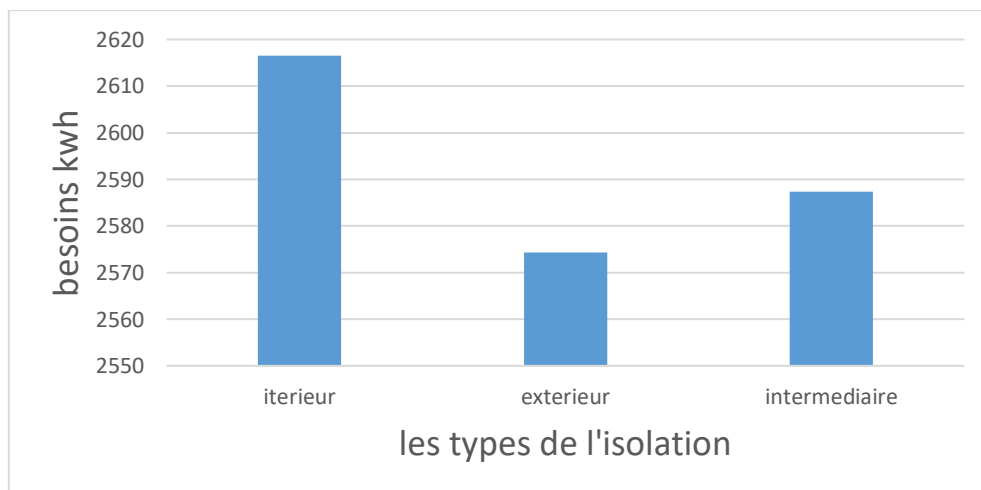


Figure 4.10 : les besoins annuels en chauffage et climatisation de la maison pour les trois types d'isolation

La figure représente les besoins annuels en chauffage et climatisation de la maison pour les trois types d'isolation (intérieur, extérieur, intermédiaire), on remarque que l'isolation extérieure est la plus intéressante en effet les besoins représente 2574 KWH par rapport au 2587 KWH de l'isolation intermédiaire et les 2616 de l'isolation intérieure.

4.5 Comparaison entre les différents matériaux de construction

4.5.1 La composition des parois

Ce tableau donne la composition des parois ainsi que les caractéristiques des différents matériaux.

	Composition	Epaisseur (m)	λ (W/m.K)	La masse volumique (kg/m ³)
BTS	BTS	0,15	1,3	2002
	Polystyrène	0,09	0,04	25
	BTS	0,25	1,3	2002
Béton	Béton	0,15	1,75	2300
	Polystyrène	0,09	0,04	25
	Béton	0,25	1,75	2300
Brique	Brique	0,15	0,7	1500
	Polystyrène	0,09	0,04	25
	Brique	0,25	0,7	1500
Parpaing	Parpaing	0,15	1,1	1300
	Polystyrène	0,09	0,04	25
	Parpaing	0,25	1,1	1300
Pierre	Pierre	0,15	2,4	2360
	Polystyrène	0,09	0,04	25
	Pierre	0,25	2,4	2360

Tableau 4.1 : Composition des parois et caractéristiques thermiques des différents matériaux.

4.5.2 Comparaison des Besoins en chauffage et en climatisation pour différent matériaux

4.5.2.1 Sans isolation

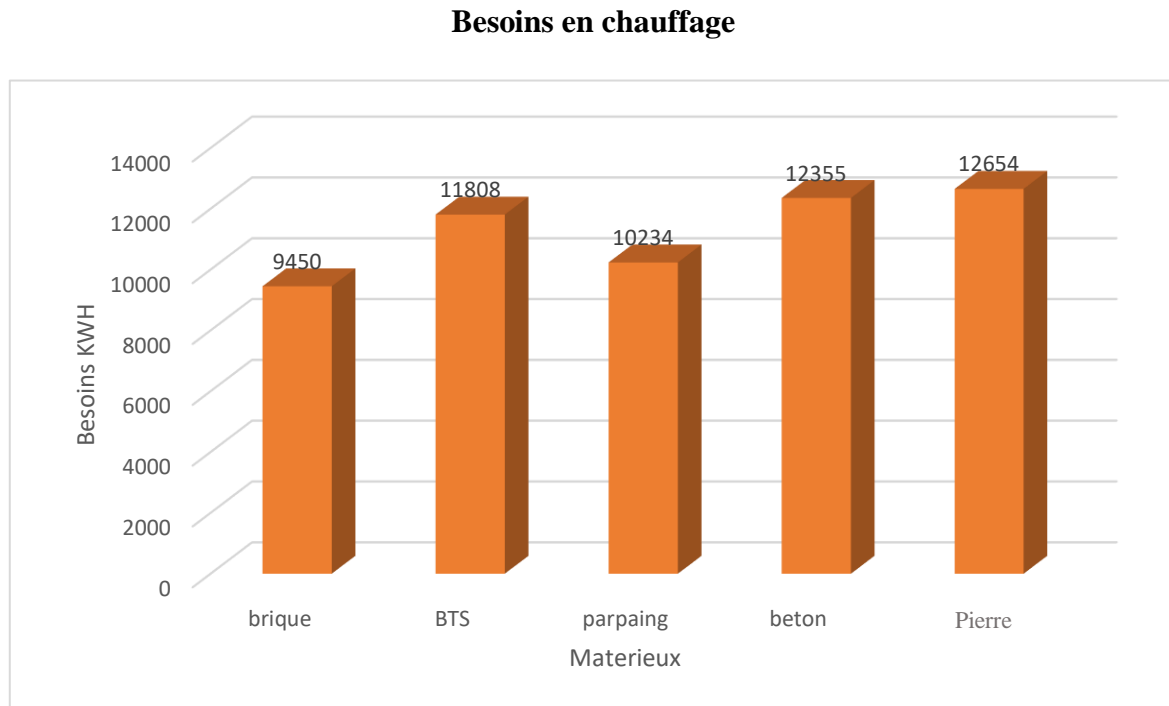


Figure 4.11 : Besoins en chauffage pour différents matériaux de construction sans isolation.

Besoins en climatisation

Pour la période de chauffage et pour une maison sans isolation. La maison construite avec la brique a besoin de moins d'énergie pour se chauffer, sa faible conductivité thermique contribue à la réduction des déperditions thermiques.

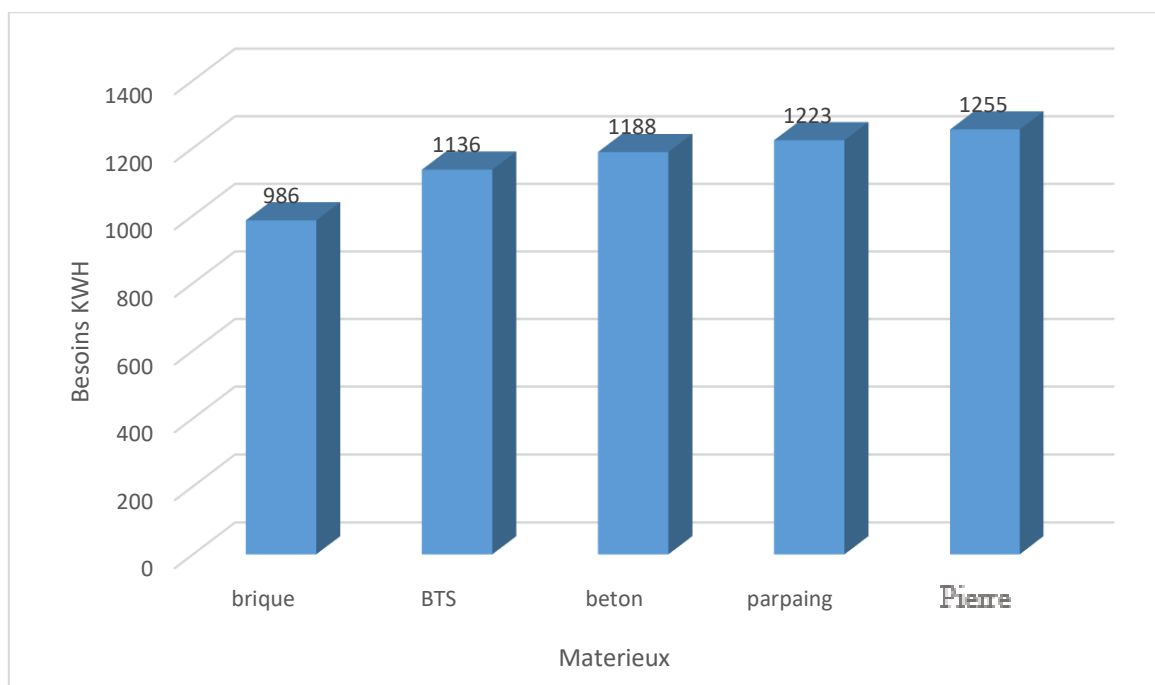


Figure 4.12 : Besoins en climatisation pour différents matériaux de construction sans isolation.

les résultats de cette figure qui présente les besoins annuels de climatisation pour une maison non isolée montrent que les matériaux à faible conductivité thermique affichent des besoins inférieurs a ceux d'autre matériaux

4.5.2.2 Avec isolation

Besoins en chauffage

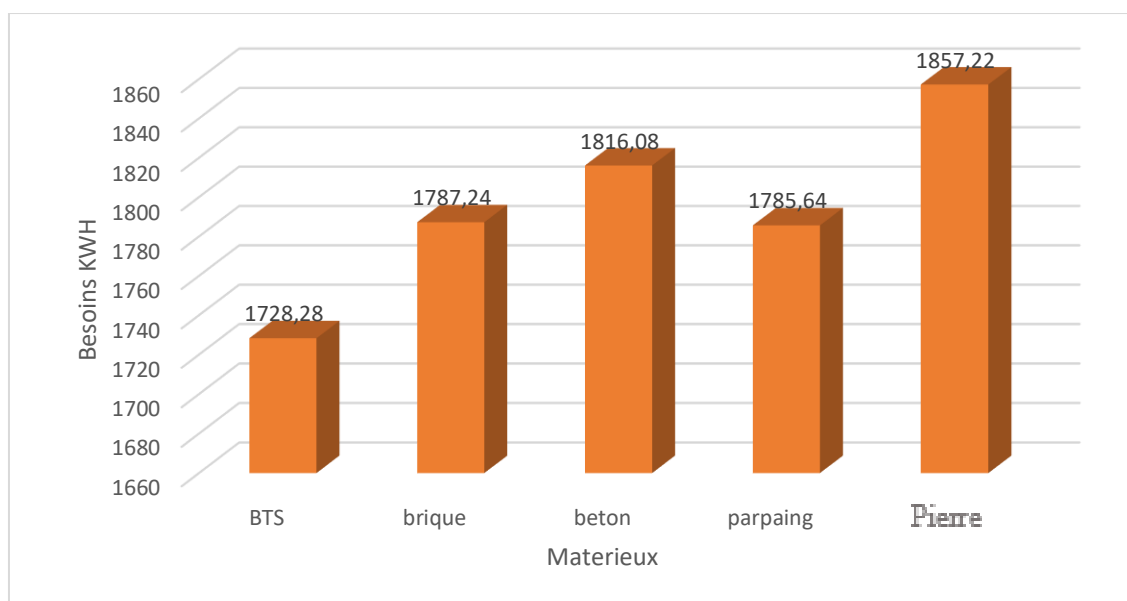


Figure 4.13: Besoins en chauffage pour différents matériaux de construction avec isolation.

La figure suivante affiche les besoins annuels en chauffage pour les différents matériaux. Les résultats montrent que la maison présentera les besoins les plus faibles en chauffage si elle est construite en BTS, cela s'explique par la capacité de ce dernier à stocker la chaleur.

Besoins en climatisation

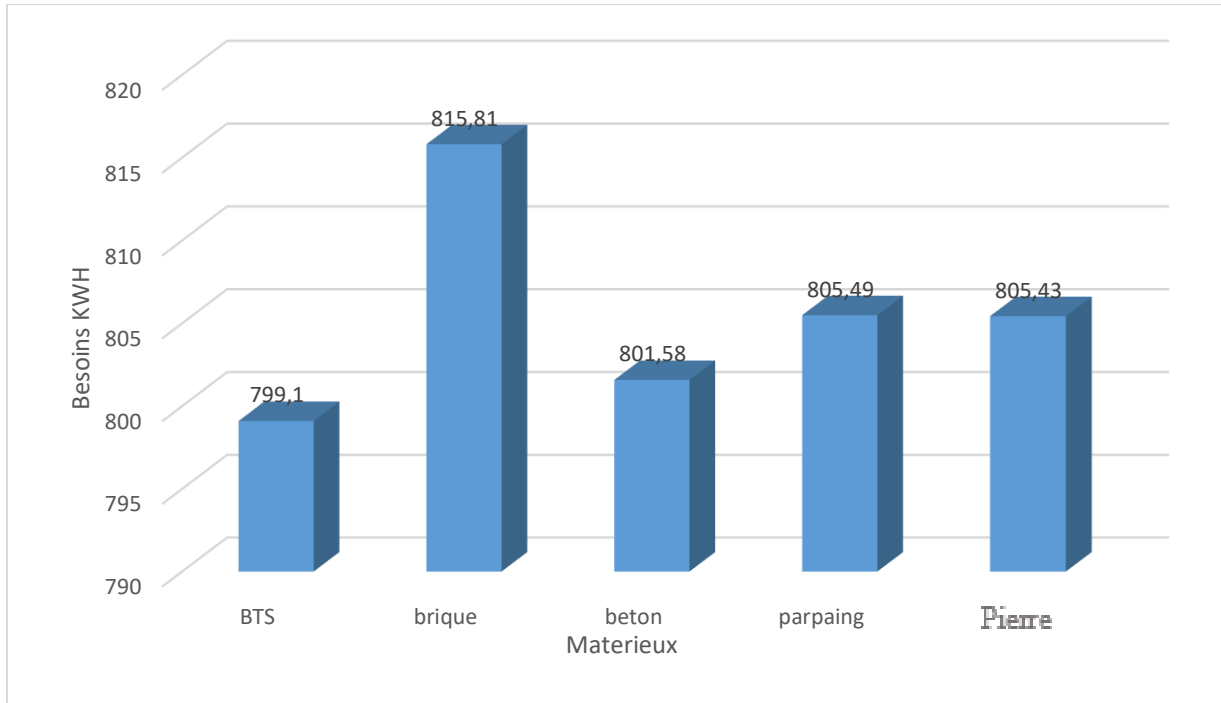


Figure 4.14: Besoins en climatisation pour différents matériaux de construction avec isolation.

La figure suivante donne les besoins annuels en climatisation pour la maison étudiée avec isolation. Nous constatons que la pierre et le BTS présentent les besoins les plus faibles, cela est dû à la capacité thermique de ces deux matériaux qui permet d'améliorer l'inertie thermique de l'enveloppe de la maison en diminuant les besoins en climatisation.

5. Conclusion

L'ensemble des résultats de la simulation obtenue nous a permis de voir l'évolution de la température à l'intérieur de l'habitation et d'estimer les besoins en chauffage et en climatisation.

D'après les résultats des différents graphes, on en déduit que l'amélioration des conditions du confort à l'intérieur de la maison et la réduction de la consommation énergétique sont bien possibles. Une maison bien orientée avec une isolation complète de l'enveloppe affiche des températures acceptables et des besoins en énergie très réduits.

Ce logiciel a permis un gain du temps précieux, une amélioration de la fiabilité des résultats dans l'étude de l'isolation thermique et l'effet de l'inertie thermique.

Partie solaire

1.Introduction

L'énergie solaire dans les pays chauds est une ressource à ne pas négliger car son exploitation peut devenir un facteur important de leur développement. La plupart des pays à climat méditerranéen ou tempéré bénéficient d'une irradiation solaire appréciable au Cours de l'année. L'application de l'énergie solaire aux conditions locaux, jusqu'à présent, les installations solaires susceptibles de satisfaire ces usages n'ont pas été envisagés à cause de l'investissement important.

L'énergie solaire est une énergie d'appoint devant être couplée avec une énergie pérenne classique même si elle peut couvrir dans certains cas la majorité des besoins.

2. la surface de captation du système

Le calcul de la surface de captation est fait à partir des équations suivantes :

$$S_{\text{cap}} = \frac{\text{besoin en chauffage} + \text{besoin en ECS}}{\text{PUS}} \times \text{Tcs}$$

$$\text{PSU} = I_{(\text{moy/mois})} \times \eta$$

Avec :

- Scap= surface de captation en [m²]
- PSU : Puissance solaire utile en [KWh/m²]
- Tcs= Taux de couverture solaire
- I(moy/mois) : L'irradiation moyenne mensuelle en [KWh/m²]
- η: Rendement du capture

On va prendre les valeurs maximales des besoins en chauffage et les valeurs minimales de la puissance solaire utile.

Les résultats de la simulation indiquent que le mois janvier représente les valeurs maximales des besoins en chauffage

3.Irradiation moyenne mensuelle

A partir du logiciel meteonorm 7, on a les données suivantes :

Mois	Janvier	Février	Mars	Novembre	Décembre
I(moy/mois) (KWh/m ²)	95	110	142	99	89

Tableau 4.2 : Irradiation moyenne mensuelle pour la période hivernale

4.La puissance solaire utile

On prend le rendement de capture solaire est 0.43 et le Taux de couverture solaire est 60%
η= 0.43

Mois	Janvier	Février	Mars	Novembre	Décembre
PSU (KWh/m ²)	40.85	47.3	61.06	42.57	38.27

Tableau 4.3 : PSU pour la période hivernale

5. Capteur utilisé

Le capteur utilisé est J.GIORDANO industriel disponible au C.D.E.R (Centre de Développement des Energies Renouvelables) en Algérie.

a_0	0,7
a_1	4,36 [W/K.m ²]
Surface utile	1,65 m ²
Glace	Verre normal
η	0,43

Tableau : Caractéristique du capteur J.GIORDANO.

6. les besoins en chauffage

On a calculé les besoins de chauffage en 3 cas ont été menés dans cet ordre, dans la première seule la toiture est disposée d'une isolation, les murs et le plancher ne contiennent pas de matériaux isolant. Dans la deuxième nous rajouterons de l'isolant pour les murs. Dans la troisième c'est tout l'enveloppe qui est isolé.

6.1 la toiture

Épaisseur (Cm)	Besoins en chauffage (KWh)
0	2473
1	2151
2	2035
3	1974
4	1937
5	1911
6	1894
7	1880
8	1871
9	1861
10	1853
11	1848
12	1843
13	1838
14	1832
15	1825
16	1823
17	1822
18	1820
19	1818
20	1817

Tableau 4.4 : les besoins chauffage de mois janvier avec la variation d'épaisseur de l'isolant de la toiture

6.2 Les murs

Dans ce cas la toiture est isolée avec un polystyrène de 16cm d'épaisseur et on fait varier l'épaisseur d'isolation pour les murs.

Épaisseur (Cm)	Besoins en chauffage (KWh)
0	1823
1	1278
2	1144
3	1068
4	1014
5	981
6	954
7	930
8	914
9	901
10	887
11	878
12	870

Tableau 4.5 : les besoins chauffage de mois janvier avec la variation d'épaisseur de l'isolant des murs.

6.3 Plancher bas

Dans ce cas la toiture est isolée avec un polystyrène de 16cm d'épaisseur et les murs sont isolée avec un épaisseur de 9cm en polystyrène on fait varier l'épaisseur d'isolation pour le plancher.

Épaisseur (Cm)	Besoins en chauffage (KWh)
0	901
1	788
2	698
3	650
4	620
5	600
6	585
7	574
8	566
9	566
10	559

Tableau 4.6 : les besoins chauffage de mois janvier avec la variation d'épaisseur de l'isolant du plancher

7. Calcul de la surface de captation du système

Les résultats de simulation est présenté dans les graphes comme suivante :

7.1 la surface de captation par rapport l'isolation de la toiture

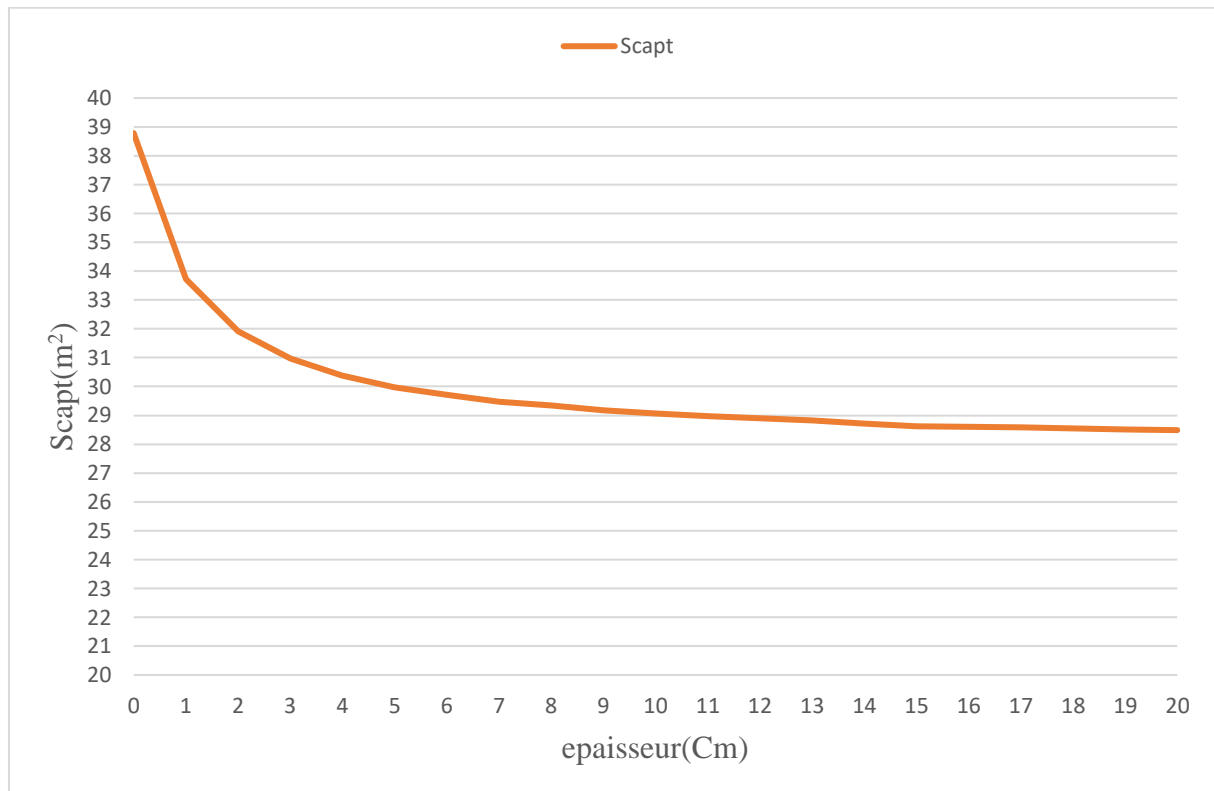


Figure 4.15: variation de la surface de captation en fonction de l'épaisseur de l'isolation de la toiture

D'après la figure, on constate que la surface de captation continue à diminuer en augmentant l'épaisseur de l'isolant de la toiture, on remarque que la maison sans isolation est besoin de 40 m^2 pour répond 60% des besoins en chauffage et pour une épaisseur de 1 cm jusqu'à 10 cm la surface est 29 m^2 , au-delà de cette épaisseur la diminution des besoins est moins importante.

7.2 la surface de captation par rapport l'isolation des murs

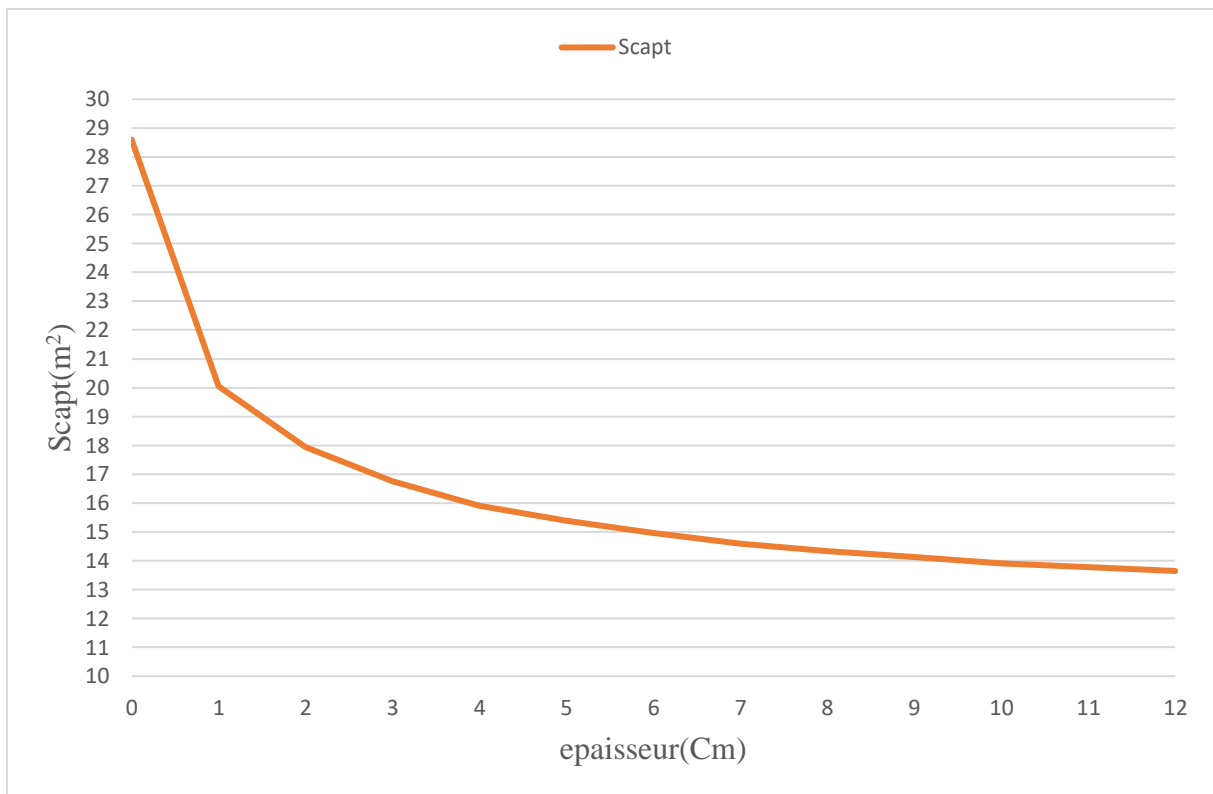


Figure 4.16 : variation de la surface de captation en fonction de l'épaisseur de l'isolation des murs

D'après l'isolation de la toiture de 16 cm d'épaisseur et pour un 1 cm d'isolation des murs, la surface de captation est diminuée de 9 m² par rapport sans isolation et pour un 9 cm d'épaisseur la surface égale 14 m²

7.3 la surface de captation par rapport l'isolation de plancher

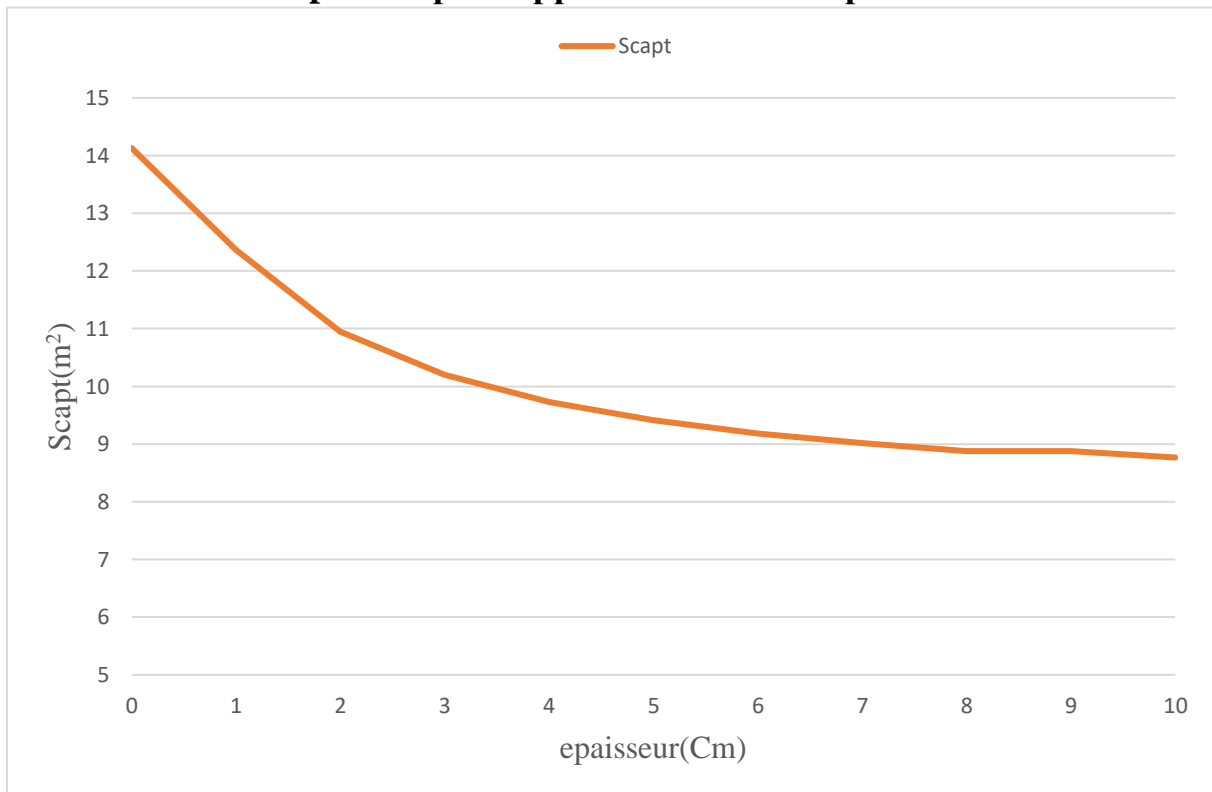


Figure 4.17 : variation de la surface de captation en fonction de l'épaisseur de l'isolation de plancher

La surface de captation pour une isolation de 16cm et 9cm respectivement pour la toiture et les murs est d'environ de 14 m². D'après ce graphe on constate que la surface de captation continue à diminuer en augmentant l'épaisseur de l'isolant du plancher et pour un 6 cm d'isolation on obtient 9 m² de captation.

8. Conclusion

La surface de captation des capteurs solaires thermiques qui sont installés dans la maison étudiée est environ de 9 m² pour chauffer une surface de 90 m², il couvre presque 60 % des besoins de chauffage.

CHAPITRE V

Etude technico-économique

1.Introduction

A l'heure où les prix des énergies ne cessent d'augmenter, il est sans doute urgent de repenser de manière plus fondamentale la conception des bâtiments afin de limiter fortement les déperditions thermiques, les coûts correspondants et réduire les émissions du gaz à effet de serre. Nous allons présenter dans cette partie quelques avantages de BTS et déterminer l'épaisseur optimale de l'isolant au niveau des deux éléments dont on a constaté plus de réduction de charges, à savoir la toiture et les murs.

2.Les avantages du BTS

En plus de ses caractéristiques physiques qui permettent d'économiser l'énergie, du point de vue économique le BTS présente certains avantages qui font de lui un choix intéressant.

- La première chose qui attire notre attention c'est l'abondance de l'élément qui constitue plus de 90% de ce matériau à savoir la terre, et la facilité d'accès à cette matière.
- Le procédé de fabrication du BTS est très simple et il n'est ni gourmand en énergie ni polluant, contrairement à celui la brique qui consomme de l'énergie et rejette du gaz à effet de serre.
- La solidité de ce matériau qui contient de 7 à 10% du ciment.
- La facilité de construction.

3.Epaisseur optimal d'isolation

Nous représentons sur un graphe à coordonnées cartésiennes les dépenses, ramenées au mètre carré de surface habitable et à l'année, dues à l'investissement (dépenses d'isolation). On obtient en général un graphique comme celui représenté sur la figure ci-dessous :

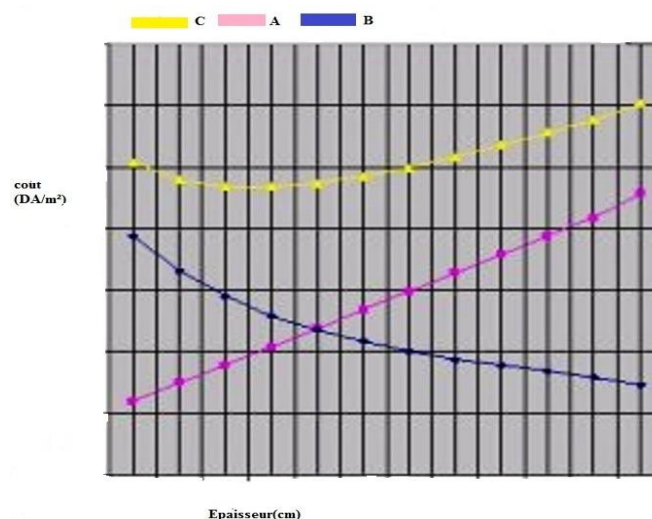


Figure 5.1: Epaisseur optimal d'isolation

Nous additionnons les deux fonctions (courbe $C=A+B$), on obtient une nouvelle fonction qui représente le coût thermique global ; cette courbe fait apparaître un minimum qui correspond à l'épaisseur optimale d'isolation, c'est-à-dire celle qui est la plus rentable pour l'usage.

4. Avantages d'une isolation optimale

- Diminue au long terme l'empreinte CO² du bâtiment
- Limite l'inconfort d'été lié aux surchauffes, anticipant leur aggravation due au réchauffement climatique
- Constitue un investissement indexé sur le cours de l'énergie
- Permet de se constituer des "points-retraite" supplémentaires par diminution des charges futures, de la façon la plus rentable et la plus sûre.

5. La détermination des épaisseurs d'isolation optimales a été effectuée pour la maison sur la base des hypothèses suivantes

- Le coût de polystyrène est de 4700DA/m³, (prix de l'année 2016).
- η Étant le rendement de l'installation, il est de l'ordre de 93%
- H le pouvoir calorifique = 34.54 MJ/m³
- Prix de L'électricité = 4.17 DA/m³
- Prix de gaz=2,63DA /m³
-

5.1 Cout climatisation

$$C_C = \frac{Q_C \times C_{EC}}{C \cdot O.P} \quad (\text{DA/m}^2)$$

C_C : le cout de climatisation (Da/m²)

Q_C : la charge de climatisation (Kwh/m²)

C_{EC} : le cout de l'électricité (DA/m²)

C.O.P : le coefficient de performance

5.2 Cout chauffage

$$C_H = \frac{Q_H \times C_H}{H \times \eta \times 0,28} \quad (\text{DA/m}^2)$$

C_H : le cout de chauffage (Da/m²)

Q_H : la charge de chauffage (Kwh/m²)

H : le pouvoir calorifique (J/m³)

η : le rendement de l'installation, il est de l'ordre de 93%

1MJ=0.28Kwh

5.3 Cout total

$$C_{CTot} = C_C + C_{Isolant} \quad (\text{DA/m}^2)$$

$$C_{HTot} = C_H + C_{Isolant} \quad (\text{DA/m}^2)$$

$$C_{isolant} = C_{isolant} \times \text{epaisseur}(m) \quad (\text{DA/m}^2)$$

6.Epaisseur optimale

6.1 Epaisseur optimale pour la toiture

❖ Pour le chauffage

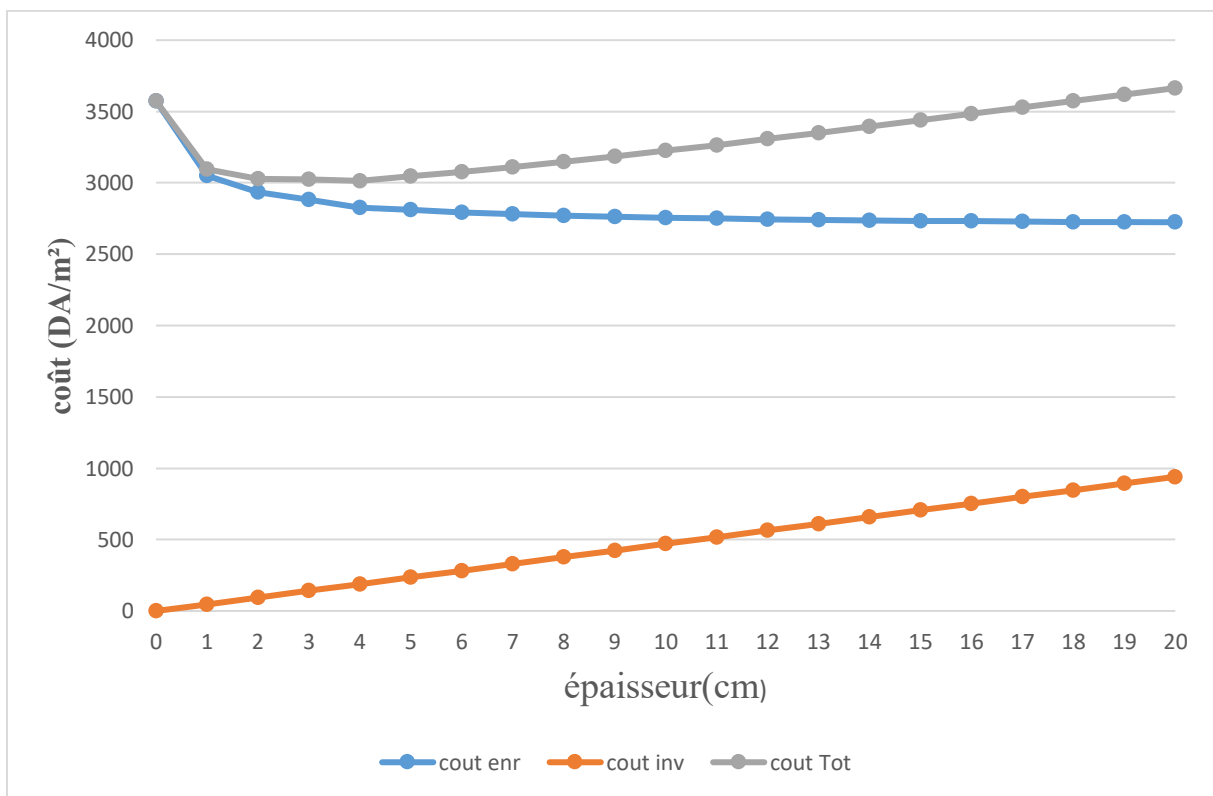


Figure 5.2 : Epaisseur optimale d'isolant pour la toiture

Il apparait sur le graphe que l'épaisseur optimale est de 4 cm.

❖ Pour la climatisation

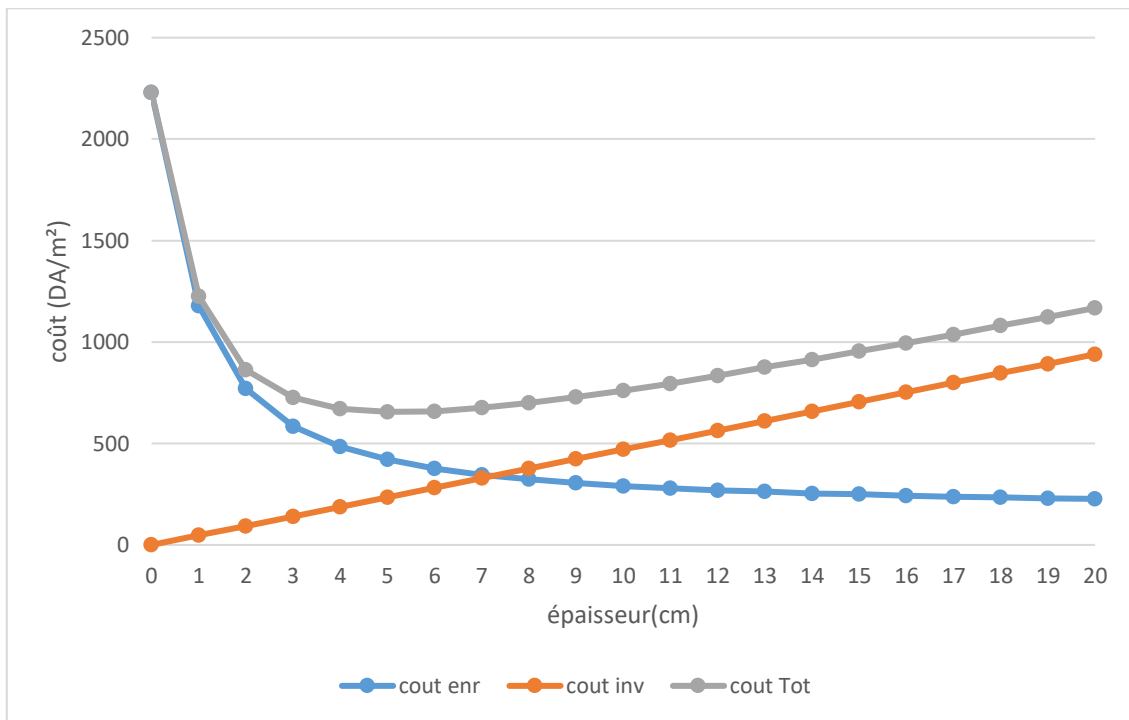


Figure 5.3: Epaisseur optimale d'isolant pour la toiture

Il apparaît sur le graphe que l'épaisseur optimale est de 5 cm.

6.2 Epaisseur optimale pour les murs

❖ Pour le chauffage

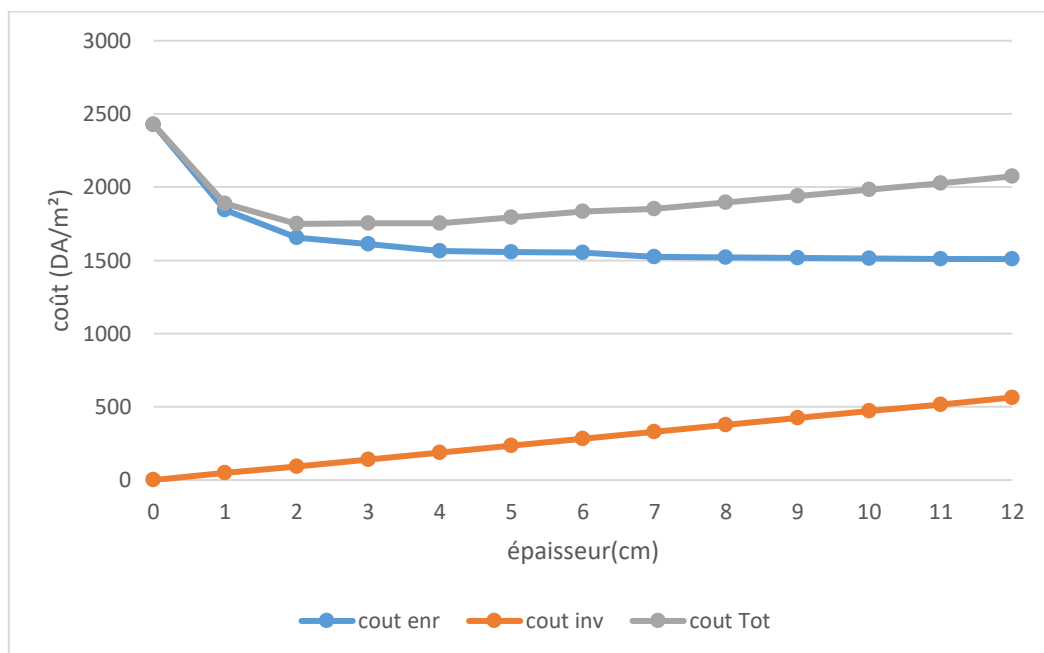


Figure 5.4 : Epaisseur optimale d'isolant pour les murs

Les résultats du graphe montrent qu'une épaisseur de 2cm répond à l'exigence de rentabilité.

❖ Pour la climatisation

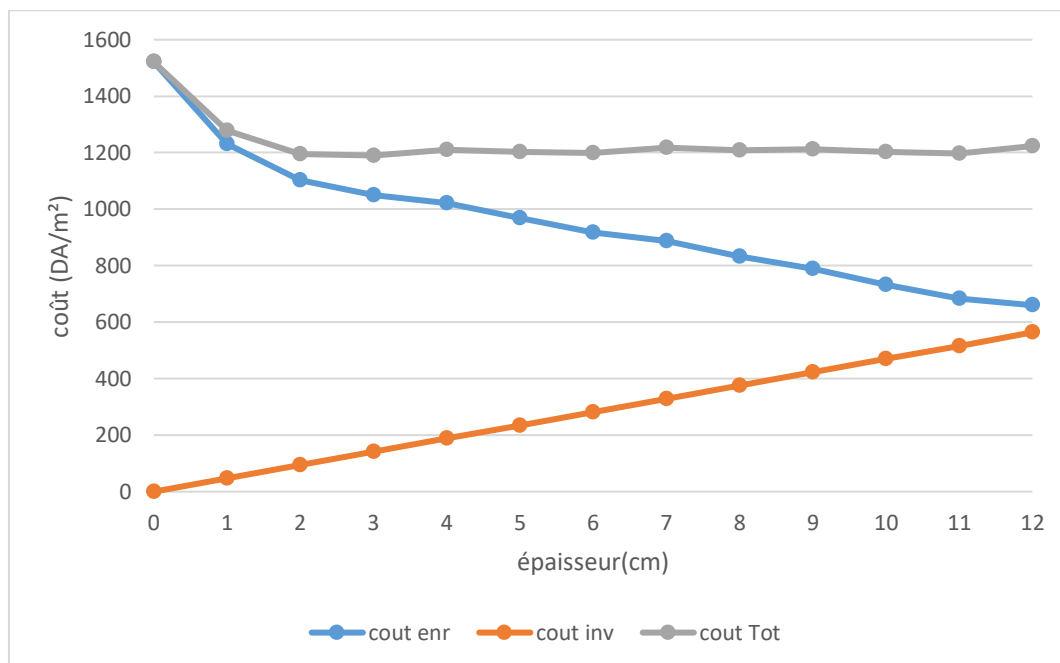


Figure 5.5 : Epaisseur optimale d'isolant pour les murs

Les résultats du graphe montrent qu'une épaisseur de 3cm répond à l'exigence de rentabilité.

7. Conclusion

Les résultats de l'étude technico-économique montrent que l'épaisseur optimale de l'isolant pour les murs varie entre 2 cm et 3 cm respectivement pour le chauffage et la climatisation alors que la valeur réelle est de 9cm. Pour la toiture elle varie entre 4 cm et 5 cm respectivement pour le chauffage et la climatisation alors que sa valeur réelle est de 16cm. ces résultats s'expliquent par la faite que le coup des énergies conventionnelles (gaz et électricité) qui sont subventionner par l'état est inférieur au prix de l'isolant qui reste plus chère en Algérie.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'isolation thermique dans le bâtiment est un paramètre très important dans l'économie énergétique, vu que le bâtiment représente le quart des émissions de gaz à effet de serre.

Un bâtiment bien isolé se chauffe avec beaucoup moins d'énergie. Mais il permet aussi d'autres gains : il se contente d'une installation de chauffage plus petite et donc généralement moins chère. Et puisque le chauffage fonctionne moins de jours dans l'année, l'installation vieillit moins vite et ses coûts de maintenance sont réduits d'autant.

Ce travail consiste en l'étude du comportement thermique de la maison prototype de Souidania, dans le cadre du projet MED-ENEC, en variant l'épaisseur d'isolant de la toiture, les murs et le plancher avec changement de l'emplacement de l'isolant.

La maison est construite avec des briques de BTS (Béton de terre stabilisé), les briques sont à base d'un mélange de terre argileuse et d'un stabilisant, elles sont réalisées après compression avec compactage statique.

La simulation a été faite à l'aide du logiciel TRNSYS 16, en intégrant les données climatiques du site [METEONORM 7].

La température de l'ambiance intérieure de la maison prototype est comprise, la plupart du temps, entre 25 et 26°C avec un maximum de 27.5 °C en période d'été et entre 14.5°C à 16 °C en période d'hiver. Ceci est dû à l'effet de l'isolation thermique (9 cm de polystyrène expansé) et de la bonne inertie thermique des murs construits en brique de terre stabilisée (BTS). La température à l'intérieur du logement prototype dépasse rarement les 27 °C. Cette température génère une ambiance thermique acceptable en période d'été sans le recours au système de climatisation.

L'isolation de la toiture permet de réduire les besoins de chauffage et de climatisation de 30%. Par ailleurs, l'isolation des murs extérieurs permet de réduire les besoins de 21%.

En augmentant l'efficacité énergétique, nous utilisons moins d'énergie et nous réduisons du même coup les émissions de gaz à effet de serre, protégeant ainsi l'environnement. De plus, qu'en adoptant des solutions favorisant l'efficacité énergétique, nous dépensons moins d'argent pour l'énergie !

Bibliographie

Références :

- [1] HELAS-OTHENIN N. et al (chauffage urbain et électricité compris) 2006-2007, p.6.
- [2] Bulletin trimestriel de l'APRUE N° 9 - Avril 2006 revue des énergies renouvelables.
- [3] M. Amirat, S.M.K. ElHassar « Economies d'Energie dans le secteur de l'habitat Consommation Electrique des Ménages- Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver » ,Rev. Energies Renouvelables . vol .8 (2005) 27- 37.
- [4] Suresh B. Sadineni ,Srikanth Madala , Robert F.Boehem “ Passive building energy saving : A review of building envelope components ” , Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 3617-3631.
- [5] Esteban Emilio Montenegro Iturra .« Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique. » Thèse de doctorat Faculté des études supérieures de l'Université Laval. Canada .2011
- [6] Document énergie plus 2012
- [7]GAUZIN-MULLER. Dominique, *L'architecture écologique*, Paris : Edition LE MONITEUR, Novembre 2002, p 270.
- [8] Melle Hamel Khalissa « confort thermique » cours n*2
- [9] Melle MEDJELEKH DALEL ; « Impact de l'inertie thermique sur le Confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma) » ; Mémoire de magister en architecture bioclimatique ;2006 Université de Constantine.
- [10] Memento technique du bâtiment confort thermique (Certu - Juillet 2002. p5. p9)
- [11] **MAZARI M., 2012**, Mémoire magistère architecture, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamada, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Département d'architecture.
- [12] **FERNANDEZ P., LAVIGNE P., 2010**, Changement d'attitude pour concevoir un cadre bâti bioclimatique : une contribution au développement durable, techniques de construction », CTQ 13, éditions du moniteur.
- [13] Adeline Guerriat, *La maison passive – Introduction pour les architectes et les futurs maîtres d'ouvrage*, 36 et Daniel Quenard, « Le bâtiment à énergie positive », (juin 2006)
- [14] Site internet de la Plate-forme Maison Passive asbl (www.maisonpassive.be).
- [15] ABDOUCHE Billal et HAMEDY Salim « Etude de l'efficacité des logements HPE situé à Bechar » mémoire de fin d'étude pour l'Obtention de Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Mécanique,2010-2011
- [16] Guide de l'efficacité énergétique 2012

[17] L'importance de l'isolation thermique 2013

[18] Guide de l'isolation 2012

[19] Boursas abderrahmane « Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation » 2006.

[20] Guide des ponts Thermiques 2011

[21] L. DERRADJI et all. « Étude de l'efficacité énergétique d'une maison Économique en Algérie » ; 2eme Congres de l'Association Marocaine de Thermique, Casablanca(Maroc) 18-19 Avril 2012. Mémoire n°01 :

[22] S. Sami-Mécheri , D. Semmar et A. Hamid «Efficacité énergétique des logements à haute performance énergétique, 'HPE': Application au site de Béchar » (reçu le 10 Mai 2012 – accepté le 26 Juin 2012)

[23] L. DERRADJI, et all. « Etude expérimentale du comportement thermique d'une maison rurale à faible consommation d'énergie », 15èmes Journées Internationales de Thermique (JITH 2011) Université de Tlemcen, 24-26 Septembre.

[24] S. Semahi et B. Djebri «La conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie - Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides » (reçu le 06 Mai 2013 – accepté le 30 Septembre 2013).

[25] R. Guechhati, M.A. Moussaoui, Ahm. Mezrhab et Abd. Mezrhab «Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda » (reçu le 25 Mai 2010 – accepté le 29 Juin 2010).

[26] N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyammine et S. Larbi, « Influence des Caractéristiques Dynamiques de l'Enveloppe d'un Bâtiment sur le Confort Thermique au Sud Algérien », Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°1, pp. 25 - 34, 2008.

[27] François RUELLE ; « Le standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles » ; mémoire de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement ; 2008 ; Université Libre de Bruxelles Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire.

[28] MEDJELEKH DALEL ; « Impact de l'inertie thermique sur le Confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma) » ; Mémoire de magister en architecture bioclimatique ; 2006 Université de Constantine.

[29] Nazila Kahina HANNACHI-BELKADI « Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie » thèse de doctorat 2010.

[30] R. KHARCHI « Etude énergétique de chauffage, rafraichissement et eau chaude sanitaire d'une maison type en Algérie » thèse de doctorat 2013.

[31] Lotfi DERRADJI et all. « Étude des performances énergétiques d'une maison Prototype en Algérie », article